

world development report
laporan pembangunan dunia



Pembangunan dan Perubahan Iklim

1000

1500

2000

2100

 $+3^{\circ}$ $+2^{\circ}$ $+1^{\circ}$ 

Penerbit
Salemba Empat



THE WORLD BANK

world development report
laporan pembangunan dunia 2010

*Pembangunan dan
Perubahan Iklim*



**Penerbit
Salemba Empat**



THE WORLD BANK

Laporan Pembangunan Dunia 2010: Pembangunan dan Perubahan Iklim

World Development Report 2010: Development and Climate Change

Penerjemah: Chriswan Sungkono

Editor Ahli: Dr. Ketut Wikantika (Direktur Center of Remote Sensing ITB, Bandung)

Direktur Penerbitan dan Produksi: Edward Tanujaya

Koordinator Penerbitan dan Produksi: Ariyanto

Copy Editor: Tim Editor Penerbit Salemba

Tata Letak: Dedy Juni Asmara

Desain Sampul: Rock Creek Strategic Marketing



Diterbitkan oleh/Published by Penerbit Salemba Empat

Jl. Raya Lenteng Agung No. 101

Jagakarsa, Jakarta 12610

Telp. : (021) 781 8616

Faks. : (021) 781 8486

Website : <http://www.penerbitsalemba.com>

E-mail : info@penerbitsalemba.com

ISBN : 978-979-061-108-5



World Development Report 2010: Development and Climate Change

Copyright © 2009 by

The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank

1818 H Street, NW, Washington, DC 20433, USA

Laporan Pembangunan Dunia 2010: Pembangunan dan Perubahan Iklim

Copyright © 2010 by

The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank

1818 H Street, N.W., Washington, D.C. 20433, U.S.A.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced, in any form or by any means, electronic or mechanical or transmittal including photocopying, recording, or by any information storage retrieval system, without permission in writing from the publisher.

This work was originally published by The World Bank in English as *World Development Report 2010: Development and Climate Change* in 2010. This Bahasa Indonesia translation was arranged by Penerbit Salemba Empat. Penerbit Salemba Empat is responsible for the accuracy of the translation. In case of any discrepancies, the original language shall govern.

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apa pun, baik secara elektronik maupun mekanik, termasuk memfotokopi, merekam atau dengan menggunakan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penerbit.

Buku ini pertama kali diterbitkan dalam bahasa Inggris oleh The World Bank (Bank Dunia) dengan judul: *World Development Report 2010: Development and Climate Change* pada tahun 2010. Edisi terjemahan dalam bahasa Indonesia diterbitkan oleh Penerbit Salemba Empat. Penerbit Salemba Empat bertanggung jawab terhadap keakuratan hasil terjemahan. Jika terjadi ketidaksesuaian, maka buku asli dalam bahasa Inggris yang dianggap benar.

Laporan ini merupakan hasil kerja dari staf The World Bank. Temuan, interpretasi, dan kesimpulan yang ada di dalamnya merupakan tanggung jawab para penulis yang bersangkutan dan tidak berarti mencerminkan pandangan dari Direktur Eksekutif The World Bank atau pemerintahan yang mereka wakili.

The World Bank tidak menjamin keakuratan data yang dimuat dalam Laporan ini. Batas-batas negara, warna, denominasi, dan informasi-informasi lain yang diperlihatkan dalam peta-peta di Laporan ini tidak menyatakan penilaian apa pun dari Bank Dunia mengenai status hukum dari wilayah tersebut maupun dukungan atau penerimaan atas batas-batas tersebut.

Daftar Isi

Kata Pengantar xiii

Ucapan Terima Kasih xvii

Daftar Singkatan dan Catatan Data xix

Pesan Utama dari Laporan Pembangunan Dunia 2010 xxiii

Gambaran Umum: Perubahan Iklim untuk Pembangunan 1

Kasus untuk aksi 5

Dunia cerdas iklim dapat tercapai jika kita bertindak sekarang, bertindak bersama,
dan bertindak berbeda 12

Membuatnya terjadi: Tekanan baru, instrumen baru, dan sumber daya baru 24

Bab 1 Memahami Kaitan antara Perubahan Iklim dan Pembangunan 53

Perubahan iklim yang tidak dimitigasi tidaklah sesuai dengan pembangunan yang
berkelanjutan 56

Mengevaluasi berbagai pertukarannya 67

Biaya penundaan upaya mitigasi global 77

Memanfaatkan waktu yang sekarang: Stimulus langsung dan transformasi jangka
panjang 81

Fokus A: Ilmu perubahan iklim 100

BAGIAN 1

Bab 2 Mengurangi Kerentanan Umat Manusia: Membantu Masyarakat Menolong Diri Sendiri 121

Manajemen adaptif—Hidup dengan perubahan 124

Mengelola risiko fisik—Menghindari yang dapat dihindari 126

Mengelola risiko finansial: Instrumen yang fleksibel bagi keberlanjutan 139

Mengelola risiko sosial: Memberdayakan masyarakat untuk melindungi diri mereka
sendiri 145

Membangun komunitas yang berketahanan 146

Memandang ke depan menuju tahun 2050—Dunia yang mana? 153

*Fokus B: Keragaman hayati dan layanan ekosistem dalam iklim yang
berubah* 173

Bab 3 Mengelola Lahan dan Air untuk Memberi Pangan Sembilan Miliar Penduduk dan Melindungi Sistem Alam 185

- Menempatkan dasar untuk pengelolaan sumber daya alamiah 187
- Memproduksi lebih dari air dan melindunginya lebih baik 190
- Menghasilkan lebih pada pertanian seraya melindungi lingkungan 201
- Menghasilkan lebih dan melindungi lebih baik pada perikanan dan akuakultur 215
- Membuat perjanjian internasional yang fleksibel 218
- Informasi yang dapat diandalkan merupakan dasar untuk pengelolaan sumber daya alami yang baik 223
- Pemberian harga karbon, pangan, dan energi dapat menjadi batu loncatan 228

Bab 4 Menyokong Pembangunan tanpa Membahayakan Iklim 261

- Menyeimbangkan beragam tujuan yang bersaing 263
- Kemana arah yang perlu dituju oleh dunia: Transformasi untuk energi masa depan yang berkelanjutan 268
- Merealisasikan penghematan dari efisiensi energi 285
- Meningkatkan skala teknologi rendah karbon yang telah ada 295
- Kebijakan energi terbarukan: Insentif Pendanaan dan Peraturan 296
- Mempercepat inovasi dan teknologi canggih 299
- Kebijakan-Kebijakan Haruslah Diintegrasikan 300

BAGIAN 2

Bab 5 Mengintegrasikan Pembangunan ke dalam Rezim Iklim Global 317

- Membangun rezim iklim: Mengatasi ketegangan antara iklim dan pembangunan 318
- Pilihan-pilihan untuk mengintegrasikan tindakan negara berkembang ke dalam arsitektur global 328
- Bantuan untuk usaha mitigasi negara berkembang 335
- Mempromosikan usaha-usaha internasional untuk mengintegrasikan adaptasi ke dalam pembangunan cerdas iklim 338

Fokus C: Perdagangan dan perubahan iklim 344

Bab 6 Mendapatkan Dana yang Diperlukan untuk Mitigasi dan Adaptasi 351

- Jurang pendanaan yang lebar 353
- Berbagai inefisiensi dalam instrumen-instrumen pendanaan iklim yang tersedia saat ini 358
- Meningkatkan skala pendanaan perubahan iklim 365
- Memastikan penggunaan dana yang transparan, efisien, dan setara 377
- Mencocokkan kebutuhan pendanaan dengan sumber dana 381

Bab 7 Mempercepat Inovasi dan Difusi Teknologi 393

- Peralatan, teknologi, dan institusi yang tepat dapat membuat dunia cerdas iklim berada dalam genggaman 395
- Kolaborasi internasional dan pembagian biaya dapat memengaruhi usaha domestik untuk meningkatkan inovasi 401
- Program, kebijakan, dan lembaga publik menggerakkan inovasi dan mempercepat difusinya 414

Bab 8 Kebiasaan yang akan Datang dan Inersia Institusi 439

- Mengekang perubahan perilaku individu 440
- Mengembalikan peranan negara 452
- Berpikir politis mengenai kebijakan iklim 459
- Pembangunan cerdas iklim dimulai dari rumah 466

Catatan Bibliografis C-1

Glosarium G-1

Indikator-indikator Terpilih IT-1

Indikator Pembangunan Dunia Terpilih 2010 IP-1

Indeks I-1

Kotak

- 1 Seluruh negara berkembang rentan pada dampak perubahan iklim—untuk alasan berbeda 8
- 2 Pertumbuhan Ekonomi: Perlu, tetapi tidak mencukupi 10
- 3 Harga “Asuransi Cuaca” 11
- 4 Jaring pengaman: Dari dukungan pendapatan hingga pengurangan kerentanan terhadap perubahan iklim 17
- 5 Pendekatan menjanjikan yang baik untuk petani dan lingkungan 24
- 6 Dibutuhkan kecerdikan: Adaptasi memerlukan peralatan baru dan pengetahuan baru 26
- 7 Kota-kota mengurangi jejak karbonnya 28
- 8 Aturan penggunaan lahan, pertanian, dan kehutanan dalam pengelolaan perubahan iklim 32
- 1.1 Memberdayakan wanita meningkatkan hasil adaptasi dan mitigasi 61
- 1.2 Dasar-dasar pemberian diskon pada keuntungan dan biaya dari mitigasi perubahan iklim 69
- 1.3 Umpan balik positif, titik balik, ambang batas, dan nonlinieritas dalam sistem-sistem alami dan sosioekonomi 70
- 1.4 Etika dan perubahan iklim 75
- FA.1 Siklus karbon 102
- FA.2 Kesehatan lautan: Terumbu karang dan asidifikasi lautan 109
- 2.1 Karakteristik manajemen adaptif 126
- 2.2 Perencanaan bagi kota yang lebih hijau dan aman—Kasus Curitiba 129
- 2.3 Beradaptasi terhadap perubahan iklim—Alexandria, Casablanca, dan Tunis 130
- 2.4 Membangun sinergi antara mitigasi dan adaptasi 132
- 2.5 Bersiap menghadapi gelombang panas 135
- 2.6 Menghadapi kemustahilan dan bergerak mendahului dampak-dampak: Mengelola risiko-risiko episode ekstrem sebelum mereka menjadi bencana 138
- 2.7 Data satelit dan informasi geologi sangatlah penting dalam pengelolaan risiko—dan murah 139
- 2.8 Menciptakan lapangan pekerjaan untuk mengurangi risiko banjir 140
- 2.9 Kerja sama publik dan swasta untuk berbagi risiko iklim—Asuransi peternakan Mongolia 141
- 2.10 Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility: Asuransi terhadap gangguan layanan pascabencana 145
- 2.11 Program kerja di India di bawah Indian National Rural Employment Guarantee Act 151
- 2.12 Migrasi pada saat ini 152
- FB.1 Apa yang dimaksud dengan keragaman hayati? Apa yang dimaksud dengan layanan ekosistem? 173
- FB.2 Pembayaran untuk layanan ekosistem dan mitigasi 178
- FB.3 Cuplikan dari Declaration of Indigenous Peoples on Climate Change 179
- 3.1. Pembuatan keputusan yang kokoh: Mengubah bagaimana pengelola air menjalankan bisnis 194
- 3.2. Bahaya dari penetapan pasar untuk hak air sebelum institusi tersedia 197
- 3.3 Pengelolaan sumber daya air dalam batas kesalahan: Tunisia 199
- 3.4 Kelapa sawit, pengurangan emisi, dan menghindari penggundulan hutan 204
- 3.5. Diversifikasi produk dan pasar: Alternatif ekonomi dan ekologi untuk para petani di daerah tropis 209
- 3.6 Penanaman bioteknologi dapat membantu para petani beradaptasi terhadap perubahan iklim 214
- 3.7. Biochar (arang bio) dapat memerangkap karbon dan meningkatkan panen pada skala yang lebih luas 215
- 3.8 Para pengambil kebijakan di Maroko menghadapi penurunan mencolok dalam impor sereal 220
- 3.9 Proyek percontohan untuk pembiayaan karbon pertanian di Kenya 235
- 4.1 Krisis finansial menawarkan peluang untuk efisiensi dan energi bersih 263

- 4.2 Energi efisien dan bersih yang baik bagi pembangunan 265
- 4.3 450 bpj CO₂e (pemanasan 2°C) dunia memerlukan perubahan fundamental dalam sistem energi global 275
- 4.4 Campuran energi regional untuk 450 bpj CO₂e (untuk membatasi pemanasan hingga 2°C) 277
- 4.5 Teknologi energi terbarukan memiliki potensi yang besar tetapi menghadapi berbagai batasan 280
- 4.6 Teknologi Maju 284
- 4.7 Peran kebijakan kota dalam mencapai keuntungan sampingan mitigasi dan pembangunan 286
- 4.8 Efisiensi energi menghadapi banyak batasan dan kegagalan pasar 288
- 4.9 Penguangan karbon saja tidaklah cukup 290
- 4.10 Program efisiensi energi dan energi terbarukan di California 293
- 4.11 Pengalaman World Bank Group dengan pendanaan efisiensi energi 294
- 4.12 Kesulitan dalam membandingkan biaya teknologi energi: Masalah asumsi 295
- 4.13 Denmark meneruskan pertumbuhannya seraya memotong emisi 296
- 4.14 Aturan umpan masuk, konsesi, kredit pajak, dan standar portofolio terbarukan—di Jerman, China, dan Amerika Serikat. 297
- 4.15 Pemusatan tenaga surya di Timur Tengah dan Afrika Utara 301
- 5.1 Rezim iklim saat ini 318
- 5.2 Beberapa proposal untuk pembagian beban 323
- 5.3 Pendekatan multijalur memberikan hasil yang baik pada efektivitas dan ekuitas 331
- FC.1 Mengenakan pajak pada karbon virtual 346
- 6.1 Pembiayaan adaptasi terhadap perubahan iklim di negara-negara berkembang 356
- 6.2 Menilai keuntungan sampingan CDM 363
- 6.3 Pajak karbon versus pembatasan dan perdagangan 366
- 6.4 Komitmen Menteri Keuangan Indonesia terhadap permasalahan perubahan iklim 368
- 6.5 Menjaga karbon tanah pertanian 374
- 6.6 Mengalokasikan pendanaan perkembangan konsesi 378
- 6.7 Kerentanan iklim versus kapasitas sosial 380
- 6.8 Kerentanan iklim terhadap kapasitas beradaptasi 381
- 7.1 Rekayasa kebumihan untuk menghadapi perubahan iklim 396
- 7.2 Inovasi adalah suatu proses yang membingungkan dan hanya dapat dipromosikan dengan kebijakan-kebijakan yang mengacu pada berbagai bagian sistem yang kompleks 403
- 7.3 Pemantauan yang inovatif: Membuat sebuah layanan iklim global dan sebuah “sistem dari sejumlah sistem” 406
- 7.4 ITER: Suatu awal yang panjang bagi pembagian biaya penelitian dan pengembangan energi 408
- 7.5 Teknologi skala penangkapan dan penyimpanan karbon memerlukan sejumlah usaha internasional 409
- 7.6 Lemari Pendingin Super Efisien: Pelopor program komitmen pasar yang ditingkatkan? 410
- 7.7 Sebuah inovasi yang menjanjikan bagi adaptasi wilayah pantai 413
- 7.8 Universitas harus inovatif: Kasus Afrika 417
- 7.9 CGIAR: Sebuah model untuk perubahan iklim? 418
- 7.10 Rancangan kompor masak yang lebih baik dapat mengurangi jelaga sehingga menghasilkan manfaat penting bagi kesehatan manusia dan bagi mitigasi 426
- 8.1 Miskomunikasi tentang kebutuhan tindakan iklim 442
- 8.2 Kesalahpahaman mengenai dinamika perubahan iklim mendorong kepuasan diri 444
- 8.3 Bagaimana persepsi risiko dapat menurunkan kebijakan: Manajemen risiko banjir 445
- 8.4 Perjanjian masyarakat ujung ke ujung untuk mengurangi risiko longsor di Karibian 447
- 8.5 Mengomunikasikan perubahan iklim 448
- 8.6 Memasukkan pendidikan iklim ke dalam kurikulum sekolah 450

- 8.7 China dan India menuju reformasi institusional untuk tindakan iklim 456
- 8.8 Program adaptasi aksi nasional (National adaptation programs of action) 457
- 8.9 Meningkatkan akuntabilitas pemerintah untuk perubahan iklim di Inggris 458
- 8.10 Federalisme hijau dan kebijakan perubahan iklim 460
- 8.11 Mengumpulkan dukungan untuk pembatasan dan perdagangan 463
- 8.12 Sektor Swasta sedang Mengubah Praktik-praktik, meskipun Tanpa Legislasi Nasional Sekalipun 467

Figur

- 1 Keluaran karbon yang tidak sebanding: Emisi per kapita pada negara berpendapatan rendah, menengah, dan tinggi, 2005 2
- 2 Langkah penyeimbangan ulang: Beralih dari SUV ke mobil penumpang berbahan bakar efisien di Amerika Serikat sendiri akan hampir menyamai emisi yang dihasilkan untuk memberikan energi listrik bagi 1,6 miliar jiwa lebih 4
- 3 Negara berpendapatan tinggi secara historis berkontribusi pada pembagian emisi yang tidak adil dan masih demikian 4
- 4 Diagram CO₂ 5
- 5 Jalan maju tampak seperti apa? Dua di antara banyak pilihan: Bisnis seperti biasa atau mitigasi agresif 13
- 6 Dampak iklim berjangka panjang: Kenaikan suhu dan kedudukan muka laut diasosiasikan dengan konsentrasi tinggi CO₂ 14
- 7 Emisi CO₂ global dari sektor: Energi, tetapi juga pertanian dan kehutanan, merupakan sumber utama 18
- 8 Portofolio lengkap dari ukuran yang ada dan teknologi maju, bukan peluru perak, akan diperlukan untuk menjadikan dunia berada pada jalur 2°C 20
- 9 Tingginya permintaan yang diharapkan mengarah pada pengurangan biaya fotovoltaiik surya dengan memungkinkannya diproduksi untuk skala besar 21
- 10 Jurangnya lebar: Perkiraan biaya tambahan iklim tahunan yang dibutuhkan untuk jalur 2°C dibandingkan dengan sumber daya yang ada 31
- 1.1 Emisi individu di negara-negara berpendapatan tinggi jauh lebih tinggi daripada di negara-negara berkembang 55
- 1.2 Biofuel berbahan dasar jagung di AS meningkatkan emisi CO₂ dan biaya-biaya kesehatan relatif terhadap bensin 66
- 1.3 Penilaian kerugian-kerugian beban mati dari partisipasi parsial dari kesepakatan iklim 80
- 1.4 Pengeluaran stimulus hijau global meningkat 83
- FA.1 Emisi global gas rumah kaca telah meningkat 103
- FA.2 Faktor-faktor utama yang memengaruhi iklim sejak masa Revolusi Industri 104
- FA.3 Suhu rata-rata global dan konsentrasi CO₂ yang terus naik, 1880–2007 104
- FA.4 Pelelehan lapisan es Greenland 105
- FA.5 Bara terbakar semakin panas: Penilaian terhadap risiko-risiko dan kerusakan-kerusakan telah meningkat dari 2001 ke 2007 107
- FA.6 Dampak terproyeksi perubahan iklim dengan wilayah 108
- FA.7 Cara-cara untuk membatasi pemanasan pada 2°C di atas tingkat praindustri 112
- 2.1 Jumlah penduduk yang terpengaruh oleh penyakit yang berkaitan dengan iklim meningkat 137
- 2.2 Kejadian banjir meningkat, bahkan di daerah rawan kering Afrika 139
- 2.3 Asuransi terbatas pada dunia berkembang 143
- 2.4 Mengembalikan gurun dengan pengetahuan, aksi petani, dan pembelajaran sosial 147
- 3.1 Perubahan iklim pada daerah aliran sungai yang khusus akan terasa pada siklus hidrologi 190
- 3.2 Air bersih di sungai-sungai merupakan sebagian kecil air yang tersedia pada planet ini—dan pertanian mendominasi penggunaan air 193

- 3.3 Daging sangat lebih intensif air dibandingkan dengan tanaman pangan 205
- 3.4 Produksi daging sapi intensif merupakan produsen kelas berat emisi gas rumah kaca 205
- 3.5 Produktivitas pertanian akan perlu untuk ditingkatkan bahkan lebih cepat dikarenakan perubahan iklim 206
- 3.6 Ekosistem telah dikonversi secara luas untuk pertanian 208
- 3.7 Simulasi komputer dari penggunaan lahan terintegrasi di Colombia 210
- 3.8 Permintaan ikan yang berasal dari akuakultur akan meningkat, terutama di Asia dan Afrika 216
- 3.9 Teknik penginderaan jauh digunakan untuk kebun anggur di Worchester (West Cape, Afrika Selatan) untuk menaksir produktivitas air 224
- 3.10 Di Andhra Pradesh, India, petani menciptakan data hidrologi mereka sendiri, menggunakan peralatan dan perlengkapan yang sederhana, untuk mengatur pengambilan dari akuifer 227
- 3.11 Lanskap pertanian cerdas iklim yang ideal di masa depan akan memungkinkan petani untuk menggunakan teknologi dan teknik baru untuk memaksimalkan panen dan mengizinkan pengelola tanah untuk melindungi sistem alami, dengan habitat alami yang diintegrasikan menjadi tata ruang pertanian yang produktif 228
- 3.12 Tata ruang pertanian cerdas iklim yang ideal di masa depan menggunakan teknologi yang fleksibel sebagai menyangga melawan kejutan iklim pada infrastruktur alami, infrastruktur terbangun, dan mekanisme pasar 229
- 3.13 Harga sereal global diperkirakan meningkat sebesar 50 hingga 100 persen pada 2050 230
- 3.14 Pajak karbon yang diterapkan pada emisi dari pertanian dan perubahan tata guna lahan akan mendorong perlindungan terhadap sumber daya alami 233
- 4.1 Sejarah di balik penggandaan emisi: perbaikan dalam intensitas energi dan karbon tidak cukup untuk mengimbangi peningkatan permintaan energi yang disebabkan oleh peningkatan pendapatan 267
- 4.2 Campuran energi primer 1850–2006. Dari 1850 hingga 1950, konsumsi energi tumbuh sebesar 1,5 persen per tahun, terutama disebabkan oleh batu bara. Dari 1950–2006, tumbuh sebesar 2,7 persen per tahun, terutama disebabkan oleh minyak dan gas alam. 267
- 4.3 Selain konsumsi energi dan emisi per kapita yang rendah, negara-negara berkembang akan sangat mendominasi pertumbuhan di masa depan dalam konsumsi energi total dan emisi CO₂ 268
- 4.4 Gas rumah kaca berdasarkan sektor: dunia dan negara-negara berpendapatan tinggi, menengah, dan rendah 269
- 4.5 Kepemilikan mobil meningkat seiring dengan meningkatnya pendapatan, tetapi penetapan harga, transportasi publik, perencanaan perkotaan, dan kepadatan kota dapat memengaruhi penggunaan mobil 270
- 4.6 Kemana arah yang perlu dituju oleh dunia: Emisi CO₂ per kapita yang berkaitan dengan energi 271
- 4.7 Hanya setengah dari model energi menyatakan mungkin untuk mencapai reduksi emisi untuk perlu selalu berada di dekat 450 bpj CO₂e (2°C) 271
- 4.8 Perkiraan biaya mitigasi global dan harga karbon untuk tingkat CO₂e 450 dan 550 bpj (2°C–3°C) pada 2030 dari lima model 274
- 4.9 Aksi global merupakan hal yang penting untuk membatasi pemanasan pada 2°C (450 bpj) atau 3°C (550 bpj). Negara-negara maju saja tidak dapat membuat dunia menuju jalur 2°C atau 3°C, bahkan jika mereka dapat mengurangi emisinya menjadi nol pada 2050 279
- 4.10 Jurang emisi antara di mana dunia sekarang berada dan ke mana harus menuju sangatlah besar, tetapi sebuah portofolio teknologi bersih energi dapat membantu dunia tetap berada pada 450 bpj CO₂e (2°C) 282

- 4.11 Tujuannya adalah untuk menekan teknologi rendah karbon dari konsep yang belum terbukti menjadi penyebaran yang meluas dan menuju pengurangan emisi yang lebih besar 283
- 4.12 Pembangkit fotovoltaiik surya menjadi semakin murah sepanjang waktu, terima kasih pada penelitian dan pengembangan dan permintaan yang diperkirakan semakin besar dari produksi berskala besar 300
- FC.1 Rasio ekspor-impor produk padat energi di negara-negara berpendapatan tinggi dan negara-negara berpendapatan rendah dan menengah 347
- 6.1 Biaya mitigasi tahunan meningkat seiring semakin ketat dan pastinya sasaran suhu 354
- 6.2 Jurang yang dalam: Estimasi pendanaan iklim tahunan yang diperlukan untuk jalur 2°C dibandingkan dengan sumber daya saat ini 360
- 7.1 Kapasitas angin kumulatif global yang diinstal telah melonjak pada dekade terakhir 394
- 7.2 Dana pemerintah untuk RD&D energi mendekati batas bawahnya, dan nuklir mendominasi 400
- 7.3 Batas pengeluaran tahunan untuk penelitian dan pengembangan energi dan perubahan iklim terhadap subsidi 401
- 7.4 Batas penemuan tidak merata untuk semua teknologi rendah karbon 401
- 7.5 Kebijakan memengaruhi setiap mata rantai dari rantai inovasi 404
- 7.6 “Lembah kematian” antara penelitian dan pasar 410
- 7.7 Pendaftaran di bidang teknik masih rendah di beberapa negara berkembang 416
- 7.8 E-bikes sekarang menjadi pilihan angkutan yang termurah dan terbersih di China 421
- 7.9 Negara-negara berpendapatan menengah menarik investasi dari lima produsen peralatan angin teratas, namun rezim HAKI yang lemah membatasi transfer teknologi dan kapasitas penelitian dan pengembangannya 422
- 8.1 Dari pengguna yang menghasilkan hampir sepertiga dari total emisi CO₂ AS 440
- 8.2 Sedikit penyesuaian lokal untuk kepentingan secara global: Pergantian kendaraan dari SUV menjadi mobil berpenumpang yang efisien bahan bakar di Amerika Serikat saja hampir menurunkan emisi yang dihasilkan dari penyediaan energi untuk lebih dari 1 441
- 8.3 Keinginan individual untuk merespons perubahan iklim berbeda di semua Negara dan tidak selalu diwujudkan dalam aksi konkret 443
- 8.4 Perubahan iklim belum menjadi prioritas 445
- 8.5 Kekhawatiran mengeai perubahan iklim semakin menurun seiring meningkatnya kekayaan 446
- 8.6 Pemerintahan yang efektif sejalan dengan kinerja lingkungan yang baik 455
- 8.7 Demokrasi lebih baik dalam hal mengeluarkan kebijakan iklim daripada hasil dari kebijakan itu sendiri. 462

Tabel

- 1 Biaya tambahan mitigasi dan kebutuhan pembiayaan untuk jalur 2°C: Apa yang akan diperlukan untuk negara-negara berkembang sampai 2030? 12
- 2 Dalam jangka panjang, apakah akan bernilai? Nilai terkini dari biaya mitigasi hingga 2100 12
- FA.1 Elemen-elemen penting yang potensial dalam sistem iklim: Pemicu, skala waktu, dan dampak 111
- FB.1 Penilaian tren saat ini dalam keadaan global terhadap layanan umum yang disediakan oleh ekosistem 174
- 4.1 Apa yang harus dilakukan untuk mencapai konsentrasi CO₂e 450 bpj yang diperlukan untuk menjaga pemanasan sedekat mungkin dengan 2°C—skenario ilustratif 272
- 4.2 Investasi perlu untuk membatasi pemanasan pada 2°C (450 bpj CO₂e) pada 2030 274
- 4.3 Keadaan negara yang berbeda-beda memerlukan pendekatan yang disesuaikan 279
- 4.4 Instrumen kebijakan yang disesuaikan dengan kemajuan teknologi 283

- 4.5 Intervensi kebijakan untuk efisiensi energi, energi terbarukan, dan transportasi 292
- 6.1 Instrumen-instrumen pendanaan iklim yang ada 353
- 6.2 Pendanaan iklim tahunan terestimasi yang diperlukan di negara-negara berkembang 355
- 6.3 Potensi Pengantaran CDM regional dan pendapatan karbon yang potensial (pada 2012) 358
- 6.4 Dana iklim bilateral dan multilateral baru 359
- 6.5 Munculnya pajak dari pajak retribusi adaptasi pada Clean Development Mechanism (2020) 364
- 6.6 Sumber-sumber potensial untuk dana adaptasi 369
- 6.7 Inisiatif nasional dan multilateral untuk mengurangi deforestasi dan degradasi 373
- 7.1 Kesepakatan berorientasi teknologi internasional yang spesifik terhadap perubahan iklim 402
- 7.2 Prioritas kebijakan kunci nasional untuk inovasi 415
- A1 Emisi terkait energi dan intensitas karbon IT-2
- A2 Emisi berbasis lahan IT-3
- A3 Total suplai energi primer IT-4
- A4 Bencana alam IT-4
- A5 Daratan, air, dan dampak terproyeksi perubahan iklim IT-7
- A6 Kekayaan negara-negara IT-8
- A7 Inovasi, penelitian, dan pengembangan IT-9
- 1.4 Badai pada Januari 2008 di China memberi gangguan yang parah terhadap mobilitas, pilar pertumbuhan ekonomi China 64
- 1.5 Afrika mempunyai potensi tenaga air yang belum dimanfaatkan, dibandingkan dengan potensi yang lebih rendah tetapi tenaga air dieksploitasi berlebih seperti di Amerika Serikat 65
- FA.1 Variasi regional dalam tren iklim global selama lebih dari 30 tahun terakhir 106
- FA.2 Titik elemen potensial dalam sistem iklim: Distribusi global 111
- 2.1 Berada dalam risiko: Populasi dan kota-kota megapolitan yang berada di zona pantai yang rendah terancam oleh kenaikan permukaan laut dan badai 127
- 2.2 Tantangan yang kompleks: mengelola pertumbuhan kota dan risiko banjir dalam sebuah iklim yang berubah di Asia Selatan dan Tenggara 131
- 2.3 Kota-kota di bagian utara perlu bersiap untuk menghadapi iklim Mediterania—sekarang 134
- 2.4 Perubahan iklim mengimbangi kembalinya demam berdarah di Amerika 136
- 2.5 Negara-negara kecil dan miskin rentan secara finansial terhadap episode cuaca ekstrem 144
- 2.6 Para migran Senegal yang bertempat di area rawan banjir di sekitar Dakar 154
- FB.1 Sementara banyak perubahan ekosistem yang diproyeksikan berada di daerah boreal dan gurun yang bukan merupakan hotspot keragaman hayati, masih terdapat daerah substansial yang bertumpang tindih dan menjadi perhatian 175
- FB.2 Daerah yang tidak terlindungi dari risiko tinggi deforestasi dan dengan cadangan karbon tinggi seharusnya menjadi daerah prioritas untuk keuntungan dari mekanisme REDD 180
- 3.1 Ketersediaan air diproyeksikan untuk berubah secara dramatis pada pertengahan abad ke-21 di banyak bagian dunia 191
- 3.2 Dunia akan mengalami baik kejadian kekeringan yang lebih lama maupun hujan yang lebih sering 192

Peta

- 1 Perubahan iklim akan menekan lahan pertanian di sebagian besar negara-negara pada 2050, berdasarkan praktik pertanian dan pola tanam saat ini 7
- 1.1 Lebih dari satu miliar orang bergantung pada air dari gletser Himalaya yang terus menyusut 54
- 1.2 Negara-negara kaya juga dipengaruhi oleh iklim yang tidak normal: Gelombang panas tahun 2003 membunuh lebih dari 70.000 orang di Eropa 57
- 1.3 Perubahan iklim akan meningkatkan kemiskinan di sebagian besar Brazil, terutama di kawasan-kawasan termiskinnnya 60

- 3.3 Perubahan iklim akan menekan hasil pertanian di sebagian besar negara-negara pada 2050 berdasarkan praktik pertanian dan varietas tanaman pangan saat ini 202
- 3.4 Pertanian intensif di dunia maju telah berkontribusi terhadap perkembangan zona mati 206
- 3.5 Perdagangan biji-bijian dunia bergantung pada ekspor di beberapa negara 221
- 3.6 Negara-negara maju mempunyai lebih banyak titik koleksi data dan data deret waktu pemantauan air yang lebih lama 223
- 7.1 Perluasan pemetaan angin membuka peluang baru 395

Kata Pengantar

Perubahan iklim merupakan salah satu tantangan kompleks di permulaan abad ini. Tidak ada satu negara pun yang kebal. Tidak ada suatu negara secara sendirian mampu menghadapi gabungan tantangan yang disebabkan oleh perubahan iklim, termasuk keputusan politik yang kontroversial, keberanian terhadap perubahan teknologi, dan jauh mencapai konsekuensi global.

Ketika planet memanas, pola curah hujan bergeser dan episode ekstrem, seperti kekeringan, banjir, dan kebakaran hutan menjadi lebih sering terjadi. Jutaan penduduk di daerah pesisir yang padat dan di negara kepulauan akan kehilangan rumah mereka ketika permukaan laut semakin tinggi. Rakyat miskin di Afrika, Asia, dan di manapun menghadapi ancaman kegagalan panen yang tragis; produktivitas pertanian yang menurun; kelaparan yang meningkat, kekurangan gizi, dan penyakit.

Sebagai institusi multilateral yang misinya adalah inklusif dan pembangunan berkelanjutan, World Bank Group mempunyai tanggung jawab untuk menjelaskan beberapa keterkaitan antardisiplin—perkembangan ekonomi, ilmu pengetahuan, energi, ekologi, teknologi, keuangan, dan rezim internasional serta tata kelola yang efektif. Dengan 186 anggota, World Bank Group setiap harinya menghadapi tantangan dalam membangun kerja sama di antara negara-negara yang sangat berbeda, sektor swasta, dan rakyat sipil untuk mendapatkan barang-barang kebutuhan umum. Laporan Pembangunan Dunia ke-32 berusaha untuk mengaplikasikan pengalaman, dikombinasikan dengan penelitian, untuk memajukan pengetahuan tentang *Pembangunan dan Perubahan Iklim*.

Negara-negara berkembang akan menghadapi bagian terberat dari efek perubahan iklim, bahkan ketika mereka berjuang untuk mengatasi kemiskinan dan memajukan pertumbuhan ekonomi. Untuk negara-negara tersebut, ancaman perubahan iklim akan meningkatkan kerentanan, menurunkan pencapaian kerja keras, dan merusak prospek pembangunan secara serius. Bahkan akan menjadi lebih berat untuk mencapai Tujuan Pembangunan Millenium (*Millennium Development Goals*)—dan memastikan masa depan yang aman dan berkelanjutan setelah tahun 2015. Di saat yang sama, beberapa negara berkembang mengkhawatirkan keterbatasan mereka terhadap panggilan untuk mengembangkan energi atau peraturan baru yang mungkin akan melemahkan beberapa kebutuhan mereka—dari infrastruktur hingga kewirausahaan.

Menahan tantangan perubahan iklim yang besar dan bersifat multidimensi memerlukan kecerdasan dan kerja sama yang luar biasa. Dunia yang “cerdas iklim” mungkin tercapai pada masa kita—walaupun Laporan ini membantah, untuk mencapai transformasi semacam itu mengharuskan kita untuk bertindak segera, bertindak bersama, dan bertindak secara berbeda.

Kita harus bertindak sekarang, karena tindakan kita saat ini menentukan iklim di kemudian hari dan pilihan-pilihan yang membentuk masa depan kita. Saat ini, kita membatasi gas rumah kaca yang memerangkap panas di atmosfer selama berdekade-dekade bahkan berabad-abad. Kita membangun pembangkit tenaga listrik, penampungan, rumah, sistem transportasi, dan kota-kota yang tampaknya akan bertahan selama 50 tahun atau lebih. Teknologi yang inovatif dan varietas tanaman pangan yang dicontohkan saat ini dapat membentuk energi dan sumber makanan untuk memenuhi kebutuhan 3 miliar penduduk pada tahun 2050.

Kita harus bertindak sekarang, karena perubahan iklim merupakan sebuah krisis umum. Perubahan iklim tidak dapat diselesaikan tanpa kerja sama dari negara-negara dalam skala global untuk memperbaiki efisiensi energi, perkembangan dan penyebaran teknologi bersih serta memperluas “penangkapan” alamiah dengan cara menumbuhkan tanaman hijau yang menyerap gas. Kita harus melindungi kehidupan umat manusia dan sumber daya ekologi. Kita harus bertindak bersama dengan cara yang berbeda dan adil. Negara maju telah memproduksi sebagian besar emisi di masa lalu dan mempunyai emisi per kapita yang tinggi. Negara-negara tersebut harus memimpin arah dengan mengurangi jejak karbonnya secara signifikan dan menstimulasi penelitian yang ramah lingkungan. Walaupun demikian, emisi dunia di masa depan akan dihasilkan di dunia berkembang. Negara-negara tersebut akan memerlukan dana yang cukup dan transfer teknologi sehingga mereka dapat mengikuti jalur rendah karbon—tanpa memperburuk prospek pembangunannya. Selain itu, negara-negara tersebut juga memerlukan bantuan untuk beradaptasi terhadap perubahan iklim yang tak terhindarkan.

Kita harus bertindak secara berbeda, karena kita tidak dapat merencanakan masa depan berdasarkan iklim di masa lalu. Kebutuhan iklim di kemudian hari mengharuskan kita membangun infrastruktur yang dapat bertahan pada kondisi baru dan mendukung jumlah penduduk yang lebih besar; menggunakan lahan yang lebih terbatas dan sumber daya air untuk memasok pangan yang layak serta biomassa untuk bahan bakar seraya melindungi ekosistem; dan mengonfigurasi ulang sistem energi dunia. Hal ini memerlukan pengukuran adaptasi yang didasarkan pada informasi baru tentang perubahan pola suhu, curah hujan, dan spesies. Perubahan besaran ini memerlukan tambahan dana yang substansial untuk adaptasi dan mitigasi, serta mengintensifkan penelitian secara strategis untuk meningkatkan munculnya pendekatan-pendekatan yang menjanjikan dan menyelidiki ide-ide baru.

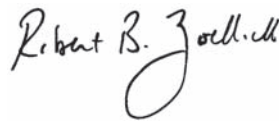
Kita memerlukan semangat baru. Hal ini merupakan hal yang penting agar negara-negara mencapai kesepakatan pada bulan Desember di Kopenhagen yang mengintegrasikan kebutuhan pembangunan dengan tindakan iklim.

World Bank Group telah mengembangkan beberapa pendanaan awal untuk membantu negara-negara menghadapi perubahan iklim, seperti yang dituangkan dalam *Strategic Framework for Development and Climate Change*. Pendanaan tersebut termasuk dana dan fasilitas karbon kita, yang terus tumbuh seiring dengan peningkatan pendanaan untuk efisiensi energi dan energi terbarukan baru yang substansial. Kita sedang berusaha mengembangkan pengalaman praktis tentang cara negara-negara memperoleh keuntungan dan mendukung rezim perubahan iklim—berkisar dari mekanisme yang dapat dilakukan untuk menyediakan insentif guna menghindari deforestasi sampai model pertumbuhan karbon yang lebih

rendah dan inisiatif yang mengombinasikan adaptasi dan mitigasi. Dengan cara ini, kita dapat mendukung proses UNFCCC dan menemukan insentif serta disinsentif internasional yang baru.

Masih banyak lagi yang diperlukan. Ke depan, Bank Group menata ulang energi dan strategi lingkungan kita untuk masa depan serta membantu negara-negara memperkuat praktik manajemen risikonya dan memperluas jaring keamanannya untuk menghadapi risiko yang tidak dapat dimitigasi sepenuhnya.

Laporan Pembangunan Dunia 2010 menyerukan tindakan terhadap permasalahan iklim: Jika kita bertindak sekarang, bertindak bersama, dan bertindak secara berbeda, akan terdapat peluang untuk menata iklim masa depan kita menuju globalisasi yang inklusif dan berkelanjutan.



Robert B. Zoellick.

Presiden

The World Bank Group

Ucapan Terima Kasih

Laporan ini telah disiapkan oleh tim inti yang dipimpin oleh Rosina Bierbaum dan Marianne Fay serta beranggotakan Julia Bucknall, Samuel Fankhauser, Ricardo Fuentes-Nieva, Kirk Hamilton, Andreas Kopp, Andrea Liverani, Alexander Lotsch, Ian Noble, Jean-Louis Racine, Mark Rosegrant, Xiaodong Wang, Xueman Wang, dan Michael Ian Westphal. Kontribusi utama dari Arun Agrawal, Philippe Ambrosi, Elliot Diringier, Calestous Juma, Jean-Charles Hourcade, Kseniya Lvovsky, Muthukumara Mani, Alan Miller, dan Michael Toman. Nasihat yang sangat membantu dan data diberikan oleh Leon Clarke, Jens Dinkel, Jae Edmonds, Per-Anders Enkvist, Brigitte Knopf, and Volker Krey. Tim ini didampingi oleh Rachel Block, Doina Cebotari, Nicola Cenacchi, Sandy Chang, Nate Engle, Hilary Gopnik, dan Hrishikesh Patel. Kontribusi tambahan diberikan oleh Lidvard Gronnevet dan Jon Strand.

Bruce Ross-Larson adalah ketua editor. World Bank's Map Design Unit membuat peta dengan arahan Jeff Lecksell. Kantor penerbitan (yang menerbitkan laporan berbahasa Inggris—*ed.*) menyediakan editorial, rancangan, komposisi, dan layanan percetakan di bawah pengawasan Mary Fisk dan Andres Meneses; Stephen McGroarty bertindak sebagai editor akuisisi.

Laporan Pembangunan Dunia 2010 juga disponsori oleh Development Economics (DEC) dan Sustainable Development Network (SDN). Pengerjaannya dilakukan di bawah arahan umum Justin Yifu Lin di DEC dan Katherine Sierra di SDN. Warren Evans dan Alan H. Gelb juga memberikan arahan yang penting. Panel of Advisers yang beranggotakan Neil Adger, Zhou Dadi, Rashid Hassan, Geoffrey Heal, John Holdren (sampai Desember 2008), Jean-Charles Hourcade, Saleemul Huq, Calestous Juma, Nebojša Nakićenović, Carlos Nobre, John Schellnhuber, Robert Watson, dan John Weyant memberikan nasihat yang luas dan sangat baik di semua bagian Laporan ini.

Presiden World Bank memberikan sambutan dan arahan.

Beberapa orang di dalam dan di luar World Bank berkontribusi terhadap sambutan dan masukan. Development Data Group berkontribusi pada data lampiran dan bertanggung jawab untuk Indikator Terpilih Pembangunan Dunia (*Selected World Development Indicators*).

Tim ini telah mendapatkan manfaat dari banyak konsultasi. Pertemuan dan lokakarya regional diselenggarakan secara lokal melalui konferensi video (menggunakan World Bank's Global Development Learning Network) di: Argentina, Bangladesh, Belgia, Benin, Botswana, Burkina Faso, China, Kosta Rika, Côte d'Ivoire, Denmark, Republik Dominika, Etiopia, Finlandia, Prancis, Jerman, Ghana, India, Indonesia, Kenya, Kuwait, Meksiko, Mozambik, Belanda, Nikaragua, Norwegia, Peru, Filipina, Polandia, Senegal, Afrika Selatan, Swedia, Tanzania, Thailand, Togo, Tunisia, Uganda, Uni Emirat Arab, dan Inggris. Tim juga berterima kasih kepada orang-orang

yang berpartisipasi pada lokakarya dan konferensi video ini yang melibatkan akademisi, peneliti kebijakan, pejabat pemerintah, serta lembaga swadaya masyarakat, masyarakat sipil, dan sektor swasta.

Akhirnya, tim ingin memberikan ucapan terima kasih atas dukungan yang besar dari Pemerintah Norwegia, Departemen Pembangunan Internasional (Department for International Development) Inggris, Pemerintah Denmark, Pemerintah Jerman melalui Deutsche Gesellschaft für technische Zusammenarbeit, Pemerintah Swedia melalui Pusat Keragaman Hayati (Biodiversity Centre)/Swedish International Biodiversity Programme (SwedBio), the Trust Fund for Environmentally & Socially Sustainable Development (TFESSD), pendanaan multidonor yang terprogram dan terpercaya, serta Knowledge for Change Program (KCP).

Rebecca Sugui bertindak sebagai asisten eksekutif senior untuk tim—tahun ke-17-nya bersama Laporan Pembangunan Dunia—Sonia Joseph dan Jason Victor sebagai asisten program serta Bertha Medina sebagai asisten tim. Evangeline Santo Domingo bertindak sebagai asisten manajemen sumber daya.

Daftar Singkatan dan Catatan Data

Daftar singkatan

AAU	assigned amount unit
ARPP	Annual Report on Portfolio Performance
BRIICS	Brazil, the Russian Federation, India, Indonesia, China, and South Africa
Bt	<i>Bacillus thuringiensis</i>
CCS	carbon capture and storage (penangkapan dan penyimpanan karbon)
CDM	Clean Development Mechanism
CER	certified emission reduction
CGIAR	Consultative Group on International Agricultural Research
CIPAV	Centro para Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria
CH ₄	metana
CO ₂	karbon dioksida
CO ₂ e	karbon dioksida ekuivalen
CPIA	Country Policy and Institutional Assessment
CTF	Clean Technology Fund
EE	energy efficiency (efisiensi energi)
EIT	economies in transition
ENSO	El Niño–Southern Oscillation
ESCO	energy service company
ETF–IW	Environmental Transformation Fund–International Window
EU	European Union (Uni Eropa)
FCPF	Forest Carbon Partnership Facility
FDI	foreign direct investment
FIP	Forest Investment Program
GCCA	Global Climate Change Alliance
GCS	global climate services enterprise
GDP	gross domestic product (produk domestik bruto—PDB)
GEO	Group on Earth Observation
GEOSS	Global Earth Observation System of Systems
GEEREF	Global Energy Efficiency and Renewable Energy Fund
GEF	Global Environment Facility
GFDRR	Global Facility for Disaster Reduction and Recovery
GHG	greenhouse gas (gas rumah kaca)
GM	genetically modified
Gt	gigaton

GWP	global warming potential
IAASTD	International Assessment of Agricultural Science and Technology for Development
IATAL	international air travel adaptation levy
IDA	International Development Association
IEA	International Energy Agency
IFC	International Finance Corporation
IFCI	International Forest Carbon Initiative
IIASA	International Institute for Applied Systems Analysis
IMERS	International Maritime Emission Reduction Scheme
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPR	intellectual property rights (hak kekayaan intelektual—HAKI)
kWh	kilowatt-hour (kilowatt-jam)
JI	Joint Implementation
LDCF	Least Developed Country Fund
LECZ	low-elevation coastal zones
LPG	liquefied petroleum gas
MEA	multilateral environmental agreement
MRGRA	Midwestern Regional GHG Reduction Accord
MRV	measurable, reportable, and verifiable
NAPA	National Adaptation Program of Action
N ₂ O	nitrogen oksida
NGO	nongovernmental organization (organisasi nonpemerintah)
O ₃	ozon
O&M	operation and maintenance
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PaCIS	Pacific Climate Information System
ppb	parts per billion (bagian per miliar—bpm)
PPCR	Pilot Program for Climate Resistance
ppm	parts per million (bagian per sejuta—bpj)
PPP	purchasing power parity
R&D	research and development (penelitian dan pengembangan)
RD&D	research, development, and deployment
RDD&D	research, development, demonstration, and deployment
REDD	reduced emissions from deforestation and forest degradation
RGGI	Regional Greenhouse Gas Initiative
SCCF	Strategic Climate Change Fund
SDII	simple daily intensity index
SD-PAMs	sustainable development policies and measures
SO ₂	sulfur dioksida
SUV	sports utility vehicle
toe	tons of oil equivalent
TRIPS	Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights
Tt	trillion tons (triliun ton)
UN	United Nations (Perserikatan Bangsa Bangsa—PBB)
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change

UN-REDD	United Nations Collaborative Program on Reduced Emissions from Deforestation and forest Degradation
WCI	Western Climate Initiative
WGI	World Governance Indicator
WMO	World Meteorological Organization
WTO	World Trade Organization (Organisasi Perdagangan Dunia)

Data catatan

Negara-negara yang tercantum dalam kelompok regional dan pendapatan pada Laporan ini terdapat dalam tabel Klasifikasi Ekonomi di bagian akhir Indikator Pembangunan Dunia Terpilih. Klasifikasi pendapatan didasarkan pada produk nasional bruto (PDB) per kapita; batas klasifikasi pendapatan untuk edisi ini akan ditemukan pada Pendahuluan Indikator Pembangunan Dunia Terpilih. Figur, peta, dan tabel (termasuk indikator terpilih) menunjukkan pengelompokan pendapatan didasarkan pada klasifikasi pendapatan Bank Dunia pada tahun 2009. Data yang ditunjukkan pada Indikator Pembangunan Dunia Terpilih didasarkan pada klasifikasi 2010. Rata-rata kelompok yang dilaporkan pada figur dan tabel adalah rata-rata tak berbobot pada negara dalam kelompok, kecuali yang ditunjukkan sebaliknya.

Penggunaan kata *negara-negara* mengacu pada ekonomi yang tidak mengimplikasikan penilaian Bank Dunia tentang teritori resmi atau status lainnya. Istilah *negara berkembang* termasuk negara berpendapatan ekonomi rendah dan menengah sehingga termasuk pula transisi ekonomi dari perencanaan pusat, untuk mempermudah. Istilah *negara industri* atau *negara maju* dapat digunakan untuk mempermudah dalam hal menunjukkan negara berpendapatan ekonomi tinggi.

Dollar yang digunakan di sini berupa mata uang dollar A. S. saat ini, kecuali dijelaskan secara spesifik. *Miliar* berarti 1.000 juta; *triliun* berarti 1.000 miliar.

Pesan Utama dari Laporan Pembangunan Dunia 2010

Pengentasan kemiskinan dan pembangunan yang berkelanjutan tetap menjadi inti prioritas global. Seperempat dari populasi di negara-negara berkembang masih berpenghasilan kurang dari \$1,25 per hari. Satu miliar penduduk kekurangan air bersih untuk minum; 1,6 juta kekurangan listrik; dan 3 miliar tidak mempunyai sanitasi yang memadai. Seperempat dari jumlah anak-anak di seluruh negara berkembang mengalami kekurangan gizi. Kebutuhan-kebutuhan semacam ini harus menjadi prioritas bagi negara berkembang dan bantuan pembangunan—mengenal bahwa pembangunan akan menjadi lebih berat, bukan lebih mudah, dengan adanya perubahan iklim.

Walaupun demikian, perubahan iklim harus ditangani secara mendesak. Perubahan iklim mengancam semua negara dan negara-negara berkembang adalah yang paling rentan. Perkiraannya adalah negara-negara berkembang akan menghadapi 75 sampai 80 persen biaya kerusakan yang disebabkan oleh perubahan iklim. Bahkan, pemanasan sebesar 2°C di atas tingkat suhu praindustri—kemungkinan minimum yang akan dialami dunia—dapat menyebabkan pengurangan permanen pada PDB sebesar 4 sampai 5 persen untuk Afrika dan Asia Selatan. Sebagian besar negara-negara berkembang kekurangan dana yang mencukupi dan kapasitas teknis untuk mengelola risiko iklim yang meningkat. Negara-negara tersebut juga bergantung secara langsung pada sumber daya alam yang sensitif iklim untuk mendapatkan penghasilan dan kesejahteraan. Bahkan, sebagian besar dari mereka yang berada di daerah tropis dan subtropis telah mengalami iklim yang sangat bervariasi.

Pertumbuhan ekonomi sendiri tampak semakin cepat atau cukup seimbang untuk melawan ancaman perubahan iklim, khususnya jika pertumbuhan tetap meningkatkan karbon dan mempercepat pemanasan global. Jadi, kebijakan iklim tidak dapat dipandang sebagai pilihan antara pertumbuhan dan perubahan iklim. Sebenarnya, kebijakan cerdas iklim adalah kebijakan yang meningkatkan pembangunan, mengurangi kerentanan, dan mendanai transisi ke jalur rendah karbon.

Dunia cerdas iklim berada dalam jangkauan kita jika kita bertindak sekarang, bertindak bersama, dan bertindak secara berbeda dari yang kita lakukan di masa lalu.

- **Bertindak sekarang** adalah hal yang penting atau pilihan-pilihan lainnya akan menghilang dan biaya akan meningkat seiring dengan komitmen dunia pada jalur padat karbon dan jalur pemanasan yang ireversibel. Perubahan iklim telah membahayakan usaha-usaha untuk memperbaiki standar kehidupan dan untuk mencapai Tujuan Pembangunan Millenium. Berada sedekat mungkin dengan tingkat pemanasan 2°C di atas tingkat praindustri—hal terbaik yang bisa dilakukan—memerlukan revolusi energi besar-besaran dengan penyebaran

efisiensi energi dan teknologi rendah karbon yang tersedia dengan segera, diiringi dengan banyaknya investasi pada teknologi generasi mendatang tanpa menghalangi pencapaian jalur rendah karbon. Tindakan segera juga diperlukan untuk menghadapi perubahan iklim serta meminimalkan biaya untuk penduduk, infrastruktur, dan ekosistem saat ini sama halnya seperti bersiap-siap terhadap perubahan yang lebih besar di toko.

- **Bertindak bersama** adalah kunci untuk menjaga agar biaya tetap rendah dan secara efektif menahan adaptasi dan mitigasi. Hal itu harus dimulai dengan cara negara-negara berpendapatan tinggi mengambil tindakan agresif untuk mengurangi emisinya sendiri. Tindakan itu akan membebaskan “ruang polusi” untuk negara-negara berkembang, tetapi yang lebih penting, hal itu akan menstimulasi inovasi dan permintaan teknologi baru sehingga keduanya akan meningkat dengan cepat. Hal itu juga akan membantu negara-negara berkembang untuk bergerak ke jalur karbon yang lebih rendah seraya mencapai akses ke layanan energi yang diperlukan untuk pembangunan, walaupun negara-negara berkembang perlu diberikan sumbangan dana. Namun, bertindak bersama juga penting untuk mengembangkan pembangunan di lingkungan yang semakin keras—meningkatkan risiko iklim akan melampaui kapasitas komunitas untuk beradaptasi. Dukungan nasional dan internasional sangat penting untuk melindungi yang paling rentan melalui program pendampingan sosial, untuk mengembangkan pengaturan pembagian risiko internasional dan mempromosikan pertukaran pengetahuan, teknologi, serta informasi.
- **Bertindak secara berbeda** diperlukan untuk memungkinkan masa depan yang berkelanjutan di dunia yang berubah. Dalam beberapa dekade ke depan, sistem energi dunia harus ditransformasikan sehingga emisi global turun sebesar 50 sampai 80 persen. Infrastruktur harus dibangun sebagai pertahanan terhadap episode ekstrem yang baru. Produktivitas pertanian dan efisiensi air harus diperbaiki dalam rangka memberikan pangan kepada 3 miliar lebih penduduk tanpa mengancam lebih lanjut ekosistem yang telah tertekan. Hanya pengelolaan jangka panjang dan berskala besar yang terintegrasi serta perencanaan yang fleksibel yang dapat memuaskan peningkatan permintaan sumber daya alam untuk pangan, bioenergi, tenaga air, dan lahan serta hutan. Strategi ekonomi dan sosial yang tangguh akan menjadi milik mereka yang mempertimbangkan peningkatan ketidakpastian dan yang meningkatkan adaptasi terhadap iklim masa depan yang bervariasi—tidak hanya “secara optimal” berhadapan dengan iklim masa lalu. Kebijakan efektif akan meminta tanggung jawab yang besar bersamaan dengan evaluasi terhadap tindakan-tindakan gabungan pembangunan, adaptasi, dan mitigasi, semua yang digambarkan sebagai sumber daya yang terbatas (manusia, dana, dan alami).

Kesepakatan iklim global yang adil dan efektif sangat diperlukan.

Kesepakatan semacam itu dapat mengenali berbagai kebutuhan dan batasan negara-negara berkembang serta membantu negara-negara tersebut dengan pendanaan dan teknologi untuk menghadapi tantangan pembangunan yang meningkat juga meyakinkan bahwa negara-negara tersebut tidak akan terjebak dalam pembagian

global yang rendah secara permanen, dan membangun mekanisme yang terpisah antara tempat terjadinya mitigasi dengan siapa yang membayarnya. Sebagian besar pertumbuhan emisi akan muncul di negara-negara berkembang, yang saat ini jejak karbonnya rendah secara tidak seimbang dan ekonominya harus tumbuh dengan pesat untuk mengurangi kemiskinan. Negara-negara berpendapatan tinggi harus menyediakan pendanaan dan bantuan teknis untuk adaptasi dan pertumbuhan rendah karbon di negara-negara berkembang. Pendanaan untuk adaptasi dan mitigasi saat ini kurang dari 5 persen dari yang mungkin diperlukan pada tahun 2030, tetapi kekurangan tersebut dapat dipenuhi melalui mekanisme pendanaan inovatif.

Kesuksesan bergantung pada perubahan sikap dan pergeseran opini publik.

Individual, sebagai warga negara dan konsumen, akan menentukan masa depan planet. Walaupun jumlah penduduk yang mengetahui tentang perubahan iklim dan memercayai bahwa tindakan diperlukan telah meningkat, hanya sedikit yang menjadikannya prioritas dan banyak yang gagal untuk bertindak ketika mereka mempunyai kesempatan. Jadi, tantangan terbesar terletak pada perubahan sikap dan institusi, khususnya di negara-negara berpendapatan tinggi. Perubahan kebijakan publik—lokal, regional, nasional, dan internasional—sangat penting untuk membuat tindakan swasta dan sipil menjadi lebih mudah dan menarik.



Gambaran Umum

Perubahan Iklim untuk Pembangunan

Tiga puluh tahun yang lalu, setengah dari penduduk di dunia berkembang hidup dalam kemiskinan yang luar biasa—hari ini, hanya seperempatnya.¹ Sekarang, hanya sebagian kecil anak-anak yang menderita kekurangan gizi dan berisiko meninggal dunia pada usia dini. Dan akses pada infrastruktur modern lebih tersebar luas. Hal yang menentukan bagi kemajuan: pertumbuhan ekonomi yang cepat yang dipacu oleh inovasi teknologi dan reformasi institusional, terutama di negara-negara berpendapatan sedang di masa sekarang, di mana pendapatan per kapita telah naik dua kali lipat. Walaupun demikian, kebutuhan semakin meningkat, dengan jumlah penduduk yang kelaparan mencapai miliaran tahun ini, pertama kalinya dalam sejarah.² Banyaknya penduduk miskin dan kelaparan, pertumbuhan dan pengentasan kemiskinan tetap menjadi prioritas bagi negara berkembang.

Perubahan iklim menjadikan tantangan tersebut semakin kompleks. Pertama, dampak dari perubahan iklim telah dirasakan, dengan lebih banyaknya bencana, lebih banyak banjir, badai yang lebih mematikan, dan lebih banyak serangan gelombang panas—semuanya dirasakan oleh individu, perusahaan, dan pemerintah, menghabiskan sumber

daya yang seharusnya digunakan untuk pembangunan. Kedua, perubahan iklim yang terus berlanjut dengan kecepatan seperti sekarang, akan menimbulkan tantangan yang semakin memberatkan pembangunan. Pada akhir abad nanti, semua hal ini akan berakibat pada naiknya suhu sebesar 5°C atau lebih jika dibandingkan dengan zaman praindustri dan dunia yang jauh berbeda dari yang ada sekarang, dengan lebih banyak episode cuaca ekstrem, lebih banyak perubahan dan pergeseran ekosistem, lebih banyak spesies yang menuju kepunahan, dan seluruh negara kepulauan terancam mengalami tenggelam. Bahkan dengan kemampuan terbaik kita seperti menstabilkan suhu kurang dari 2°C di atas suhu masa praindustri, pemanasan tetap akan membutuhkan adaptasi substansial.

Negara-negara berpendapatan tinggi dapat dan harus mengurangi keluaran karbonnya. Mereka tidak dapat terus memenuhi kandungan atmosfer secara tidak adil dan tidak terpelihara. Akan tetapi negara-negara berkembang—di mana emisi per kapitanya kurang dari sepertiga emisi per kapita negara-negara berpendapatan tinggi (Figur 1)—memerlukan ekspansi besar-besaran dalam energi, transportasi, sistem urban, dan produksi pertanian. Jika diusahakan

menggunakan teknologi tradisional dan padat karbon, sebagian besar usaha ekspansi ini akan menghasilkan lebih banyak gas rumah kaca dan, selanjutnya, perubahan iklim lainnya. Pertanyaannya sekarang adalah tidak hanya sekadar bagaimana membuat pertumbuhan lebih berketahanan terhadap perubahan iklim. Pertanyaannya adalah bagaimana mengejar pertumbuhan dan kemakmuran tanpa menyebabkan perubahan iklim yang “berbahaya.”³

Kebijakan perubahan iklim bukanlah pilihan yang sederhana antara dunia dengan pertumbuhan dan tingkat karbon yang tinggi dan dunia dengan pertumbuhan dan tingkat karbon rendah—sebuah pertanyaan sederhana apakah untuk mengembangkan atau melindungi planet ini. Banyak inefisiensi yang mendorong terjadinya intensitas karbon yang tinggi saat ini.⁴ Sebagai contohnya, teknologi yang ada dan usaha terbaik dapat mengurangi konsumsi energi dalam industri dan sektor tenaga sebesar 20–30 persen, membantu mengurangi keluaran karbon tanpa

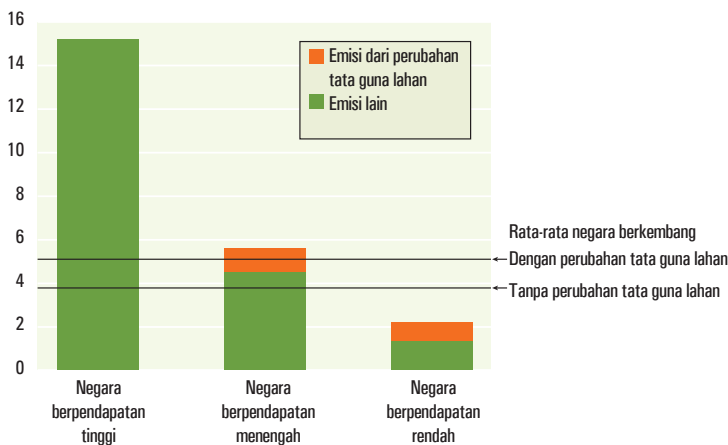
mengorbankan pertumbuhan.⁵ Banyak tindakan mitigasi—berarti perubahan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca—memiliki keuntungan lain yang signifikan dalam kesehatan masyarakat, ketersediaan energi, keberlanjutan lingkungan, dan penghematan finansial. Di Afrika, sebagai contohnya, peluang-peluang mitigasi dikaitkan dengan pengelolaan tanah dan hutan yang berkelanjutan, dengan penggunaan energi bersih (seperti panas bumi dan tenaga air), dan dengan pembuatan sistem transportasi urban yang berkelanjutan. Dengan demikian, agenda mitigasi di Afrika lebih sesuai dengan pembangunan yang berkelanjutan.⁶ Situasi ini serupa dengan situasi di Amerika Latin.⁷

Kesejahteraan dan kekayaan yang semakin besar tidak terlepas dari produksi gas rumah kaca lebih banyak, bahkan jika keduanya tidak saling terkait dahulunya. Pola tertentu dari konsumsi dan produksilah yang jadi penyebabnya. Bahkan tanpa memperhitungkan negara produsen minyak, emisi per kapita di negara berpenghasilan tinggi bervariasi pada faktor 4, dari 7 ton karbon dioksida ekuivalen (CO₂e)⁸ per kapita di Swiss hingga 27 di Australia dan Luksemburg.⁹

Kertegantungan terhadap bahan bakar fosil dapat mempersulit pertimbangan yang tak terhindarkan akan ketidakcukupan usaha mencari sumber alternatif. Jika subsidi global untuk produksi migas mencapai 150 miliar dollar per tahun, pengeluaran masyarakat untuk penelitian, pembangunan, dan penerapan (RD&D) energi berada pada kisaran 10 miliar dollar per dekadennya, terpisah dari laporan singkat akibat krisis minyak bumi (lihat Bab 7). Hal itu menampilkan 4 persen dari keseluruhan RD&D publik. Pengeluaran pribadi untuk RD&D

Figur 1 Keluaran karbon yang tidak sebanding: Emisi per kapita pada negara berpendapatan rendah, menengah, dan tinggi, 2005

CO₂e per kapita (ton)



Sumber: World Bank 2008c; WRI 2008 digabungkan dengan emisi tata guna lahan dari Houghton 2009.

Catatan: Efek emisi gas rumah kaca termasuk karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), nitrogen oksida (N₂O), dan gas potensial tinggi pemanasan global (gas-gas F). Seluruhnya dalam bentuk CO₂ sebanding (CO₂e)—kuantitas CO₂ yang menyebabkan sejumlah pemanasan. Pada emisi tahun 2005 dari perubahan penggunaan lahan di negara maju sangat mengkhawatirkan.

energi, sekitar \$40 miliar hingga \$60 miliar dollar per tahun, berjumlah hingga 0,5 persen dari pendapatan pribadi—pecahan dari industri inovatif seperti telekomunikasi (8 persen) dan farmasi (15 persen) diinvestasikan dalam RD&D.¹⁰

Suatu peralihan menuju dunia rendah karbon melalui inovasi teknologi dan reformasi institusi komplementer harus dimulai dengan cepat dan agresif oleh negara-negara berpendapatan tinggi untuk memperkecil keluaran karbon mereka yang tidak dapat diatasi lagi. Hal tersebut akan membebaskan sejumlah ruang di atmosfer kita (Figur 2). Hal yang lebih penting, sebuah komitmen yang dipercaya oleh negara-negara berpendapatan tinggi untuk mengurangi emisi mereka secara drastis akan merangsang kebutuhan RD&D terhadap teknologi dan proses baru energi, transportasi, industri, dan pertanian. Dan kebutuhan besar dan terprediksi untuk teknologi alternatif akan mengurangi biaya dan membantu mereka bersaing secara kompetitif dengan bahan bakar fosil. Hanya dengan teknologi baru dengan harga kompetitif yang dapat mengurangi perubahan iklim tanpa harus mengorbankan pertumbuhan.

Terdapat peluang bagi negara-negara berkembang untuk beralih ke jalur rendah karbon tanpa berkompromi dengan pertumbuhan, tetapi peluang tersebut bervariasi pada masing-masing negara dan bergantung pada jangkauan bantuan finansial dan teknis dari negara-negara berpendapatan tinggi. Bantuan tersebut akan berarti adil (dan sesuai dengan United Nations Framework Convention on Climate Change 1992, atau UNFCCC): negara-negara berpendapatan tinggi, dengan seperenam populasi dunia, bertanggung jawab untuk sekurangnya dua pertiga

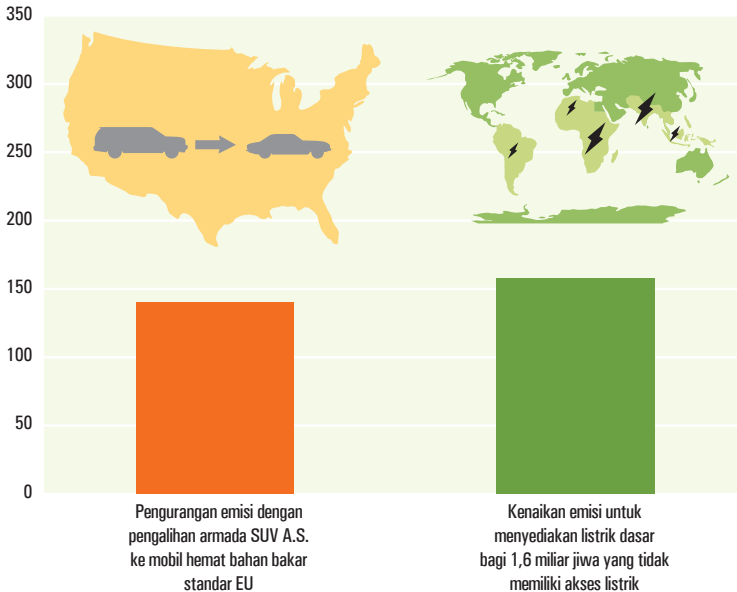
jumlah gas-gas rumah kaca di atmosfer (Figur 3). Hal tersebut akan lebih efisien: penghematan yang didapatkan dari membantu mendanai mitigasi yang lebih awal di negara-negara berkembang—contohnya, melalui pembangunan infrastruktur dan rumah selama beberapa dekade ke depan—akan begitu besar sehingga menghasilkan keuntungan ekonomi yang jelas bagi semuanya.¹¹ Akan tetapi perancangan, membiarkan implementasi terpisah, kesepakatan internasional yang melibatkan transfer sumber daya yang substansial, stabil, dan dapat diprediksi bukanlah hal yang mudah.

Negara-negara berkembang, terutama yang termiskin dan yang paling terpapar, juga akan memerlukan bantuan dalam beradaptasi terhadap perubahan iklim. Mereka telah sangat menderita karena episode cuaca ekstrem (lihat Bab 2). Dan bahkan penambahan pemanasan yang relatif ringan akan membutuhkan penyesuaian besar pada cara kebijakan pembangunan dirancang dan diterapkan, pada cara masyarakat hidup dan menjalani kehidupan, serta bahaya dan kesempatan yang mereka hadapi.

Krisis finansial yang terjadi sekarang tidak dapat dijadikan alasan untuk tidak mengutamakan masalah iklim. Secara rata-rata, sebuah krisis finansial berlangsung kurang dari dua tahun dan berakibat pada berkurangnya produk domestik bruto (PDB) sebesar 3 persen, yang kemudian diikuti dengan pertumbuhan lebih dari 20 persen dalam kurun waktu delapan tahun masa pemulihan dan kemakmuran.¹² Jadi, apa pun masalah yang ditimbulkannya, krisis finansial selalu datang dan pergi. Namun, tidak demikian dengan ancaman pertumbuhan yang disebabkan oleh perubahan iklim. Mengapa?

Figur 2 Langkah penyeimbangan ulang: Beralih dari SUV ke mobil penumpang berbahan bakar efisien di Amerika Serikat sendiri akan hampir menyamai emisi yang dihasilkan untuk memberikan energi listrik bagi 1,6 miliar jiwa lebih

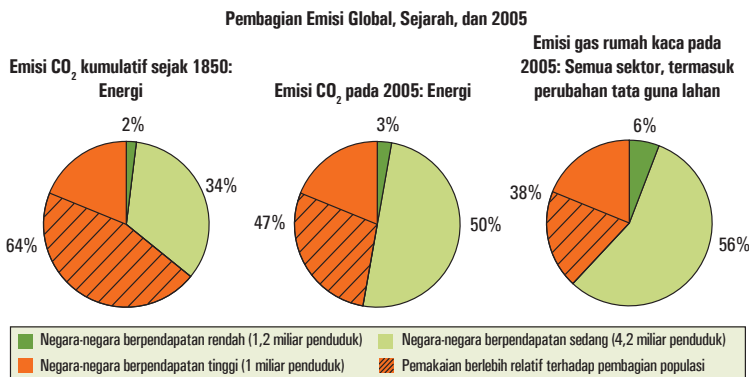
Emisi (juta ton karbon dioksida CO₂)



Sumber: Perhitungan tim WDR berdasarkan BTS 2008.

Catatan: Estimasi didasarkan atas 40 juta SUV (Sports Utility Vehicles) di Amerika Serikat yang berjalan sekitar 480 miliar mil (dengan asumsi 12.000 kendaraan) per tahun. Dengan efisiensi bahan bakar rata-rata 18 mil per galon, SUV mengonsumsi 27 miliar galon bensin per tahun dengan emisi sekitar 2.421 gram karbon per galon. Peralihan ke mobil berbahan bakar efisien dengan efisiensi bahan bakar untuk mobil penumpang baru yang terjual di Uni Eropa (rata-rata 45 mil per galon; lihat ICCT 2007) menghasilkan pengurangan sebanyak 142 juta ton CO₂ (39 juta ton karbon) per tahun. Perkiraan konsumsi listrik pada keluarga miskin di negara berkembang diperkirakan sekitar 170 kilowatt per jam per orang per tahun dan listrik yang diasumsikan untuk melayani kebutuhan dunia rata-rata menghasilkan intensitas karbon 160 gram per kilowatt-jam, sebanding dengan 160 juta ton CO₂ (44 juta ton karbon). Ukuran dari simbol kelistrikan pada peta global terkait dengan jumlah penduduk tanpa akses listrik.

Figur 3 Negara berpendapatan tinggi secara historis berkontribusi pada pembagian emisi yang tidak adil dan masih demikian



Sumber: DOE 2009; World Bank 2008c; WRI 2008 digabungkan dengan emisi perubahan tata guna lahan dari Houghton 2009.

Catatan: Data meliputi lebih dari 200 negara untuk beberapa tahun terakhir. Data tidak tersedia untuk seluruh negara pada abad ke-19, tetapi sebagian besar penghasil emisi sudah tercakup. Emisi karbon dioksida (CO₂) dari energi termasuk semua pembakaran bahan bakar fosil, pembakaran gas, dan produksi semen. Emisi gas rumah kaca termasuk CO₂, metana (CH₄), nitrogen oksida (N₂O), dan gas berpotensi tinggi pemanasan global (gas-gas F). Sektor termasuk pemrosesan energi dan industri, perubahan tata guna lahan (dari Houghton 2009), dan sampah. Penggunaan berlebihan atmosfer secara bersamaan relatif terhadap pembagian populasi didasarkan pada deviasi dari perbandingan emisi per kapita, pada 2005 negara berpendapatan tinggi menyumbangkan 16 persen populasi global; sejak 1850, secara rata-rata, saat ini negara maju menyumbangkan 20 persen populasi global.

Oleh karena waktu tidaklah memihak kita. Efek dari karbon yang dilepaskan ke atmosfer akan dirasakan selama beberapa dekade, bahkan hingga satu milenium,¹³ membuatnya sangat sulit untuk dikembalikan ke tingkat yang “aman.” Inersia dalam sistem iklim ini benar-benar membatasi kemampuan kita untuk memperbaiki hari ini dengan mitigasi terakselerasi di masa yang akan datang.¹⁴ Penundaan juga meningkatkan biaya karena dampak semakin memburuk dan pilihan mitigasi murah menghilang sama halnya dengan ekonomi yang terkunci ke dalam infrastruktur dan gaya hidup berkarbon tinggi—lebih banyak inersia.

Aksi secepatnya diperlukan untuk menjaga agar pemanasan sedekat mungkin pada 2°C. Jumlah pemanasan tersebut tidak diinginkan, tetapi hal tersebut adalah hal terbaik yang dapat kita lakukan. Hal ini bukanlah kesepakatan di dalam proses ekonomi yang menunjukkan tingkat optimal ekonomi. Hal ini, bagaimanapun juga, konsesus yang berkembang di dalam lingkaran kebijakan dan pengetahuan untuk menuju pemanasan 2°C yang menjadi sesuatu untuk dipertanggungjawabkan.¹⁵ Laporan ini mendukung situasi tersebut. Dari perspektif pembangunan, pemanasan lebih dari 2°C tidak dapat diterima. Akan tetapi stabilisasi 2°C akan membutuhkan pergeseran besar dalam gaya hidup, revolusi energi besar-besaran, dan transformasi dalam bagaimana kita mengelola lahan dan hutan. Dan adaptasi substansial masih akan dibutuhkan. Mencontoh perubahan iklim akan membutuhkan segala inovasi dan kecerdikan yang dimiliki oleh ras manusia.

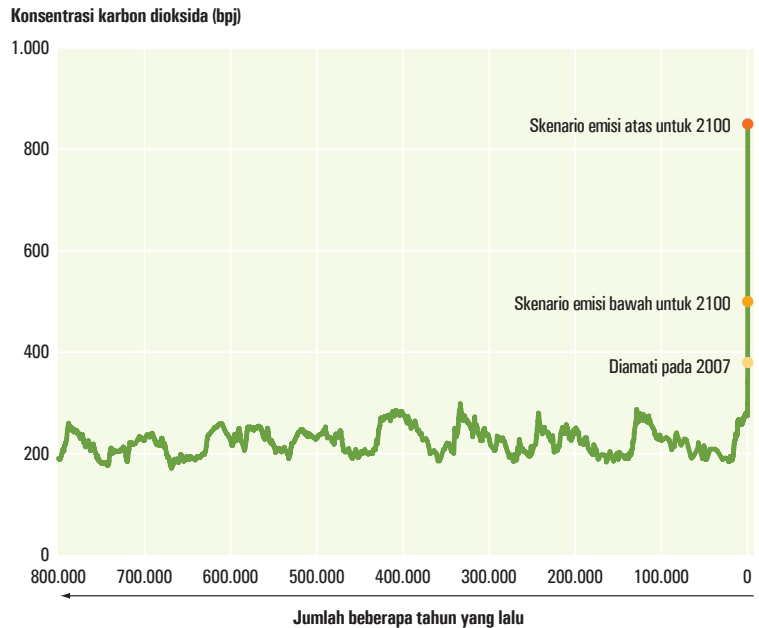
Inersia, kesetaraan, dan kecerdikan adalah tiga tema yang muncul terus dalam

Laporan ini. Inersia mendefinisikan karakteristik dari tantangan iklim—alasan kita butuh bertindak nyata sekarang. Kesetaraan adalah kunci untuk kesepakatan global yang efektif, menuju kepercayaan yang diperlukan dalam menyelesaikan tragedi secara bersama-sama—alasan kita membutuhkan aksi bersama. Dan kecerdikan adalah satu-satunya jawaban yang mungkin bagi masalah yang kompleks secara politik dan ilmiah—kualitas yang memungkinkan kita untuk bertindak berbeda dibandingkan yang telah kita lakukan di masa lalu. Bertindak sekarang, bertindak bersama, bertindak secara berbeda—hal ini merupakan langkah di mana kita dapat menempatkan dunia cerdas iklim dalam tujuan bersama. Akan tetapi sebelumnya, hal ini memerlukan kepercayaan bahwa ada sebuah situasi yang memerlukan aksi.

Kasus untuk aksi

Suhu rata-rata Bumi telah memanaskan hampir sebesar 1°C sejak awal dimulainya periode industri. Mengutip *Fourth Assessment Report* dari *Intergovernmental Panel in Climate Change* (IPCC—Panel Ahli Antarpemerintah tentang Perubahan Iklim), dokumen kesepakatan yang dihasilkan oleh lebih dari 2.000 ilmuwan yang mewakili setiap negara di PBB: “Pemanasan dalam sistem iklim terjadi di mana-mana.”¹⁶ Konsentrasi atmosferik CO₂ global, gas rumah kaca yang paling penting, berkisar antara 200 hingga 300 bpj (bagian per sejuta) selama 800.000 tahun, namun meningkat drastis menjadi sekitar 387 bpj dalam 150 tahun terakhir (Figur 4), terutama karena pembakaran bahan bakar fosil, hingga yang pengaruhnya paling sedikit, perubahan tata guna lahan dan pertanian. Satu dekade setelah

Figur 4 Diagram CO₂



Sumber: Lüthi dkk., 2008.

Catatan: Analisis dari gelembung udara yang terperangkap pada inti es Antartika yang merekam 800.000 tahun yang lalu mengenai perubahan konsentrasi CO₂ Bumi. Selama periode panjang ini, faktor alami yang disebabkan oleh konsentrasi CO₂ konsentrasi tinggi berkisar antara 170 hingga 300 bagian per sejuta (bpj). Suhu terkait data menjelaskan variasi yang terjadi berperan utama dalam penentuan perubahan cuaca global. Sebagai hasil dari aktivitas manusia, konsentrasi CO₂ saat ini mencapai sekitar 387 ppm atau sekitar 30% di atas tingkat tertinggi setidaknya 800.000 tahun terakhir. Tidak adanya alat pengukur yang kuat, emisi abad ini diproyeksikan dalam bentuk konsentrasi kasar CO₂ yang dua atau tiga kali lipat dari level tertinggi pada 800.000 tahun terakhir, seperti yang digambarkan pada skenario emisi untuk tahun 2100.

Protokol Kyoto menetapkan batas emisi karbon internasional, gas-gas rumah kaca di atmosfer masih saja meningkat. Lebih buruk lagi, laju kenaikannya justru kemungkinan bertambah cepat.¹⁷

Efek dari perubahan iklim dapat dilihat dengan meningkatnya suhu rata-rata udara dan laut, meluasnya pencairan es dan salju, dan peningkatan muka air laut. Frekuensi siang yang dingin, malam yang dingin, dan salju menjadi berkurang sedangkan gelombang panas menjadi lebih sering terjadi. Secara global, presipitasi meningkat bahkan Australia, Asia Tengah, Teluk Mediterania, Sahel, Amerika Serikat bagian barat, dan daerah lainnya lebih sering dan lebih intens mengalami kekeringan. Hujan deras dan banjir menjadi hal umum dan kerusakan dari—dan kemungkinan

intensitas—badai dan siklon tropis bertambah.

Perubahan iklim mengancam semua negara, tetapi khususnya negara-negara berkembang

Pemanasan lebih dari 5°C dari perubahan iklim yang tak termitigasi dapat menyebabkan abad ini¹⁸ setara dengan perbedaan antara iklim saat ini dengan iklim terakhir pada zaman es, ketika lempeng es mencapai Eropa Tengah dan Amerika Serikat bagian utara. Perubahan tersebut terjadi selama beberapa milenium; perubahan iklim yang disebabkan oleh manusia terjadi pada skala waktu satu abad menyebabkan peradaban dan ekosistem mempunyai sedikit waktu untuk beradaptasi dengan pesat. Pergeseran suhu yang drastis akan menyebabkan dislokasi pada dasar-dasar ekosistem terhadap peradaban dan ekonomi—seperti matinya hutan hujan Amazon, mencairnya gletser di pegunungan Andes dan Himalaya, dan pengasaman laut yang cepat akan menyebabkan kerusakan ekosistem laut dan kematian terumbu karang. Laju dan kekuatan perubahan ini dapat memusnahkan lebih dari 50 persen spesies. Ketinggian air laut dapat naik hingga satu meter dalam abad ini,¹⁹ mengancam 60 juta jiwa dan aset senilai lebih dari \$200 miliar hanya di negara-negara berkembang.²⁰ Produktivitas pertanian akan menurun di seluruh dunia—terutama di daerah tropis, bahkan dengan perubahan dalam praktik pertanian. Dan lebih dari 3 juta jiwa meninggal akibat kekurangan gizi setiap tahunnya.²¹

Bahkan pemanasan 2°C di atas suhu preindustri akan menyebabkan pola cuaca baru dengan konsekuensi global. Kenaikan variabilitas cuaca, episode ekstrem yang sering dan lebih intens

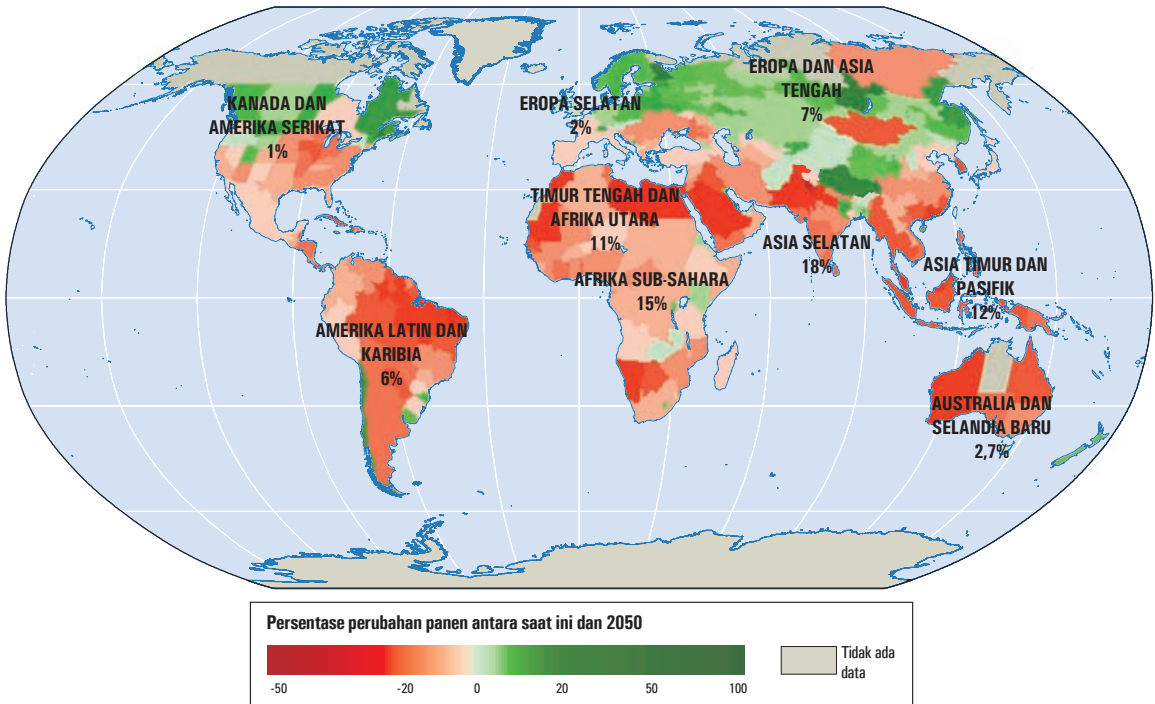
terjadi, dan paparan berlebih badai pasir akan menyebabkan meningkatnya risiko bencana dan dampak yang ireversibel. Sekitar 100 juta sampai 400 juta lebih penduduk akan menderita kelaparan.²² Dan 1 miliar sampai 2 miliar lebih penduduk tidak akan mempunyai cukup air untuk memenuhi kebutuhan mereka.²³

Negara-negara berkembang lebih terespos dan kurang berketahanan terhadap bencana iklim. Konsekuensi-konsekuensi ini akan terjadi secara tidak merata pada negara-negara berkembang. Pemanasan sebesar 2°C akan berakibat pada penurunan permanen sebesar 4–5 persen pada pendapatan tahunan per kapita di Afrika dan Asia Selatan,²⁴ dibandingkan dengan kerugian minimal di negara-negara berpendapatan tinggi dan kerugian sebesar 1 persen pada rata-rata global.²⁵ Kerugian ini akan berpengaruh pada pertanian, sektor perekonomian paling penting di Afrika dan Asia Selatan (Peta 1).

Diperkirakan negara-negara berkembang akan mengalami kerugian terbesar—sekitar 75–80 persen.²⁶ Beberapa faktor menjelaskan ini (Kotak 1). Negara berkembang secara khusus bergantung pada layanan ekosistem dan modal alam untuk produksi pada sektor yang sensitif terhadap iklim. Sebagian besar populasinya hidup di daerah terbuka dan kondisi ekonomi yang berbahaya. Dan kapasitas keuangan dan institusional mereka untuk beradaptasi sangatlah terbatas. Para pembuat kebijakan di beberapa negara berkembang telah mengamati bahwa dana pertumbuhan mereka sedang dipindahkan untuk mengatasi keadaan-keadaan darurat yang berhubungan dengan cuaca.²⁷

Negara berpendapatan tinggi juga akan terpengaruh bahkan oleh

Peta 1 Perubahan iklim akan menekan lahan pertanian di sebagian besar negara-negara pada 2050, berdasarkan praktik pertanian dan pola tanam saat ini



Sumber: Müller dkk 2009, World Bank 2008c

Catatan: Pewarnaan pada figur menunjukkan persentase terproyeksi perubahan panen pada 11 tanaman utama (gandum, padi, jagung, juwawut, kacang polong, bit gula, kentang, kacang kedelai, kacang tanah, bunga matahari, dan biji-bijian) dari 2046 hingga 2055, dibandingkan dengan 1996–2005. Perubahan nilai perubahan lahan merupakan rerata 3 skenario emisi dari 5 model iklim global, diasumsikan tidak ada penyubur CO₂ (kemungkinan pemicu pertumbuhan dan penggunaan air secara efisien dari konsentrasi kadar CO₂ tinggi). Nilai tersebut mengindikasikan pembagian PDB yang diperoleh dari pertanian untuk setiap wilayah. (Pembagian daerah Afrika Sub-Sahara adalah 23 persen jika tidak menyertakan Afrika Selatan). Area dampak negatif yang luas diproyeksikan di berbagai area yang memiliki ketergantungan tinggi terhadap pertanian.

pemanasan sedang. Memang benar, kerusakan per kapita sepertinya lebih tinggi di negara kaya sejak mereka bertanggung jawab terhadap 16 persen populasi dunia tetapi hanya akan menanggung sekitar 20–25 persen dari biaya dampak global. Akan tetapi kesejahteraan mereka yang begitu besar membuat mereka lebih mampu untuk menanggung dampaknya. Perubahan iklim akan menebarkan kerusakan di mana-mana—tetapi hal ini hanya akan menambah jurang antara negara-negara maju dan berkembang.

Pertumbuhan sangat dibutuhkan untuk pemulihan yang lebih besar tetapi tidak akan pernah mencukupi. Pertumbuhan ekonomi dibutuhkan untuk mengurangi kemiskinan dan ini adalah jantung

dari peningkatan ketahanan terhadap perubahan iklim di negara-negara miskin. Akan tetapi pertumbuhan sendiri bukanlah jawaban bagi iklim yang berubah. Pertumbuhan sepertinya tidak cukup cepat untuk membantu negara-negara yang lebih miskin, dan hal ini meningkatkan kerentanan terhadap bencana iklim (Kotak 2). Pertumbuhan juga tidak memadai untuk memastikan perlindungan untuk negara yang termiskin dan paling rentan. Pertumbuhan tidak menjamin bahwa institusi-institusi penting akan berfungsi dengan baik. Dan jika pertumbuhan tersebut bersifat padat-karbon, maka hal itu akan menyebabkan pemanasan lebih lanjut.

Namun, tidak ada alasan untuk berpikir bahwa jalur rendah karbon

KOTAK 1*Seluruh negara berkembang rentan pada dampak perubahan iklim—untuk alasan berbeda*

Masalah yang umum di negara-negara berkembang—terbatasnya sumber daya manusia dan finansial, institusi yang lemah—merupakan penyebab utama dari kerentanan mereka. Namun, faktor-faktor lainnya, berkaitan dengan sejarah dan geografis mereka, juga merupakan faktor yang signifikan.

Afrika Sub-Sahara menderita akibat kerentanan alamnya (dua pertiga daerahnya merupakan padang pasir atau lahan kering) dan ancaman mengalami kekeringan dan banjir, yang diperkirakan akan meningkat karena perubahan iklim. Ekonomi daerahnya sangat bergantung pada sumber daya alam. Biomassa menyumbang 80 persen pasokan energi utama domestiknya. Pertanian tadah hujan berkontribusi sebesar 23 persen pada PDB (tanpa menyertakan Afrika Selatan) dan merupakan mata pencaharian 70 persen populasinya. Infrastruktur yang lemah dan terbatas dapat membatasi upaya adaptasi, dengan simpanan air yang terbatas meskipun sumber dayanya melimpah. Malaria, yang menjadi pembunuh utama di daerah ini, semakin menyebar ke daerah-daerah tinggi yang sebelumnya aman.

Di **Asia Timur dan Pasifik**, salah satu pendorong utama dari kerentanan daerah ini adalah jumlah penduduk yang besar di sepanjang garis pantai dan pulau-pulau dataran rendah—lebih dari 130 juta jiwa di China, dan sekitar 40 juta, atau lebih dari setengah populasi totalnya, di Vietnam. Pendorong kedua adalah ketergantungan yang terus berlanjut, terutama di antara negara-negara yang lebih miskin, pada pertanian untuk pendapatan dan lapangan kerja. Ditambah dengan permintaan air yang terus naik—sebagai akibat dari pertumbuhan populasi, urbanisasi, dan degradasi lingkungan yang disebabkan oleh industrialisasi yang pesat—variabilitas yang lebih besar dan ekstrem akan menyulitkan pengelolaan. Di delta Sungai Mekong, musim hujannya menyebabkan curah hujan yang lebih intens, sementara musim kemaraunya bertambah panjang dua bulan. Faktor pendorong ketiga adalah perekonomian

daerahnya sangat bergantung pada sumber daya laut—nilai dari terumbu karang yang dirawat dengan baik adalah \$13 miliar di Asia Tenggara saja—yang sudah tertekan oleh polusi industri, pengembangan daerah pantai, penangkapan ikan yang berlebihan, dan limpasan pestisida pertanian dan nutrisi.

Kerentanan terhadap perubahan iklim di **Eropa Timur dan Asia Tengah** didorong oleh mismanajemen lingkungan yang diwariskan oleh Soviet dan keadaan infrastruktur daerah yang rusak. Misalnya: suhu yang naik dan curah hujan yang berkurang di Asia Tengah akan memperparah bencana lingkungan dari menghilangnya Laut Aral bagian Selatan (yang disebabkan oleh diversifikasi air untuk penanaman kapas di iklim gurun) sementara pasir dan garam dari dasar laut yang kering yang tertiuap ke arah gletser di Asia Tengah, mempercepat pencairan yang disebabkan oleh suhu yang lebih tinggi. Konstruksi infrastruktur yang parah, tidak terawat, dan menua—warisan era Soviet dan tahun-tahun transisi—tidaklah cocok untuk mengatasi badai, gelombang panas, atau banjir.

Ekosistem paling penting di **Amerika Latin dan Karibia** berada dalam ancaman. Pertama, gletser tropis Andes diperkirakan akan hilang, mengubah waktu dan intensitas ketersediaan air di beberapa negara, menyebabkan kekurangan air bagi kurang lebih 77 juta jiwa pada paling cepat tahun 2020 dan mengancam tenaga air, yang merupakan sumber dari setengah atau lebih pasokan listrik di sebagian besar negara-negara Amerika Selatan. Kedua, pemanasan dan pengasaman laut akan berakibat pada lebih seringnya kejadian pemutihan dan kemungkinan matinya terumbu karang di Karibia, yang menjadi tempat pemijahan dan tempat tinggal bagi sekitar 65 persen spesies ikan di teluk tersebut, yang menyediakan perlindungan alami dari gelombang badai, dan menjadi aset wisata yang penting. Ketiga, kerusakan pada lahan basah di Teluk Meksiko akan membuat daerah pantai tersebut lebih rentan terhadap badai yang lebih besar dan sering. Keempat, dampak yang paling

menghancurkan pada daerah tersebut adalah musnahnya hutan hujan Amazon, mengubah daerah-daerah luas menjadi savana, dengan konsekuensi yang berat bagi iklim daerah tersebut—dan bahkan dunia.

Air adalah sumber daya yang paling rentan di **Timur Tengah dan Afrika Utara**, daerah paling kering di dunia, di mana ketersediaan air per kapita diperkirakan berkurang setengahnya pada 2050, bahkan tanpa dampak perubahan iklim. Daerah tersebut mempunyai beberapa pilihan yang menarik untuk meningkatkan simpanan air, karena hampir 90 persen sumber daya air bersihnya disimpan dalam tempat penampungan air (reservoir). Meningkatnya kelangkaan air yang dikombinasikan dengan variabilitas yang lebih besar akan mengancam pertanian, yang bertanggung jawab pada 85 persen penggunaan air daerah tersebut. Kerentanan diperparah dengan konsentrasi padat penduduk dan aktivitas ekonomi di zona pantai rawan banjir dan oleh tekanan politik dan sosial yang dapat meningkatkan kelangkaan sumber daya.

Asia Selatan menderita akibat kurangnya dan menurunnya basis sumber daya akibat geografi ditambah dengan tingginya kemiskinan dan kepadatan populasi. Sumber daya air tampaknya akan terpengaruh oleh perubahan iklim melalui efeknya pada monsun, yang menyumbang 70 persen curah hujan tahunan selama periode empat bulan, maupun terhadap melelehnya gletser di Himalaya. Naiknya permukaan laut merupakan masalah selanjutnya di daerah tersebut, yang garis pantainya panjang dan padat populasi, lahan pertanian terancam intrusi air laut, dan banyaknya pulau dataran rendah. Pada skenario perubahan iklim yang lebih parah, kenaikan permukaan laut berakibat terhadap ancaman hidup yang akan menenggelamkan sebagian besar Republik Maladewa dan membanjiri 18 persen daratan Bangladesh.

Sumber: de la Torre, Fajnzylber, dan Nash 2008; World Bank 2007a; World Bank 2007c; World Bank 2008b; World Bank 2009b.

akan memperlambat laju pertumbuhan ekonomi: sebagian besar peraturan lingkungan diawali oleh ketakutan akan hilangnya lapangan kerja dan jatuhnya

perindustrian, hanya sedikit saja yang benar-benar terjadi.²⁸ Namun, jelas, ada harga yang harus dibayar untuk transisi ini, terutama dalam mengembangkan

teknologi dan infrastruktur rendah karbon untuk energi, transportasi, perumahan, perencanaan kota, dan pengembangan pedesaan. Dua argumen yang sering terdengar adalah biaya peralihan tidak dapat diterima mengingat kebutuhan mendesak untuk investasi lain di negara miskin, dan harus berhati-hati agar tidak mengorbankan kesejahteraan rakyat miskin hari ini untuk kepentingan generasi masa depan, yang kemungkinan lebih kaya. Ada kebenaran dalam kepedulian tersebut. Akan tetapi, intinya, alasan ekonomi yang kuat dapat dibuat untuk tindakan yang ambisius dalam perubahan iklim.

***Ekonomi perubahan iklim:
Mengurangi risiko iklim adalah
berharga***

Perubahan iklim memiliki biaya, apa pun kebijakan yang dipilih. Pengeluaran yang minim pada mitigasi akan berarti pengeluaran lebih untuk adaptasi dan menerima kerusakan yang lebih besar: biaya dari tindakan harus dibandingkan dengan biaya tanpa tindakan. Akan tetapi, seperti telah dijelaskan pada Bab 1, perbandingan menjadi rumit karena ketidakpastian pertimbangan mengenai teknologi yang akan tersedia di masa depan (termasuk ongkosnya), kemampuan masyarakat dan ekosistem untuk beradaptasi (pada harga berapa), tingkat kerusakan akibat peningkatan konsentrasi gas rumah kaca, dan suhu yang mungkin merupakan ambang batas atau melebihi titik ujung di mana dampak bencana terjadi (lihat Fokus Ilmu Perubahan Iklim). Perbandingan juga rumit dengan permasalahan distribusi atas waktu (mitigasi yang terjadi oleh satu generasi yang menghasilkan keuntungan untuk banyak generasi berikutnya) dan ruang (beberapa area lebih rentan dibandingkan lainnya, sehingga lebih

menyerupai dukungan untuk usaha agresif mitigasi global). Dan kerumitan berlanjut dengan pertanyaan mengenai bagaimana menilai kehilangan nyawa, mata pencaharian, dan jasa non-pasar seperti keragaman hayati dan jasa ekosistem.

Para ekonom mencoba keras untuk mengidentifikasi kebijakan iklim menggunakan analisis keuntungan biaya. Akan tetapi seperti digambarkan pada Kotak 3, hasilnya sensitif untuk sebagian asumsi mengenai ketidakpastian yang akan datang, dan untuk pilihan normatif yang menimbulkan permasalahan distribusi dan pengukuran. (Para optimis teknologi, yang mengharapkan perubahan iklim relatif sederhana dan terjadi bertahap sepanjang waktu, yang dengan berat memangkas apa yang terjadi di masa depan, akan membutuhkan tindakan seperlunya sekarang. Dan sebaliknya untuk para pesimis teknologi). Para ekonom melanjutkan ketidaksetujuan terhadap jalur karbon optimal secara ekonomi atau sosial. Akan tetapi terdapat beberapa persetujuan-persetujuan. Dalam model yang utama, keuntungan stabilisasi melebihi biaya-biaya pada pemanasan 2,5°C (meskipun tidak demikian pada 2°C).²⁹ Dan semua menyimpulkan bahwa bisnis-seperti-biasanya (berarti segalanya terus berlangsung seperti sekarang) ini berarti bencana.

Pendukung pengurangan emisi secara bertahap menyimpulkan bahwa target optimal—salah satu yang akan menghasilkan yang total biaya paling rendah (yaitu jumlah dampak dan biaya mitigasi)—dapat mencapai di atas 3°C.³⁰ Akan tetapi mereka yang memperhatikan bahwa biaya terpenting untuk menjaga pemanasan sekitar 2°C akan menjadi yang terendah, kurang dari setengah persen PDB (lihat Kotak 3). Dengan

KOTAK 2 *Pertumbuhan Ekonomi: Perlu, tetapi tidak mencukupi*

Negara-negara yang lebih kaya memiliki sumber daya yang lebih banyak untuk mengatasi dampak-dampak iklim, dan populasi yang lebih terpelajar dan lebih sehat berarti lebih tahan terhadap perubahan iklim. Namun, proses pertumbuhan dapat memperburuk kerentanan terhadap perubahan iklim, seperti pengambilan air yang berlebihan untuk pertanian, industri, dan konsumsi di provinsi-provinsi yang mudah terkena kekeringan di sekitar Beijing, dan juga seperti di Indonesia, Madagaskar, Thailand, dan daerah Pesisir Teluk A.S., di mana pohon-pohon bakau telah dibabat untuk membuka lahan peternakan udang dan pariwisata.

Pertumbuhan tidaklah cukup cepat bagi negara-negara berpendapatan rendah untuk membiayai perlindungan yang terjangkau bagi negara-negara kaya. Bangladesh dan Belanda adalah contoh negara-negara yang paling terpapar dampak kenaikan permukaan laut. Bangladesh sudah melakukan banyak upaya untuk mengurangi

kerentanan populasinya, dengan sistem peringatan dini untuk bahaya badai yang sangat efektif, dan program peramalan dan respons banjir dengan memanfaatkan ahli-ahli lokal dan internasional.³³ Namun, jangkauan adaptasi yang memungkinkan dibatasi oleh sumber daya—pendapatan per kapitanya hanyalah \$450. Sementara itu, pemerintah Belanda sedang merencanakan investasi hingga sebesar \$100 untuk masing-masing warga Belanda setiap tahunnya hingga seabat mendatang.³⁴ Dan bahkan Belanda, yang memiliki pendapatan per kapita 100 kali lipat Bangladesh, telah memulai program relokasi selektif yang jauh dari area dataran rendah karena perlindungan yang terus-menerus di semua tempat merupakan hal yang tidak terjangkau.

Sumber: Barbier dan Sathirathai 2004; Deltacommissie 2008; FAO 2007; Government of Bangladesh 2008; Guan dan Hubacek 2008; Karim dan Mimura 2008; Shalizi 2006; dan Xia, dkk. 2007.

kata lain, total biaya-biaya dari pilihan 2°C tidak lebih banyak dibandingkan total biaya dari ekonomi optimum yang ambisius. Mengapa? Sebagian karena penghematan dari sebagian kecil mitigasi diimbangi dengan biaya tambahan dari beberapa dampak atau pengeluaran adaptasi yang lebih tinggi.³¹ Dan sebagian karena yang perbedaan riil antara tindakan terhadap iklim yang sederhana dan yang ambisius berkaitan dengan biaya yang terjadi di masa depan, dengan bertahap terpankas secara drastis.

Ketidakpastian yang besar tentang potensi kerugian yang berhubungan dengan perubahan iklim dan kemungkinan risiko malapetaka mungkin dijelaskan sebelumnya dan tindakan yang lebih agresif akan lebih disarankan ketimbang analisis biaya-manfaat yang sederhana. Jumlah penting

ini bisa dimengerti sebagai premi asuransi untuk memelihara perubahan iklim pada apa yang disebut oleh pada ilmuwan sebagai zona aman.³² Pengeluaran yang kurang dari setengah persen dari PDB sebagai “asuransi iklim” akan menjadi awal yang baik dan dapat diterima secara sosial: dunia menghabiskan 3 persen PDB global pada asuransi saat ini.³³

Akan tetapi di luar pertanyaan tentang “asuransi iklim” adalah pertanyaan tentang apa kekuatan yang mungkin menjadi hasil biaya mitigasi—dan kebutuhan keuangan perusahaan. Di masa pertengahan, taksiran biaya-biaya mitigasi pada negara-negara berkembang berkisar antara \$140 miliar dan \$175 miliar per tahun hingga 2030. Hal ini menunjukkan biaya tambahan berhubungan dengan skenario bisnis secara umum (Tabel 1).

Keperluan pembiayaan akan menjadi lebih tinggi, bagaimanapun, sebanyak penghematan yang diperoleh dari menurunkan biaya operasi digabungkan dengan energi dapat diperbarui dan efisiensi energi yang berupa lembur. McKinsey, sebagai contoh, memperkirakan bahwa ketika biaya tambahan pada 2030 akan menjadi \$175 miliar, investasi mendatang yang diperlukan akan mencapai \$563 miliar lebih dan di atas kebutuhan investasi bisnis-seperti-biasanya (*business-as-usual*). McKinsey menghubungkan jumlah ini dengan perkiraan kasar penambahan 3 persen pada investasi global bisnis-seperti-biasanya, dan sepertinya masih berada di dalam kapasitas pasar keuangan global.³⁴ Bagaimanapun, pembiayaan secara historis menjadi suatu kendala di negara-negara berkembang, mengakibatkan kurangnya investasi pada infrastruktur seperti pada terjadinya bias pemilihan

KOTAK 3 Harga “Asuransi Cuaca”

Hof, den Elzen, dan van Vuuren menelaah sensitivitas sasaran iklim optimal terhadap asumsi-asumsi mengenai horizon waktu, sensitivitas iklim (banyaknya pemanasan yang bersesuaian dengan berlipatgandanya konsentrasi gas rumah kaca dari tingkat praindustri), biaya mitigasi, seperti kerusakan, dan tingkat diskon. Untuk melakukan hal itu, mereka melakukan model penilaian terintegrasinya (FAIR), memvariasi pengaturan model di sepanjang rentang asumsi yang ditemukan dalam literatur, terutama yang terhubung dengan dua ekonom ternama: Nicholas Stern, yang mendukung aksi awal dan ambisius; dan William Nordhaus, yang mendukung pendekatan secara bertahap terhadap mitigasi iklim.

Tidak mengejutkan, model mereka menghasilkan target optimal yang sangat berbeda bergantung pada asumsi mana yang digunakan. (Target optimal didefinisikan sebagai konsentrasi yang dapat mengakibatkan reduksi terendah pada nilai konsumsi global saat ini.) “Asumsi Stern” (yang menyertakan sensitivitas iklim yang relatif tinggi dan kerusakan iklim, dan horizon waktu yang lama dikombinasikan dengan tingkat diskon yang rendah dan biaya mitigasi) menghasilkan puncak konsentrasi optimum CO₂e sebesar 540 bagian per sejuta (bpj). “Asumsi Nordhaus” (yang mengasumsikan sensitivitas iklim yang rendah dan kerusakan, dan horizon waktu yang lebih pendek, serta tingkat diskon yang lebih tinggi) menghasilkan nilai optimum sebesar 750 bpj. Pada kedua kasus, biaya adaptasi menyertakan secara implisit fungsi kerusakan iklim.

Figur menunjukkan biaya terendah untuk stabilisasi konsentrasi atmosfer pada rentang 500 sampai 800 bpj untuk asumsi Stern dan Nordhaus (dilaporkan sebagai perbedaan antara model nilai

konsumsi saat ini dengan nilai konsumsi dunia saat ini yang akan dinikmati tanpa perubahan iklim). Bukti kunci pada figur tersebut adalah kedataran relatif kurva hilangnya konsumsi pada sebagian besar konsentrasi puncak CO₂e. Akibatnya, berpindah dari konsentrasi puncak 750 bpj CO₂e ke 550 bpj pada kehilangan kecil konsumsi (0,3 persen) dengan asumsi Nordhaus. Dengan demikian, hasil ini menyarankan bahwa biaya mitigasi pencegahan sampai 550 bpj adalah kecil. Dengan asumsi Stern, target 550 bpj yang menghasilkan keuntungan pada nilai konsumsi saat ini sekitar 0,5 persen relatif terhadap target 750 bpj.

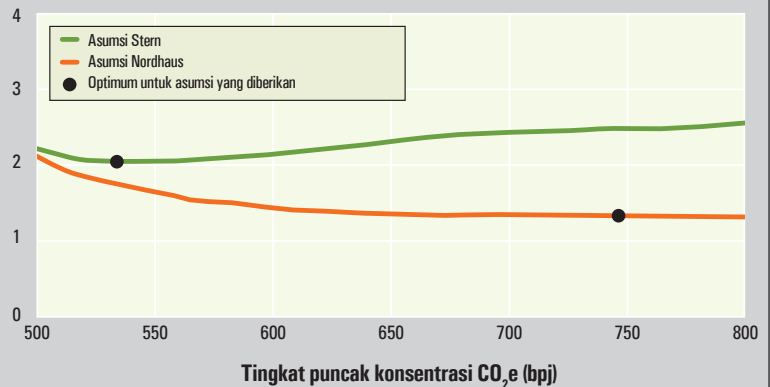
Motivasi yang kuat untuk memilih target konsentrasi puncak yang lebih rendah adalah

untuk mengurangi risiko hasil-hasil berbahaya yang diakibatkan pemanasan global. Dari perspektif ini, biaya untuk pindah dari target konsentrasi puncak CO₂e yang tinggi ke sasaran yang lebih rendah dapat dianggap sebagai biaya asuransi iklim—besarnya kekayaan dunia yang akan dikorbankan untuk mengurangi risiko bencana. Analisis Hof, den Elzen, dan van Vuuren menyatakan bahwa biaya asuransi iklim adalah memungkinkan di bawah pengaruh banyak asumsi mengenai sistem iklim dan biaya mitigasi perubahan iklim.

Sumber: Hof, den Elzen, dan van Vuuren 2008.

Melihat pada pertukaran: Hilangnya konsumsi relatif terhadap dunia tanpa pemanasan untuk puncak-puncak konsentrasi CO₂e yang berbeda

Pengurangan dari nilai konsumsi masa kini (persen)



Sumber: Diadaptasi dari Hof, den Elzen, dan van Vuuren 2008, Figur 10.

Catatan: Kurva tersebut menunjukkan persentase hilangnya nilai konsumsi masa kini relatif terhadap apa yang akan terjadi dengan iklim yang konstan, sebagai fungsi target puncak konsentrasi CO₂e. “Asumsi Stern” dan “Asumsi Nordhaus” merujuk pada pilihan tentang nilai parameter kunci model yang dijelaskan pada teks. Tanda titik menunjukkan nilai optimum untuk setiap pengaturan, di mana optimum didefinisikan sebagai konsentrasi gas rumah kaca yang akan meminimalisasi kehilangan konsumsi global yang diakibatkan oleh penjumlahan biaya mitigasi dan dampak kerusakan.

energi dengan biaya di muka yang lebih rendah, bahkan ketika pilihan tersebut akhirnya meningkatkan biaya keseluruhan. Pencarian mekanisme pembiayaan yang sesuai seharusnya menjadi prioritas.

Bagaimana dengan jangka waktu yang lebih panjang? Biaya-biaya mitigasi

akan meningkat dari waktu ke waktu sesuai dengan pertumbuhan populasi dan kebutuhan energi—demikian juga dengan pendapatan. Sebagai hasilnya, nilai biaya mitigasi global saat ini hingga 2100 adalah diharapkan untuk berada di bawah 1 persen dari PDB global, dengan taksiran yang berkisar antara 0,3

persen dan 0,7 persen (Tabel 2). Biaya mitigasi negara-negara berkembang akan menyajikan suatu pembagian yang lebih tinggi dari PDB milik mereka sendiri, bagaimanapun, berkisar antara 0,5 dan 1,2 persen.

Ada jauh lebih sedikit taksiran investasi kebutuhan adaptasi, dan taksiran yang ada belum sebanding. Beberapa hanya menekankan pada dana perlindungan iklim dari proyek bantuan asing. Lainnya hanya menyertakan sektor-sektor tertentu. Sangat sedikit yang mencoba menekankan pada kebutuhan

negara secara keseluruhan (lihat Bab 6). Studi World Bank yang terbaru yang mencoba untuk mengatasi permasalahan ini menyarankan bahwa kebutuhan investasi dapat berkisar antara \$75 miliar dan \$100 miliar per tahun hanya di negara-negara berkembang.³⁵

Dunia cerdas iklim dapat tercapai jika kita bertindak sekarang, bertindak bersama, dan bertindak secara berbeda

Bahkan jika biaya tambahan untuk mengurangi risiko iklim tergolong kecil dan kebutuhan investasi jauh dari tercukupi, menstabilkan pemanasan pada kisaran 2°C di atas suhu pada masa praindustri adalah hal yang sangat ambisius. Pada 2050, emisi sekurangnya menjadi 50 persen di bawah level pada tahun 1990 dan haruslah nol atau negatif pada 2100 (Figur 5). Untuk itu akan diperlukan usaha yang segera dan besar-besaran (Herculean effort): dalam 20 tahun mendatang emisi global harus menurun dibandingkan dengan jalur bisnis-seperti-biasanya, dengan jumlah yang emisi yang ekuivalen dengan total emisi dari negara-negara berpendapatan tinggi saat ini. Sebagai tambahan, bahkan pemanasan 2°C juga akan memerlukan adaptasi yang berbiaya—mengubah jenis risiko yang harus siap dihadapi oleh penduduk; di mana mereka tinggal; apa yang mereka makan; dan cara mereka merancang, mengembangkan, dan mengatur agroekologi dan sistem perkotaan.³⁶

Maka tantangan mitigasi maupun adaptasi bersifat substansial. Akan tetapi hipotesis dari Laporan ini adalah bahwa tantangan-tantangan tersebut dapat dihadapi melalui kebijakan cerdas iklim yang memerlukan tindakan sekarang, tindakan bersama-sama (atau serentak),

Tabel 1 Biaya tambahan mitigasi dan kebutuhan pembiayaan untuk jalur 2°C: Apa yang akan diperlukan untuk negara-negara berkembang sampai 2030? \$2005 konstan

Model	Biaya mitigasi	Kebutuhan pembiayaan
IEA ETP		565
McKinsey	175	563
MESSAGE		264
MiniCAM	139	
REMIND		384

Sumber: IEA ETP 2008; IEA 2008c; McKinsey: McKinsey & Company 2009 dan data tambahan yang disediakan oleh McKinsey (J. Dinkel) untuk 2030, menggunakan nilai tukar dollar ke euro, yaitu \$1,25 ke €1; MESSAGE: IASA 2009 dan data tambahan yang disediakan oleh V. Krey; MiniCAM: Edmonds dkk. 2008 dan data tambahan yang disediakan oleh J. Edmonds dan L. Clarke; REMIND: Knopf dkk., akan terbit dan data tambahan yang disediakan oleh B. Knopf.
Catatan: Baik biaya mitigasi dan kebutuhan pembiayaan terkait adalah tambahan relatif terhadap acuan bisnis-seperti-biasanya (*business-as-usual baseline*). Semua perkiraannya adalah untuk stabilisasi gas rumah kaca pada 450 bpj CO₂e yang akan memberikan peluang sebesar 40–50 persen untuk bertahan pada pemanasan di bawah 2°C pada 2100 (Schaeffer dkk. 2008, Hare dan Meinshausen 2006). IEA ETP adalah model yang dikembangkan oleh International Energy Agency, dan McKinsey adalah metodologi kepemilikan yang dikembangkan oleh McKinsey & Company; MESSAGE, MiniCAM, dan REMIND masing-masing adalah model pasangan-tinjauan (*peer-reviewed model*) dari International Institute for Applied System Analysis, the Pacific Northwest Laboratory, dan the Postdam Institute for Climate Impact Research. McKinsey menyertakan semua sektor; model lainnya hanya menyertakan usaha mitigasi pada sektor energi. MiniCAM melaporkan \$168 miliar untuk mitigasi pada 2035, pada dollar konstan, 2000; figur ini telah diinterpolasi untuk 2030 dan dikonversi dengan nilai dollar pada 2005.

Tabel 2 Dalam jangka panjang, apakah akan bernilai? Nilai terkini dari biaya mitigasi hingga 2100

Model	Nilai biaya mitigasi saat ini sampai 2100 untuk 450 bpj CO ₂ e (% PDB)	
	Dunia	Negara-negara berkembang
DICE	0,7	
FAIR	0,6	
MESSAGE	0,3	0,5
MiniCAM	0,7	1,2
PAGE	0,4	0,9
REMIND	0,4	

Sumber: DICE: Nordhaus 2008 (diestimasi dari Tabel 5.3 dan Figur 5.3); FAIR: Hof, den Elzen, dan van Vuuren 2008; MESSAGE: IASA 2009; MiniCAM: Edmonds dkk. 2008 dan komunikasi pribadi; PAGE: Hope 2009 dan komunikasi pribadi; REMIND: Knopf dkk, akan terbit.
Catatan: DICE, FAIR, MESSAGE, MiniCAM, PAGE, dan REMIND adalah model pasangan-tinjauan (*peer-reviewed model*). Perkiraan adalah untuk stabilisasi gas rumah kaca pada 450 bpj CO₂e, di mana akan menghasilkan 40–50 persen peluang untuk memastikan pemanasan di bawah 2°C (Schaeffer dkk. 2008, Hare dan Meinshausen 2006). Hasil model FAIR melaporkan pengurangan biaya menggunakan pengaturan rendah (lihat Tabel 3 pada Hof, den Elzen, dan van Vuuren 2008).

dan bertindak dengan cara yang berbeda. Bertindak sekarang, oleh karena inersia yang luar biasa di pada sistem iklim dan ekonomi-sosial. Bertindak bersama-sama (global), untuk menjaga biaya-biaya agar tetap rendah dan melindungi yang paling rentan. Dan bertindak dengan cara yang berbeda, karena sebuah dunia cerdas iklim memerlukan transformasi pada energi kita, produksi makanan, dan sistem manajemen risiko.

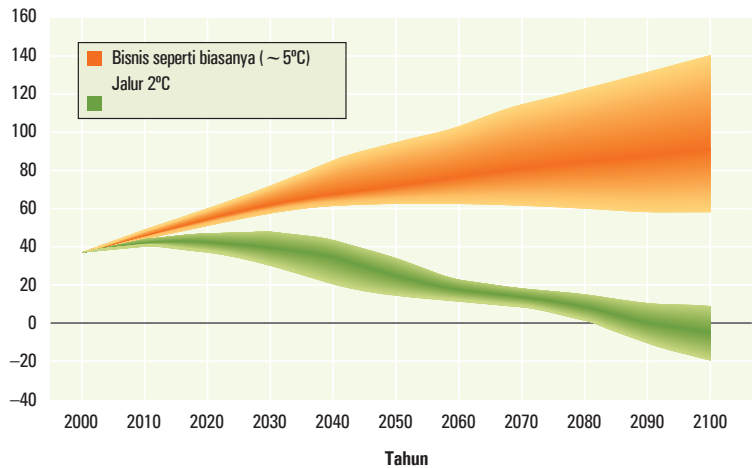
Bertindak sekarang: inersia berarti tindakan sekarang akan menentukan pilihan masa depan

Sistem iklim menunjukkan inersia yang substansial (Figur 6). Konsentrasi bergerak lebih lambat daripada reduksi emisi: CO₂ tetap berada di atmosfer selama beberapa dekade bahkan berabad-abad, sehingga penurunan emisi membutuhkan waktu untuk memengaruhi konsentrasi. Suhu bergerak lebih lambat daripada konsentrasi: suhu akan terus naik selama beberapa abad setelah konsentrasinya stabil. Dan permukaan laut bergerak lebih lambat daripada penurunan suhu: ekspansi termal dari lautan akibat naiknya suhu akan bertahan selama seribu tahun atau lebih sementara kenaikan permukaan laut akibat melelehnya es dapat bertahan hingga beberapa milenium.³⁷

Dengan demikian, dinamika sistem iklim membatasi seberapa besar mitigasi yang akan datang dapat disubstitusikan untuk upaya-upaya yang dilakukan sekarang. Contohnya, menstabilkan iklim sekitar 2°C (sekitar 450 bpi CO₂e) akan memerlukan emisi global untuk mulai turun secepatnya pada kira-kira 1,5 persen tiap tahun. Keterlambatan lima tahun harus di atasi oleh penurunan emisi yang lebih cepat. Dan keterlambatan yang lebih lama lagi tidak akan dapat ditangani: keterlambatan sepuluh tahun

Figur 5 Jalan maju tampak seperti apa? Dua di antara banyak pilihan: Bisnis seperti biasa atau mitigasi agresif

Total total emisi global tahunan yang terproyeksi (GtCO₂e)



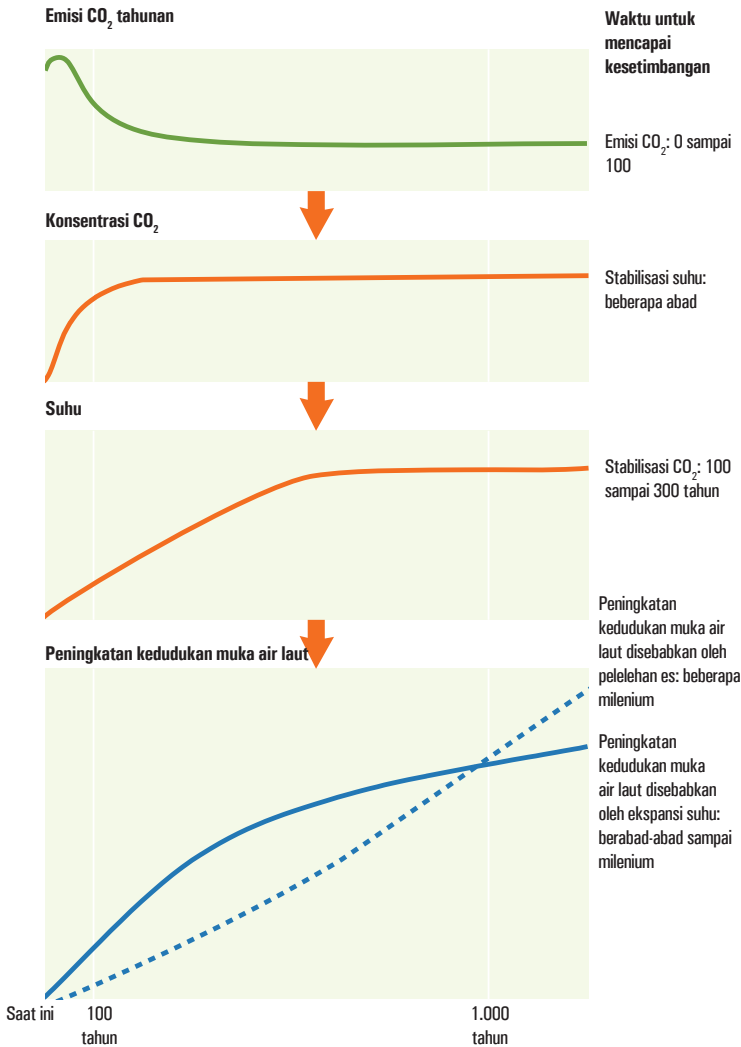
Sumber: Clarke dkk., akan terbit.

Catatan: Jalur atas menunjukkan rentang estimasi beberapa model emisi (GTEM, IMAGE, MESSAGE, MiniCAM) berdasarkan skenario bisnis-seperti-biasa. Jalur bawah menunjukkan jalur emisi yang dapat mencapai konsentrasi CO₂e sebesar 450 bpi (dengan peluang 50 persen untuk membatasi pemanasan di bawah 2°C). Emisi gas rumah kaca termasuk CO₂, CH₄, dan N₂O. Emisi negatif (yang diperlukan untuk jalur 2°C) mengimplikasikan bahwa tingkat emisi tahunan lebih rendah dibandingkan dengan tingkat penyerapan dan penyimpanan karbon melalui proses alami (misalnya, pertumbuhan tanaman) dan proses rekayasa (misalnya, menumbuhkan biofuel dan membakarnya, sequestrisasi CO₂ bawah tanah). GTEM, IMAGE, MESSAGE, dan MiniCAM adalah model penilaian terintegrasi dari Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics, the Netherlands Environmental Assessment Agency, International Institute of Applied System Analysis, dan Pacific Northwest National Laboratory.

dalam mitigasi akan membuat kita mustahil untuk mencegah pemanasan melebihi 2°C.³⁸

Inersia juga terdapat pada lingkungan yang terbangun, membatasi fleksibilitas dalam mengurangi gas rumah kaca atau merancang respons-respons adaptasi. Investasi infrastruktur bersifat terlalu terkelompok, terkonsentrasi pada waktu alih-alih tersebar merata.³⁹ Infrastruktur juga bertahan lama: 15–40 tahun untuk pabrik dan pembangkit listrik, 40–75 tahun untuk jalan, rel, dan jaringan distribusi listrik. Keputusan bentuk tata guna lahan dan kota—struktur dan kepadatan kota—berdampak lebih dari satu abad. Dan infrastruktur yang bertahan lama memicu investasi pada modal yang bersesuaian (mobil untuk kota berkepadatan rendah; panas dari gas dan kapasitas pembangkit listrik sebagai respons terhadap pipa-pipa gas), mengunci perekonomian ke dalam pola-pola gaya hidup dan konsumsi energi.

Figur 6 Dampak iklim berjangka panjang: Kenaikan suhu dan kedudukan muka laut diasosiasikan dengan konsentrasi tinggi CO₂



Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia berdasarkan IPCC 2001.

Catatan: Figur yang diolah; nilai pada masing-masing panel dimaksudkan untuk tujuan ilustrasi.

Inersia dalam modal fisik sama sekali tidak memengaruhi sistem iklim dan kurang lebih dapat memengaruhi biaya alih-alih kemungkinan tercapainya tujuan emisi tertentu—tetapi hal ini tetap substansial. Kesempatan untuk beralih dari modal berkarbon tinggi ke yang berkarbon rendah tidak terdistribusi merata tepat waktu.⁴⁰ China diharapkan untuk menggandakan cadangan bangunannya antara tahun 2000 hingga 2015. Dan pembangkit listrik bertenaga batu bara yang diajukan di seluruh dunia selama 25 tahun ke depan sangat

banyak sampai-sampai emisi CO₂ selama hidupnya akan sama dengan semua aktivitas pembakaran batu bara sejak awal era industri.⁴¹ Hanya fasilitas yang dekat dengan situs penyimpanan saja yang dapat diperbaiki untuk penangkapan dan penyimpanan karbon (jika dan ketika teknologi tersebut telah tersedia secara komersial: lihat Bab 4 dan 7). Menutup pabrik-pabrik ini sebelum habis masa gunanya—jika perubahan dalam iklim memaksa tindakan tersebut—akan menghabiskan dana yang banyak sekali.

Inersia juga merupakan faktor dalam penelitian dan pengembangan (R&D) serta penyebaran teknologi baru. Sumber energi baru secara historis membutuhkan waktu sekitar 50 tahun untuk mencapai setengah dari potensinya.⁴² Investasi substansial dalam R&D di masa sekarang diperlukan untuk memastikan bahwa teknologi baru akan dapat diakses dan menembus pasar dengan cepat dalam waktu yang tidak lama lagi. Hal ini akan memerlukan tambahan \$100 miliar sampai \$700 miliar per tahun.⁴³ Inovasi juga diperlukan dalam transportasi, bangunan, manajemen air, perancangan kota, dan banyak sektor lainnya yang dipengaruhi oleh perubahan iklim—jadi inovasi juga merupakan masalah penting bagi adaptasi.

Inersia juga terdapat dalam perilaku individu dan organisasi. Selain kepedulian publik, perilaku tidak berubah banyak. Teknologi efisien energi yang tersedia yang efektif dan bersifat swadaya tidaklah didopsi. R&D dalam sumber daya yang dapat diperbarui tidak didanai dengan memadai. Para petani menghadapi masalah pengairan berlebih pada tanaman mereka, yang akhirnya memengaruhi penggunaan energi, karena energi merupakan masukan yang

besar dalam persediaan dan penanganan air. Bangunan-bangunan terus berada di daerah yang rentan bahaya, dan infrastruktur terus dirancang untuk bertahan dengan iklim pada masa lalu.⁴⁴ Mengubah perilaku serta tujuan dan standar organisasi adalah hal yang sulit dan biasanya lambat, tetapi pernah dilakukan sebelumnya (Bab 8).

Bertindakan bersama-sama:

Untuk kesetaraan dan efisiensi

Aksi kolektif diperlukan secara efektif untuk menangkal perubahan iklim dan mengurangi biaya-biaya mitigasi.⁴⁵ Ini juga penting untuk memfasilitasi adaptasi, khususnya melalui manajemen risiko yang lebih baik dan jaring keselamatan untuk melindungi yang paling rentan.

Untuk menjaga biaya tetap rendah dan terdistribusi merata. Keterjangkauan bergantung pada mitigasi yang dilakukan dengan efektif biaya. Ketika pengestimasian biaya mitigasi dijelaskan sebelumnya, pembuat model mengasumsikan bahwa pengurangan emisi gas rumah kaca terjadi kapanpun dan di manapun biayanya paling murah. *Di manapun* berarti mengupayakan efisiensi energi yang lebih tinggi dan mencari cara-cara berbiaya rendah lainnya untuk memitigasi di negara atau sektor manapun ketika muncul kesempatan. *Kapanpun* berarti ketepatan dalam investasi pada peralatan baru, infrastruktur, atau proyek pertanian dan kehutanan untuk meminimalkan biaya dan menjaga agar perekonomian tidak terkunci pada kondisi karbon tinggi yang nantinya akan menjadi sangat mahal untuk diubah. Melonggarkan peraturan kapanpun, di manapun—seperti yang akan perlu terjadi di dunia nyata, khususnya jika tidak ada harga

karbon global—akan meningkatkan biaya mitigasi secara dramatis.

Implikasinya adalah terdapat keuntungan yang besar untuk upaya global—dalam hal ini, para analis telah bersepakat. Jika negara atau kelompok negara manapun tidak melakukan mitigasi, maka yang lainnya harus memilih pilihan biaya mitigasi yang lebih mahal untuk mencapai sasaran global yang ditentukan. Sebagai contoh, dengan satu perkiraan, absennya Amerika Serikat, yang bertanggung jawab terhadap 20 persen emisi dunia, dalam Protokol Kyoto meningkatkan biaya pencapaian sasaran awal sekitar 60 persen.⁴⁶

Pemerataan dan efisiensi diperdebatkan untuk mengembangkan instrumen finansial yang memisahkan siapa yang mendanai mitigasi berdasarkan tempat kejadiannya. Jika tidak, potensi mitigasi yang substansial di negara-negara berkembang (pengurangan emisi sebanyak 65–70 persen, menambahkan sekitar 45–70 investasi mitigasi global pada 2030)⁴⁷ tidak akan sepenuhnya bermanfaat, secara substansial meningkatkan biaya pencapaian target yang telah ditentukan. Secara ekstrem, kekurangan pendanaan yang berakibat pada penundaan mitigasi di negara-negara berkembang hingga 2020 dapat lebih dari sekadar menggandakan biaya penstabilan di kisaran 2°C.⁴⁸ Dengan biaya mitigasi yang diperkirakan bertambah sebesar \$4 triliun sampai 25 triliun⁴⁹ selama abad mendatang, kerugian yang diimplikasikan oleh penundaan tersebut sangatlah besar hingga terdapat keuntungan ekonomi yang jelas bagi negara-negara berpendapatan tinggi yang berkomitmen untuk membatasi perubahan iklim yang berbahaya untuk mendanai tindakan awal di negara-negara berkembang.⁵⁰ Lebih umumnya,

biaya total mitigasi dapat sangat dikurangi melalui mekanisme pendanaan karbon yang berkinerja baik, transfer dana, dan sinyal harga yang membantu perkiraan hasil yang diproduksi oleh asumsi kapanpun, di manapun.

Untuk mengatur risiko dengan lebih baik dan melindungi yang termiskin.

Pada banyak tempat sebelumnya, risiko-risiko yang tidak biasa menjadi semakin tersebar luas. Misalnya banjir, sebelumnya jarang tetapi sekarang terus meningkat secara umum, di Afrika dan angin topan pertama yang pernah terekam di Atlantik Selatan, yang menghantam Brazil dalam 2004.⁵¹ Pengurangan risiko bencana—melalui sistem peringatan dini berbasis masyarakat, pemantauan iklim, infrastruktur lebih aman, dan memperkuat dan menetapkan kode etik bangunan dan wilayah, bersamaan dengan pengukuran lainnya—menjadi lebih penting di dalam perubahan iklim. Keuangan dan inovasi-inovasi kelembagaan dapat juga membatasi risiko kepada kesehatan dan mata pencarian. Hal ini perlukan tindakan domestik—tetapi tindakan domestik akan sangat ditingkatkan jika itu didukung oleh keuangan internasional dan berbagai praktik terbaik.

Akan tetapi seperti yang dibahas pada Bab 2, memperkecil risiko secara aktif tidak akan pernah cukup karena akan selalu ada suatu risiko sampingan yang juga harus diatur melalui mekanisme kesiapan dan respons yang lebih baik. Implikasinya adalah bahwa pembangunan mungkin harus dilakukan dengan cara yang berbeda, dengan banyak penekanan yang lebih besar pada risiko iklim dan cuaca. Kerja sama internasional dapat membantu, misalnya, melalui usaha-usaha penyatuan untuk memperbaiki hasil informasi iklim dan ketersediaannya

secara lebih luas (lihat Bab 7) dan melalui berbagi praktik-praktik terbaik untuk mengatasi perubahan dan variabel iklim lebih banyak.⁵²

Asuransi adalah instrumen lain untuk mengatur risiko sampingan, tetapi instrumen tersebut mempunyai keterbatasannya sendiri. Risiko iklim meningkat di sepanjang tren dan cenderung untuk memengaruhi seluruh kawasan atau kelompok penduduk yang besar secara serempak, membuatnya sulit untuk diasuransikan. Dan bahkan dengan asuransi, kerugian-kerugian yang berhubungan dengan kejadian bencana (seperti banjir yang menyebar luas atau kekeringan yang parah) tidak bisa secara penuh diserap oleh individu, masyarakat-masyarakat, dan sektor swasta. Di suatu iklim yang mudah berubah, pemerintah-pemerintah akan semakin menjadi *insurers of last resort* (tempat peminjaman terakhir) dan mempunyai tanggung jawab implisit untuk mendukung pemulihan dan rekonstruksi bencana. Hal ini mensyaratkan bahwa pemerintah melindungi likuiditas mereka sendiri saat krisis, terutama negara-negara yang lebih miskin dan lebih kecil yang secara finansial rentan terhadap dampak perubahan iklim: Angin topan Ivan menyebabkan kerusakan yang sebanding dengan 200 persen PDB Grenada.⁵³ Memiliki dana segar yang tersedia untuk mengawali rehabilitasi dan proses pemulihan mengurangi efek susulan bencana pada pembangunan.

Fasilitas-fasilitas multinegara dan asuransi ulang dapat membantu. Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility (Fasilitas Asuransi Risiko Bencana Karibian) menyebarkan risiko di antara 16 negara-negara Karibian, memanfaatkan asuransi ulang pasar untuk menyediakan likuiditas bagi

pemerintah dengan cepat, mengikuti angin topan dan gempa bumi yang menghancurkan.⁵⁴ Fasilitas-fasilitas tersebut mungkin memerlukan bantuan dari masyarakat internasional. Secara umum, negara-negara berpendapatan tinggi mempunyai suatu peran penting dalam memastikan negara berkembang itu mempunyai waktu akses yang tepat pada sumber daya yang diperlukan ketika kejutan menghantam, baik dengan mendukung fasilitas-fasilitas tersebut atau melalui penetapan langsung pendanaan darurat.

Akan tetapi pembiayaan asuransi dan keadaan darurat hanyalah satu bagian dari suatu kerangka manajemen risiko yang lebih luas. Kebijakan-kebijakan sosial akan menjadi lebih penting dalam membantu penduduk mengatasi ancaman pada mata pencaharian mereka dengan gigih. Kebijakan sosial mengurangi kerentanan sosial dan ekonomi terhadap perubahan iklim. Populasi yang sehat dan terdidik dengan baik dengan akses pada perlindungan sosial dapat mengatasi keterkejutan iklim dan perubahan iklim dengan baik. Kebijakan-kebijakan perlindungan sosial perlu diperkuat saat mereka ada, dikembangkan saat mereka sedang kekurangan, dan dirancang sehingga mereka dapat diperluas dengan cepat setelah terjadinya suatu kejutan.⁵⁵ Pembuatan jaring pengaman sosial di negara-negara yang belum mempunyai jaringan semacam itu adalah penting, dan Bangladesh menunjukkan bagaimana hal itu dapat dilaksanakan bahkan di dalam negara-negara yang sangat miskin (Kotak 4). Para agen pembangunan bisa membantu menyebarkan model jaringan keselamatan sosial yang berhasil dan menyesuaikannya dengan kebutuhan yang dibentuk oleh iklim yang berubah.

KOTAK 4

Jaring pengamanan: Dari dukungan pendapatan hingga pengurangan kerentanan terhadap perubahan iklim

Bangladesh memiliki sejarah yang panjang dalam bencana badai dan banjir, yang kemungkinan akan semakin sering. Pemerintahnya memiliki jaring pengaman yang dapat disesuaikan dengan cukup mudah untuk merespons efek-efek perubahan iklim. Contoh yang paling baik adalah program bantuan pangan untuk kelompok yang rentan (*vulnerable-group feeding program*), program pangan-untuk-kerja (*food-for-work program*), dan program penjaminan pekerjaan baru (*the new employment guarantee program*).

Program bantuan pangan untuk kelompok yang rentan berjalan terus-menerus dan biasanya mencakup lebih dari 2 juta rumah tangga. Namun, program tersebut dirancang agar dapat ditingkatkan untuk merespons suatu krisis: setelah badai pada 2008, program tersebut diperluas hingga mencapai 10 juta rumah tangga. Pembidikan sasaran, yang dilakukan oleh pemerintah lokal tingkat terendah dan dipantau oleh tingkat administrasi terendah, dianggap telah cukup baik.

Program pangan-untuk-kerja, yang normalnya berjalan selama musim paceklik, ditingkatkan selama masa-masa darurat. Program tersebut juga dijalankan dengan kolaborasi pemerintah lokal, tetapi manajemen programnya telah disubkontrakkan pada LSM. LSM di sebagian besar negara tersebut. Pekerja yang datang ke tempat kerja rata-rata diberi pekerjaan, tetapi biasanya tidak terdapat cukup pekerjaan untuk semua pekerja yang datang, sehingga pekerjaannya dibagi-bagi secara rotasi.

Program penjaminan pekerjaan baru disediakan bagi mereka yang tidak memiliki cara lain untuk mendapatkan pendapatan (termasuk akses ke jaringan pengaman yang lain) dengan masa kerja hingga 100 hari dengan honor yang disesuaikan dengan pendapatan pada musim paceklik. Elemen penjaminannya memastikan bahwa mereka yang membutuhkan bantuan akan mendapatkannya. Jika pekerjaan tidak dapat disediakan, pekerja diberi honor penuh selama 40 hari dan kemudian setengah honor selama 60 hari.

Program-program Bangladesh dan program-program lainnya di India, Nepal, dan tempat-tempat lain memberikan banyak pelajaran. Respons yang segera memerlukan akses yang segera pada dana, aturan target untuk mengidentifikasi mereka yang membutuhkan—kaum miskin kronis atau mereka yang hanya sementara membutuhkannya—dan prosedur yang disetujui sebelum guncangan terjadi. Sebuah portofolio mengenai proyek “siapa secepat” dapat diidentifikasi sebagai sesuatu yang secara khusus relevan terhadap meningkatnya ketahanan (simpanan air, sistem irigasi, reforestasi, dan perbankan, yang dapat merangkap sebagai jalan di daerah-daerah rendah). Namun, pengalaman dari India dan Bangladesh menyarankan perlunya panduan dari profesional (teknisi) dalam seleksi, perancangan, dan implementasi kerja publik—dan untuk peralatan dan pasokan.

Sumber: Dikontribusi oleh Qaiser Khan.

Untuk memastikan makanan dan air yang memadai untuk semua negara.

Tindakan internasional adalah penting untuk mengatur tantangan keamanan air dan makanan yang disebabkan oleh kombinasi perubahan iklim dan tekanan populasi—bahkan dengan produktivitas pertanian yang diperbaiki dan efisiensi penggunaan air. Seperlima sumber daya air tawar dunia yang terbarukan

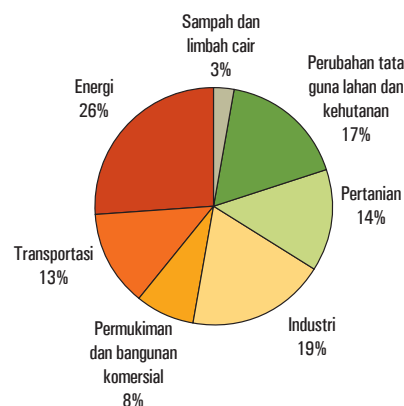
dibagikan bersama di antara negara-negara.⁵⁶ Termasuk 261 alur sungai lintas batas, rumah untuk 40 persen penduduk dunia dan diatur oleh lebih dari 150 perjanjian internasional yang tidak selalu termasuk semua negara bersungai (riparian states).⁵⁷ Jika negara-negara mengatur sumber daya ini lebih intensif, mereka akan menaikkan kerja sama pada badan air melalui perjanjian internasional yang baru atau merevisi salah satu yang sudah ada. Sistem dari alokasi air perlu untuk dikerjakan lagi disebabkan oleh peningkatan variabilitas, dan kerja sama dapat efektif hanya ketika negara-negara perbatasan dilibatkan dan bertanggung jawab untuk mengelola anak sungai.

Dengan cara yang sama, peningkatan keadaan kering di negara-negara yang telah mengimpor sebagian besar makanan mereka, disertai dengan lebih seringnya kejadian episode ekstrem dan pertumbuhan pada pendapatan dan populasi, akan meningkatkan

kebutuhan impor makanan.⁵⁸ Akan tetapi pasar makanan global sangat tipis—secara keseluruhan, sedikit negara yang mengeksport tanaman pangan.⁵⁹ Sehingga perubahan kecil baik pada penawaran atau permintaan dapat memiliki dampak besar pada harga. Dan negara-negara kecil dengan daya pasar yang kecil dapat mengalami kesulitan untuk mengamankan impor pangan.

Untuk memastikan kecukupan air dan gizi untuk semuanya, dunia harus bersandar pada perbaikan sistem perdagangan yang kurang rawan terhadap pergeseran harga yang besar. Memudahkan akses untuk pasar-pasar negara berkembang dengan mengurangi penghalang perdagangan, pengangkutan tahan cuaca (sebagai contoh, meningkatkan akses jalan sepanjang tahun), memperbaiki metode-metode pengadaan, dan menyediakan informasi yang lebih baik tentang indeks-indeks iklim dan pasar dapat membuat perdagangan makanan lebih efisien dan mencegah pergeseran harga yang besar. Melonjaknya harga dapat juga dicegah melalui penanaman modal pada penyediaan yang strategis penimbunan biji-bijian dan bahan makanan dan pada instrumen perlindungan risiko.⁶⁰

Figur 7 Emisi CO₂e global dari sektor: Energi, tetapi juga pertanian dan kehutanan, merupakan sumber utama



Sumber: IPCC 2007a, Figur 2.1.

Catatan: Pembagian antropogenik (disebabkan oleh manusia) emisi gas rumah kaca pada tahun 2004 dalam CO₂e (lihat Figur 1 untuk definisi CO₂e). Emisi diasosiasikan dengan penggunaan lahan dan perubahan tata guna lahan seperti penyubur tanaman, hewan ternak, perusakan hutan, dan pembakaran, bertanggung jawab terhadap sekitar 30 persen dari total emisi gas rumah kaca. Penyerapan karbon ke dalam hutan dan tanaman lainnya serta tanah merupakan peresapan karbon yang penting, sehingga perbaikan pengelolaan tata guna lahan sangat penting di dalam usaha untuk mengurangi gas rumah kaca di atmosfer

Bertindak secara berbeda: Untuk mengubah energi, produksi makanan, dan sistem pengambilan keputusan

Meraih pengurangan emisi yang dibutuhkan akan memerlukan suatu transformasi pada sistem energi dan cara kita mengatur pertanian, penggunaan lahan, dan hutan (Figur 7). Transformasi ini juga harus menyertakan keperluan adaptasi untuk mengubah iklim. Apakah mereka melibatkan memutuskan tanaman pangan mana atau berapa banyak tenaga hidro untuk

dikembangkan, keputusan harus kuat terhadap berbagai macam hasil iklim yang mungkin kita hadapi di masa mendatang alih-alih beradaptasi secara optimal terhadap iklim masa lalu.

Untuk memicu revolusi energi sejati.

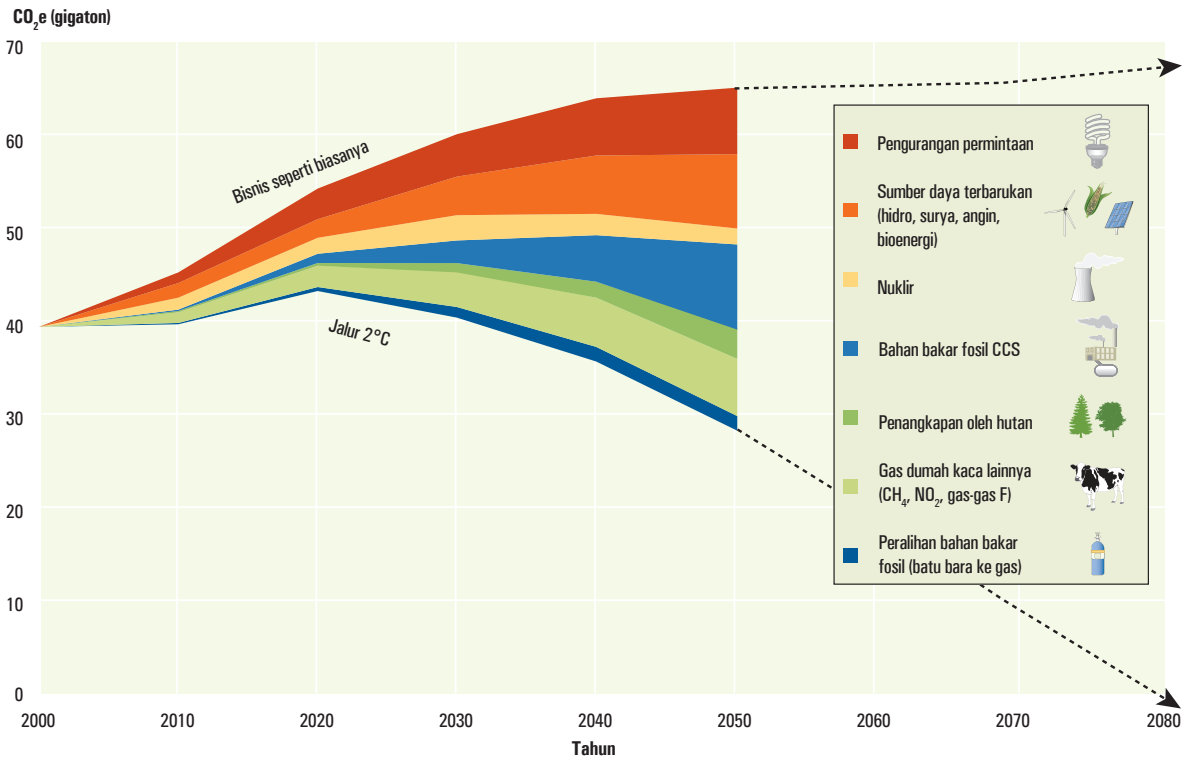
Jika pembiayaan tersedia, dapatkah emisi sangat cukup terpotong atau dengan cepat tanpa mengorbankan pertumbuhan? Kebanyakan model-model menyatakan bahwa mereka sanggup, meski tidak satupun model yang menyatakan mudah (lihat Bab 4). Efisiensi tenaga yang lebih tinggi secara dramatis, permintaan yang semakin kuat untuk manajemen energi, dan penerapan penempatan skala besar sumber listrik penghasil CO₂ skala rendah yang menghasilkan sekitar setengah dari pengurangan emisi yang diperlukan untuk menempatkan dunia pada lintasan menuju 2°C (Figur 8). Banyak keuntungan sampingan yang substansial tetapi dihambat oleh kelembagaan dan kendala-kendala keuangan yang sudah terbukti susah diberdayakan.

Teknologi dan praktik-praktik yang dikenal dapat membeli waktu—jika hal tersebut dapat ditingkatkan. Agar hal itu terjadi, penetapan harga energi yang sesuai mutlak menjadi penting. Memotong subsidi dan meningkatkan pajak bahan bakar secara politis merupakan hal yang sulit, tetapi lonjakan dan kejatuhan harga minyak dan gas baru-baru ini membuat waktu berpeluang untuk melakukannya. Benar bahwa, negara-negara Eropa mengacu pada krisis minyak 1974 untuk memperkenalkan pajak bahan bakar yang tinggi. Sebagai hasilnya, permintaan bahan bakar adalah sekitar separuh dari apa yang akan terjadi jika harga minyak mendekati harga minyak di Amerika Serikat.⁶¹ Dengan cara yang sama, harga listrik di Eropa dua kali lipat harga listrik

di Amerika Serikat dan konsumsi listrik per kapita adalah setengahnya.⁶² Harga membantu menjelaskan mengapa emisi per kapita warga Eropa (10 ton CO₂e) adalah kurang dari separuh warga Amerika Serikat (23 ton).⁶³ Subsidi energi global di negara-negara berkembang diperkirakan sebesar \$310 miliar pada 2007,⁶⁴ manfaat yang tidak sebanding dengan penduduk yang berpendapatan lebih tinggi. Merasionalkan subsidi energi pada sasaran yang lemah dan mendorong energi berkelanjutan dan transportasi dapat mengurangi emisi CO₂ global dan menyediakan sejumlah keuntungan lainnya.

Akan tetapi penetapan harga hanyalah salah satu alat untuk memajukan agenda efisiensi energi, yang mengalami kegagalan pasar, biaya transaksi yang tinggi, dan kendala-kendala pembiayaan. Norma-norma, reformasi pengaturan, dan insentif keuangan juga diperlukan—dan bersifat hemat biaya. Standar efisiensi dan biaya program pelabelan sekitar 1,5 sen per kilowatt-jam, sangat sedikit dibandingkan dengan pilihan suplai energi apa pun,⁶⁵ sementara penyelenggaraan energi industri menargetkan untuk memacu inovasi dan meningkatkan daya saing.⁶⁶ Dan karena utilitas merupakan saluran pengiriman efektif yang potensial untuk membuat rumah, bangunan komersial, dan industri yang lebih efisien energi, harus dibentuk sebuah insentif bagi utilitas agar menjadi hemat energi. Hal ini dapat dilakukan dengan menggantikan keuntungan bruto penjualan utilitasnya, dengan keuntungan yang alih-alih meningkat dengan kesuksesan konservasi energi. Pendekatan tersebut adalah kesuksesan di balik program konservasi energi yang luar biasa California; pengadopsiannya telah menjadi sebuah keharusan untuk negara-negara bagian di A.S. untuk

Figur 8 Portofolio lengkap dari ukuran yang ada dan teknologi maju, bukan peluru perak, akan diperlukan untuk menjadikan dunia berada pada jalur 2°C



Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia dengan data dari IIASA 2009.

mendapatkan dana hibah efisiensi energi dari dana perangsang pada 2009.

Untuk energi yang terbarukan, persetujuan pertukaran energi jangka panjang dalam pengaturan kerangka kerja yang memastikan akses merata dan terbuka untuk produsen listrik swasta akan menarik investor. Hal ini dapat dilakukan melalui pembelian-pembelian wajib energi terbarukan pada harga tetap (yang yang dikenal dengan *feed-in-tariff*—tarif untuk pemasangan baru) seperti di Jerman dan Spanyol; atau melalui standar portofolio yang dapat diperbarui yang memerlukan jumlah minimum listrik yang berasal dari energi terbarukan, seperti yang diberlakukan di A.S.⁶⁷ Pentingnya, permintaan yang lebih besar yang dapat diperkirakan tampaknya akan mengurangi biaya untuk energi terbarukan, dengan keuntungannya untuk semua negara.

Faktanya, pengalaman menunjukkan bahwa permintaan yang diharapkan dapat mempunyai dampak yang bahkan lebih tinggi daripada inovasi dalam rangka menurunkan harga (Figur 9).

Akan tetapi teknologi yang baru akan sangat diperlukan: setiap model energi yang ditinjau untuk ini Laporan menyimpulkan bahwa yang mustahil untuk sampai pada jalur 2°C hanya dengan efisiensi energi dan penggabungan teknologi yang sudah ada. Teknologi yang baru atau sedang berkembang, seperti penangkapan dan penyimpanan karbon, biofuel generasi kedua, dan sel fotovoltaik surya (*solar photovoltaics*), juga penting.

Beberapa keperluan teknologi baru tersedia pada tempatnya. Demonstrasi proyek penangkapan dan penyimpanan karbon yang sedang berjalan saat ini hanya menyimpan sekitar 4 juta ton CO₂

per tahun.⁶⁸ Pembuktian sepenuhnya kelangsungan teknologi ini di beberapa kawasan dan pengaturan yang berbeda akan memerlukan sekitar 30 tanaman berukuran penuh dengan biaya total sebesar \$1 miliar sampai \$100 miliar.⁶⁹ Kapasitas penyimpanan 1 miliar ton CO₂ diperlukan sampai 2020 untuk bertahan pada tingkat pemanasan 2°C.

Investasi-investasi pada penelitian biofuel juga diperlukan. Memperluas produksi menggunakan generasi biofuel saat ini akan menggantikan sejumlah besar lahan hutan alami dan padang rumput serta berkompetisi dengan produksi makanan.⁷⁰ Biofuel generasi kedua yang bergantung pada tanaman non-pangan mungkin akan mengurangi persaingan dengan pertanian dengan menggunakan lebih banyak lahan-lahan marginal. Akan tetapi hal tersebut masih dapat menyebabkan hilangnya padang rumput dan ekosistem padang rumput serta kompetisi untuk mendapatkan sumber daya air.⁷¹

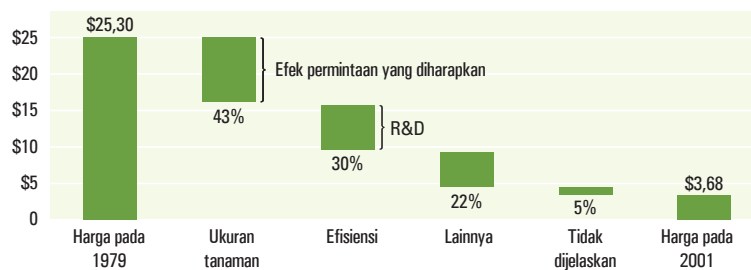
Terobosan-terobosan dalam teknologi cerdas iklim akan secara substansial memerlukan pengeluaran lebih banyak untuk penelitian, pengembangan, demonstrasi, dan penyebaran. Seperti dijelaskan sebelumnya, pengeluaran global publik dan swasta pada RD&D energi masih sedikit, keduanya berkaitan dengan kebutuhan yang terestimasi dan dalam perbandingan dengan apa yang diinvestasikan oleh industri inovasi. Pengeluaran yang sedikit berarti kemajuan yang lambat, dengan energi terbarukan masih memperhitungkan hanya 0,4 persen dari semua hak cipta.⁷² Lebih lanjut, akses kebutuhan negara berkembang untuk teknologi ini, yang memerlukan dorongan kapasitas domestik untuk mengidentifikasi dan mengadaptasi teknologi baru sama seperti memperkuat

mekanisme internasional untuk alih teknologi (lihat Bab 7).

Untuk mentransformasi manajemen lahan dan air serta mengatur persaingan permintaan. Pada tahun 2050 dunia akan diperkirakan memberi makan 3 miliar lebih penduduk dan berhadapan dengan perubahan permintaan makanan dari populasi yang lebih kaya (populasi yang lebih kaya makan lebih banyak daging, sebuah cara yang intensif untuk menjaga sumber protein). Hal ini harus dilakukan di iklim lebih buruk dengan lebih banyak badai, kekeringan, dan banjir, selain juga memadukan pertanian dalam agenda mitigasi—karena pertanian mengarah pada separuh penebangan hutan (deforestasi) setiap tahunnya dan berkontribusi langsung pada 14 persen dari emisi keseluruhan. Dan ekosistem-ekosistem, yang telah melemah karena polusi, tekanan populasi, dan penggunaan berlebihan, akan semakin terancam oleh perubahan iklim. Menghasilkan lebih dan melindungi lebih baik saat iklim menjadi lebih buruk seraya mengurangi emisi gas rumah kaca merupakan permintaan yang berat. Hal ini akan memerlukan pengelolaan persaingan permintaan untuk lahan dan air dari

Figur 9 Tingginya permintaan yang diharapkan mengarah pada pengurangan biaya fotovoltaik surya dengan memungkinkannya diproduksi untuk skala besar

Pengurangan biaya oleh faktor (\$/watt)



Sumber: Diadaptasi dari Nemet 2006.

Catatan: Grafik batang menunjukkan bagian pengurangan dari biaya tenaga fotovoltaik matahari, dari 1979 hingga 2001, memperhitungkan berbagai perbedaan faktor sebagai ukuran tumbuhan (di mana ditentukan oleh kebutuhan permintaan) dan perbaikan efisiensi (yang dikendalikan oleh inovasi dari R&D). Kategori "lainnya" termasuk reduksi pada harga kunci input silikon (12 persen) dan nilai sejumlah faktor yang lebih kecil (termasuk pengurangan kuantitas kebutuhan silikon untuk keluaran energi yang dihasilkan, dan tingkat yang lebih rendah dari produk yang dibuat yang disebabkan oleh kesalahan manufaktur).

pertanian, kehutanan dan ekosistem-ekosistem lain, perkotaan, dan energi. Maka pertanian harus menjadi lebih produktif, mendapatkan lebih banyak tanaman per benih dan per hektar—tetapi tanpa peningkatan pembiayaan lingkungan yang saat ini berkaitan dengan pertanian intensif. Dan masyarakat akan membutuhkan usaha yang jauh lebih besar dalam melindungi ekosistem-ekosistem. Untuk menghindari peralihan lebih banyak lahan menjadi lahan olahan dan menyebar menjadi lahan “terabaikan” dan hutan, produktivitas pertanian harus ditingkatkan, mungkin sebanyak 18 persen per tahun dibandingkan dengan 1 persen per tahun tanpa perubahan iklim.⁷³ Kebanyakan dari peningkatan tersebut sebaiknya terjadi pada negara-negara berkembang karena pertanian di negara-negara maju telah mendekati hasil yang hampir maksimum. Untunglah, teknologi baru dan praktik-praktik sedang berkembang (Kotak 5). Beberapa perbaikan produktivitas dan ketahanan saat mereka memerangkap karbon dalam tanah dan mengurangi limpasan zat hara yang akan merusak ekosistem perairan. Akan tetapi diperlukan lebih banyak penelitian untuk memahami bagaimana cara meningkatkan perbaikan tersebut.

Usaha-usaha yang ditingkatkan untuk mengonservasi spesies dan ekosistem-ekosistem akan perlu disesuaikan dengan produksi makanan (apakah pertanian atau perikanan). Area yang dilindungi—sudah 12 persen dari lahan di bumi tetapi hanya sebagian kecil lautan dan sistem air tawar—tidak dapat hanya menjadi satu-satunya solusi untuk memelihara biodiversitas, karena rentang spesies sepertinya bergeser keluar batasan-batasan daerah-daerah tersebut. Sebagai ganti lanskap ekoagrikultural, di mana petani menciptakan mozaik-mozaik dari lahan olahan dan habitat-

habitat alami, dapat memudahkan migrasi spesies. Selain menguntungkan biodiversitas, praktik ekoagrikultur juga meningkatkan ketahanan pertanian terhadap perubahan iklim bersamaan dengan produktivitas perkebunan dan pendapatan. Perkebunan di Amerika Tengah yang menggunakan praktik-praktik ini mengalami separuh atau lebih sedikit dari kerusakan lain yang ditimbulkan oleh Topan Mitch.⁷⁵

Manajemen air yang lebih baik adalah hal yang penting bagi pertanian untuk beradaptasi terhadap perubahan iklim. Daerah-daerah aliran sungai akan kehilangan simpanan alami pada es dan salju dan pada pengisian ulang air bawah tanah yang berkurang, ketika suhu yang lebih panas meningkatkan penguapan. Air dapat digunakan dengan lebih efisien melalui kombinasi teknologi baru dan teknologi yang sudah ada, informasi yang lebih baik, dan penggunaan yang lebih bijak. Dan semua itu dapat dilakukan bahkan di negara-negara miskin dan oleh petani-petani kecil: di Andhra Pradesh, India, skema sederhana, di mana petani memantau hujan dan air bawah tanah mereka dan mempelajari teknik pertanian dan irigasi baru, telah memungkinkan satu juta petani untuk secara sukarela mengurangi konsumsi penggunaan air tanah sampai tingkat yang berkelanjutan.⁷⁵

Usaha untuk meningkatkan sumber daya air termasuk dam, tetapi dam hanyalah salah satu dari solusi, dan dam-dam tersebut akan perlu dirancang dengan fleksibel untuk mengatasi curah hujan yang sering berubah. Pendekatan lain termasuk menggunakan air daur ulang dan desalinasi, yang, selain mahal, juga berharga untuk penggunaan bernilai tinggi di kawasan pantai, terutama jika didukung oleh energi terbarukan (lihat Bab 3).

Akan tetapi mengubah praktik-praktik dan teknologi dapat menjadi sebuah tantangan, khususnya pada kemiskinan, pedesaan, dan keadaan terisolasi, di mana memperkenalkan cara baru melakukan sesuatu memerlukan kerja sama dengan sejumlah besar pelaku yang menghindari risiko yang terletak di luar jalur dan menghadapi berbagai kendala dan insentif yang berbeda. Para pelaku perluasan biasanya mempunyai sumber daya yang terbatas untuk mendukung petani dan beranggotakan teknisi dan agronomis daripada komunikator-komunikator yang terlatih. Mengambil keuntungan dari berkembangnya teknologi juga akan memerlukan membawa pendidikan teknik yang lebih tinggi ke masyarakat pedesaan.

Untuk mentransformasi proses pengambilan keputusan: Pengambilan kebijakan adaptif untuk mengatasi lingkungan yang lebih berisiko dan lebih kompleks. Desain dan perencanaan infrastruktur, penetapan harga asuransi, dan banyaknya keputusan pribadi—dari waktu penanaman dan pemanenan sampai penempatan pabrik-pabrik dan perancangan bangunan—telah lama didasarkan pada keseimbangan, gagasan di mana sistem alamiah berubah-ubah di dalam sebuah wadah yang tidak berubah variabilitasnya. Dengan perubahan iklim, keseimbangan tidak ada artinya.⁷⁶ Pembuat keputusan sekarang harus berpacu dengan iklim yang berubah yang disertai dengan ketidakpastian-ketidakpastian yang telah mereka hadapi. Lebih banyak keputusan-keputusan harus dibuat dalam konteks mengubah tren dan variabilitas yang lebih besar, tidak perlu menyebutkan kemungkinan kendala-kendala karbon.

Pendekatan tersebut, yang sedang dikembangkan dan diterapkan oleh publik dan agen swasta, kota-kota, dan negara-negara di seluruh dunia dari Australia sampai Inggris, menunjukkan bahwa hal tersebut berpeluang untuk meningkatkan ketahanan bahkan tanpa adanya permodelan yang mahal dan berpengalaman tentang iklim masa depan.⁷⁷ Tentu saja proyeksi-proyeksi yang lebih baik dan sedikit ketidakpastian akan membantu, tetapi pendekatan baru ini cenderung berfokus pada strategi yang “kuat” di sepanjang rentang hasil yang memungkinkan, tidak hanya untuk serangkaian harapan tertentu (Kotak 6).⁷⁸ Strategi yang kuat dapat menjadi sesederhana seperti memilih varietas biji yang akan dijalankan dengan baik pada rentang iklim.

Strategi yang kuat umumnya membangun fleksibilitas, diversifikasi, dan kelebihan kapasitas respons (lihat Bab 2). Mereka menyukai tindakan “tanpa penyesalan” yang menyediakan keuntungan (seperti efisiensi air dan energi) bahkan tanpa perubahan iklim. Mereka juga menyukai pilihan yang reversibel dan fleksibel untuk menjaga biaya keputusan-keputusan yang salah menjadi serendah mungkin (perencanaan kota yang terbatas untuk kawasan pantai dapat dengan mudah diperlonggar sementara didorong mundur atau meningkatkan perlindungan dapat menjadi sulit dan mahal). Strategi tersebut termasuk margin keamanan untuk meningkatkan ketahanan (membayar biaya marginal membangun jembatan yang lebih tinggi atau suatu daerah yang kebanjiran, atau memperluas jaringan keselamatan untuk kelompok yang berada di pinggiran). Dan mereka bersandar pada rencana jangka panjang yang didasarkan pada analisis skenario dan sebuah penilaian strategi di bawah

KOTAK 5*Pendekatan menjanjikan yang baik untuk petani dan lingkungan***Praktik-praktik yang menjanjikan**

Praktik-praktik budidaya seperti pengondisian tanah tanpa bajak (yang melibatkan penyuntikan bibit langsung ke dalam tanah alih-alih menyebar bibit di tanah yang telah dibajak) dikombinasikan dengan manajemen residu dan penggunaan pupuk yang tepat akan membantu menjaga kelembapan tanah, meningkatkan infiltrasi air, meningkatkan penyimpanan karbon, meminimalisasi limpasan zat hara, dan meningkatkan hasil. Setelah digunakan pada sekitar 2 persen lahan tanam global, praktik-praktik tersebut terus meluas. Metode tanpa bajak telah diadopsi oleh sebagian besar negara-negara berpendapatan tinggi, tetapi berkembang dengan cepat di negara-negara seperti India. Pada 2005, pada sistem pertanian padi-gandum di dataran Indo-Gangga, petani mengadopsi metode tanpa-bajak pada 1,6 hektar lahan; pada 2008, 20–25 persen gandum di negara-negara bagian India (Haryana dan Punjab) telah diolah dengan menggunakan sedikit pembajakan. Dan di Brazil, sekitar 45 persen kebun sayur diolah dengan menggunakan metode ini.

Teknologi-teknologi yang menjanjikan.

Keakuratan teknik pertanian untuk yang ditargetkan, aplikasi berjangka waktu optimal penggunaan pupuk yang minimum dan air dapat membantu intensifikasi, lahan pertanian *high-input* di negara-negara berpendapatan tinggi, Asia, Amerika Latin untuk mengurangi emisi dan limpasan zat hara, dan meningkatkan efisiensi penggunaan air. Teknologi-teknologi baru yang membatasi emisi gas nitrogen termasuk mengendalikan pelepasan nitrogen melalui penempatan pupuk supergranul jauh di dalam tanah atau penambahan inhibitor biologis pada pupuk. Teknologi penginderaan jauh untuk mengomunikasikan informasi yang tepat tentang kelembapan tanah dan keperluan irigasi yang dapat menghilangkan penggunaan air yang tidak perlu. Beberapa teknologi tetap terlalu mahal untuk sebagian besar petani negara-negara berkembang (dan dapat membutuhkan skema pembayaran untuk konservasi karbon tanah atau perubahan pada penetapan harga air). Namun, teknologi lain seperti inhibitor biologis tidak memerlukan tenaga ekstra dan memperbaiki produktivitas.

Belajar dari masa lalu.

Pendekatan lain bangunan pada teknologi oleh penduduk pedalaman hutan hujan Amazon dapat memerangkap karbon dalam skala besar seraya memperbaiki produktivitas tanah. Pembakaran residu basah tanaman pangan atau manure (biomassa) pada suhu rendah pada keadaan hampir tanpa oksigen menghasilkan *biochar*, sejenis arang kayu yang solid dengan kandungan karbon yang tinggi. Biochar sangat stabil saat berada dalam tanah, mengunci karbon yang akan dilepaskan dengan pembakaran sederhana biomassa atau membiarkannya terurai. Dalam pengaturan industri, proses ini mengubah setengah kandungan karbon menjadi biofuel dan setengahnya lagi menjadi biochar. Analisis terbaru menyatakan biochar mungkin dapat menyimpan karbon selama berabad-abad, bahkan mungkin sampai millennium berikutnya, dan banyak penelitian masih dilakukan untuk membuktikan pernyataan tersebut.

Sumber: de la Torre, Fajnzylber, dan Nash 2008; Derpsch dan Friedrich 2009; Erenstein 2009; Erenstein dan Laxmi 2008; Lehmann 2007; Wardle, Nilsson, dan Zackrisson 2008.

rentang luas kemungkinan masa depan.⁷⁹ Desain partisipatif dan implementasi sangatlah penting, karena mengizinkan penggunaan pengetahuan lokal mengenai kerentanan yang nyata dan membantu perkembangan kepemilikan dari strategi keuntungannya.

Pengambilan kebijakan untuk adaptasi juga perlu bersifat adaptif, dengan tinjauan ulang berkala yang didasarkan pada koleksi dan pemantauan informasi, sesuatu yang semaksimal layak dengan biaya rendah berkat teknologi yang lebih baik. Sebagai contoh, suatu masalah kunci di dalam manajemen air adalah tidak adanya pengetahuan mengenai air bawah tanah, atau tentang siapa mengonsumsi apa. Teknologi penginderaan jauh yang baru memungkinkan untuk menduga konsumsi air tanah, mengidentifikasi

petani-petani yang mempunyai produktivitas air yang rendah, dan menentukan kapan harus meningkatkan atau menurunkan pemakaian air untuk memaksimalkan produktivitas tanpa memengaruhi panen (lihat Bab 3).

Membuatnya terjadi: Tekanan baru, instrumen baru, dan sumber daya baru

Halaman sebelumnya menguraikan banyak langkah yang diperlukan untuk mengatur tantangan perubahan iklim. Banyak bacaan seperti tarif standar buku teks ilmu pengetahuan dan pembangunan lingkungan: perbaiki manajemen sumber daya air, tingkatkan efisiensi energi, promosikan praktik-praktik pertanian yang berkelanjutan, hapus subsidi yang tidak perlu. Akan tetapi hal ini telah terbukti sukar dipahami di masa

lalu, mengangkat pertanyaan apa yang mungkin dibutuhkan oleh perubahan dan kemungkinan perubahan perilaku. Jawabannya terletak pada kombinasi tekanan baru, instrumen baru, dan sumber daya baru.

Tekanan-tekanan baru berasal dari tumbuhnya kesadaran akan perubahan iklim dan biaya-biaya saat ini dan yang akan datang. Akan tetapi kesadaran tidak selalu mengarah pada tindakan: agar berhasil, kebijakan pembangunan cerdas iklim harus mengatasi inersia di dalam perilaku individu dan organisasi. Persepsi domestik terhadap perubahan iklim juga akan menentukan kesuksesan sebuah kesepakatan global—adopsinya tetapi juga implementasinya. Dan selagi banyak jawaban atas iklim dan masalah pembangunan nasional atau bahkan lokal, kesepakatan global diperlukan untuk menghasilkan instrumen-instrumen baru dan sumber daya baru untuk sebuah tindakan (lihat Bab 5). Maka selagi tekanan-tekanan baru harus dimulai pada rumah dengan mengubah perilaku dan menggeser opini publik, tindakan harus dimungkinkan oleh efisiensi dan kesepakatan internasional yang efektif, salah satu hal yang menjadi faktor-faktor dalam realitas pembangunan.

***Tekanan-tekanan baru:
Kesuksesan bertumpu pada
perubahan perilaku dan
pergeseran opini publik***

Rezim internasional memengaruhi kebijakan-kebijakan nasional tetapi rezim internasional sendiri adalah hasil dari faktor-faktor domestik. Norma-norma politik, struktur-struktur tata kelola, dan kepentingan pribadi mendorong translasi hukum internasional menjadi kebijakan domestik, sementara membentuk rezim internasional.⁸⁰ Dan ketiadaan sebuah mekanisme penegakan global,

insentif-insentif untuk mempertemukan komitmen-komitmen global adalah domestik.

Agar berhasil, kebijakan pembangunan cerdas iklim harus menjadi faktor dalam ketetapan-ketetapan lokal. Kebijakan-kebijakan mitigasi yang akan diikuti oleh sebuah negara bergantung pada faktor-faktor domestik seperti campuran energi, sumber energi yang ada dan potensial, dan preferensi untuk negara kebijakan-kebijakan berbasis pasar. Pengejaran tambahan manfaat lokal—seperti udara yang lebih bersih, transfer teknologi, dan keamanan energi—adalah penting untuk membangkitkan cukup dukungan.

Kebijakan-kebijakan cerdas iklim juga harus menghadapi inersia di dalam perilaku individu dan organisasi. Menyisihkan ekonomi modern dari bahan bakar fosil dan meningkatkan kepedulian terhadap perubahan iklim akan memerlukan kemauan pergeseran sikap konsumen, para pemimpin bisnis, dan pembuat keputusan. Tantangan dalam mengubah panggilan perilaku-perilaku yang telah berurat akar memerlukan suatu penekanan yang khusus pada kebijakan-kebijakan non-pasar dan intervensi.

Di seluruh dunia, program manajemen risiko bencana difokuskan pada perubahan persepsi masyarakat tentang risiko. Kota London sudah menetapkan penargetan program komunikasi dan pendidikan sebagai pusat Rencana Aksi tentang “Pemanasan London” (“London Warming” Action Plan). Dan utilitas melintasi Amerika Serikat telah dimulai dengan menggunakan norma sosial masyarakat dan tekanan kelompok masyarakat untuk mendorong rendahnya kebutuhan energi: hanya menunjukkan pada rumah tangga bagaimana mereka memperhatikan

KOTAK 6***Dibutuhkan kecerdikan: Adaptasi memerlukan peralatan baru dan pengetahuan baru***

Terlepas dari upaya-upaya mitigasi, umat manusia akan perlu beradaptasi terhadap perubahan-perubahan substansial dalam hal iklim—di manapun dan di berbagai tempat.

Modal alamiah

Keragaman dalam aset-aset alam akan diperlukan untuk mengatasi perubahan iklim dan memastikan pertanian, hutan, dan perikanan yang produktif. Sebagai contoh, diperlukan varietas tanaman pangan yang tahan terhadap kekeringan, panas, dan meningkatnya CO₂. Namun, proses yang dipimpin oleh sektor swasta dan petani dalam pemilihan tanaman lebih memilih homogenitas yang telah diadaptasikan terhadap kondisi di masa lalu atau masa kini, dan bukan varietas yang mampu memproduksi banyak dalam kondisi yang lebih panas, basah, atau kering. Program pemeliharaan yang dipercepat diperlukan untuk mengonservasi sumber-sumber daya genetis yang lebih luas dari berbagai tanaman dan jenis yang sudah ada dan para kerabat liarnya. Ekosistem yang secara relatif terjaga—seperti ladang hutan, bakau, dan lahan basah—dapat menghambat dampak-dampak perubahan iklim. Di bawah pengaruh iklim yang berubah, ekosistem-ekosistem ini terancam, dan pendekatan-pendekatan manajemen akan perlu lebih proaktif dan adaptif. Koneksi antara daerah-daerah alami,

seperti koridor migrasi, mungkin diperlukan untuk memfasilitasi pergerakan spesies agar dapat menyesuaikan diri dengan perubahan iklim.

Modal fisik

Perubahan iklim kemungkinan besar akan memengaruhi infrastruktur lewat cara-cara yang tidak mudah terduga, yang sangat bervariasi bergantung pada kondisi geografisnya. Contohnya, jaringan jalan dan sumber energi di daerah rendah terancam oleh luapan sungai dan naiknya air laut baik itu di Teluk Tangier, New York City, atau Shanghai. Gelombang panas merapuhkan aspal dan dapat memerlukan penutupan jalan; memengaruhi kapasitas transmisi listrik dan memanaskan air yang diperlukan untuk mendinginkan suhu dan pabrik pembangkit tenaga nuklir sama seperti meningkatnya permintaan listrik. Ketidakpastian mungkin akan memengaruhi tidak hanya keputusan investasi, tetapi juga desain infrastruktur untuk membuatnya tahan terhadap iklim masa depan. Ketidakpastian yang serupa mengenai ketergantungan pasokan air mengharuskan strategi manajemen yang terintegrasi dan teknologi air yang ditingkatkan sebagai perlindungan dalam menghadapi perubahan iklim. Pengetahuan teknis dan kemampuan rekayasa yang lebih banyak akan

diperlukan untuk merancang infrastruktur masa depan dalam pengaruh perubahan iklim.

Kesehatan manusia

Beberapa adaptasi sistem kesehatan terhadap perubahan iklim akan awalnya melibatkan pilihan praktis yang dibangun dengan pengetahuan yang ada. Akan tetapi yang lainnya akan memerlukan kemampuan baru. Kemajuan dalam genomik memungkinkan kita untuk merancang peralatan diagnostik baru yang dapat mendeteksi penyakit menular yang baru. Alat-alat ini, digabungkan dengan kemajuan dalam teknologi komunikasi, dapat mendeteksi tren baru dalam kesehatan dan menyediakan pekerja yang sehat dengan kesempatan dini untuk melakukan intervensi. Inovasi dalam cakupan teknologi telah mentransformasi dunia pengobatan. Contohnya, munculnya alat diagnostik genggam dan konsultasi melalui video memperluas prospek pengobatan jarak jauh, serta mempermudah komunitas yang terisolasi untuk terhubung dengan infrastruktur kesehatan global.

Sumber: Burke, Lobell, dan Guarino 2009; Ebi dan Burton 2008; Falloon dan Betts, akan terbit; Guthrie, Juma, dan Sillem 2008; Keim 2008; Koetse dan Rietveld 2009; National Academy of Engineering 2008; Snoussi dkk. 2009.

hubungan dengan yang lain, dan pemberian isyarat persetujuan yang lebih rendah dari konsumsi rata-rata cukup untuk mendorong menurunkan penggunaan energi (lihat Bab 8).

Mengatasi tantangan iklim akan memerlukan perubahan-perubahan dalam cara pemerintah beroperasi. Kebijakan iklim menyinggung kekuasaan dari banyak para tokoh pemerintahan, juga pada yang tidak memilikinya. Untuk mitigasi dan adaptasi, banyak diperlukan tindakan yang membutuhkan perspektif jangka panjang akan berjalan lancar melampaui setiap administrasi terpilih manapun. Banyak negara-negara, termasuk Brazil, China, India, Meksiko,

dan Inggris, telah membentuk agen untuk perubahan iklim, mengatur badan koordinasi tingkat tinggi, dan perbaikan penggunaan informasi ilmiah dalam pembuatan kebijakan (lihat Bab 8).

Kota-kota, provinsi-provinsi, dan daerah-daerah menyediakan ruang administratif dan politik yang semakin dekat ke sumber emisi dan dampak dari perubahan iklim. Sebagai tambahan terhadap penerapan dan pelafalan kebijakan-kebijakan nasional dan regulasi-regulasi, mereka melakukan pembuatan kebijakan, peraturan, dan fungsi perencanaan pada sektor-sektor kunci untuk mitigasi (transportasi, konstruksi, pelayanan publik, advokasi lokal) dan

adaptasi (perlindungan sosial, pengurangan risiko bencana, manajemen sumber daya alami). Oleh karena mereka bersifat lebih dekat dengan warga, pemerintahan ini dapat menaikkan kesadaran publik dan memobilisasi pelaku pribadi.⁸¹ Dan pada perpotongan antara pemerintah dan publik, mereka menjadi ruang di mana tanggung-jawab pemerintah untuk menyesuaikan tanggapan secara penuh. Itulah sebabnya banyak pemerintahan setempat sudah mendahului pemerintahan nasional di dalam aksi iklim (Kotak 7).

Instrumen-instrumen baru dan sumber daya baru: Peranan sebuah kesepakatan global

Aksi menyeluruh dan secepatnya tidak mungkin terjadi tanpa kerja sama global, yang memerlukan sebuah kesepakatan yang dirasakan sebagai kepatutan secara keseluruhan oleh semua pihak—negara-negara berpendapatan tinggi, yang membutuhkan usaha yang paling segera dan keras; negara-negara berpendapatan sedang, di mana kebutuhan mitigasi dan adaptasi substansial perlu dilaksanakan; dan negara-negara berpendapatan rendah, di mana prioritasnya adalah bantuan keuangan dan teknis untuk mengatasi kerentanaan kondisi saat ini, yang dibiarkan sendirian menghadapi perubahan iklim. Kesepakatan harus efektif untuk mencapai sasaran (capaian) iklim, menggabungkan pelajaran dari kesepakatan internasional lainnya dan dari kesuksesan-kesuksesan dan kegagalan-kegagalan masalampau dengan transfer sumber daya internasional yang besar. Akhirnya, itu harus efisien, yang memerlukan pembiayaan dan instrumen keuangan yang mencukupi serta dapat memisahkan di mana mitigasi terjadi dari siapa yang mendanainya—untuk kemudian mendapatkan mitigasi dengan biaya yang sedikit.

Kesepakatan yang adil. Kerja sama global pada skala yang diperlukan untuk menghadapi perubahan iklim dapat terjadi hanya jika itu didasarkan pada kesepakatan global yang ditujukan pada kebutuhan dan kendala-kendala negara berkembang, hanya jika itu dapat memisahkan di mana mitigasi terjadi dari yang menanggung beban usaha ini, dan hanya jika itu menciptakan instrumen-instrumen pendanaan untuk mendorong dan memudahkan mitigasi, bahkan di negara-negara yang kaya batu bara dan miskin di dalam pendapatan atau yang sedikit berkontribusi atau tidak sama sekali secara historis terhadap perubahan iklim. Apakah negara-negara ini menangkap peluang untuk mengambil bagian pada jalur pembangunan yang lebih berkelanjutan akan sangat dipengaruhi oleh dukungan teknis dan keuangan yang dapat dikumpulkan dari negara-negara berpendapatan tinggi. Jika tidak, biaya-biaya pengalihan bisa menjadi penghalang.

Bagaimanapun juga, kerja sama global akan memerlukan lebih dari sumbangan keuangan. Perilaku ekonomi dan psikologi sosial menunjukkan bahwa orang-orang cenderung menolak kesepakatan yang dirasa tidak adil untuk mereka, bahkan jika mereka bertahan untuk keuntungan.⁸² Sehingga fakta bahwa itu ada keuntungan di mana setiap orang tertarik untuk bekerja sama tidaklah akan menjamin kesuksesan. Ada perhatian-perhatian riil di antara negara berkembang bahwa himbuan untuk mengintegrasikan iklim dan pembangunan bisa menggeser tanggung jawab untuk mitigasi menuju dunia yang berkembang.

Mengabadikan prinsip keadilan pada kesepakatan global akan menarik banyak pengalihan perhatian dan menghasilkan kepercayaan (lihat Bab 5).

Tujuan jangka panjang emisi per kapita terpusat pada suatu saluran yang dapat memastikan bahwa tidak ada negeri yang terkunci ke dalam pembagian tidak seimbang atmosfer bersama. India baru-baru ini menyatakan bahwa itu tidak pernah akan melebihi rata-rata emisi per kapita negara-negara berpendapatan tinggi.⁸³ Jadi aksi drastis negara-negara maju untuk mengurangi keluaran karbon milik mereka sendiri pada tingkatan yang sesuai adalah sangat penting. Ini akan menunjukkan kepemimpinan, dukungan inovasi, dan membuatnya mungkin untuk semua berpindah pada suatu jalur pertumbuhan rendah karbon.

Perhatian utama lain dari negara-negara berkembang adalah akses teknologi. Inovasi yang terkait dengan teknologi terkait iklim masih terpusat pada negara-negara berpendapatan tinggi, meski negara berkembang meningkatkan peranan mereka (China adalah yang ketujuh dalam paten energi terbarukan secara keseluruhan,⁸⁴ dan perusahaan India sekarang adalah pemimpin utama

di bidang kendaraan elektrik jalan raya⁸⁵). Sebagai tambahan, negara berkembang—mungkin memerlukan bantuan untuk memproduksi menghasilkan teknologi baru atau menyesuaikannya dengan kondisi mereka. Hal ini khususnya bermasalah untuk adaptasi, di mana teknologi dapat bersifat lokasi-spesifik.

Transfer internasional untuk teknologi bersih sejauh ini mencukupi. Mereka telah menjadi satu dari tiga terbaik proyek-proyek yang dibiayai melalui *Clean Development Mechanism* (CDM), saluran utama untuk investasi-investasi pembiayaan pada teknologi rendah karbon di negara berkembang.⁸⁶ Fasilitas Lingkungan Global (Global Environment Facility), yang memiliki sejarah mengalokasikan sekitar \$160 juta per tahun untuk program mitigasi iklim,⁸⁷ mendukung penilaian kebutuhan teknologi pada 130 negara. Sekitar \$5 miliar baru-baru ini telah dijanjikan di bawah yang Pendanaan Teknologi Bersih (Clean Technology Fund) terbaru untuk membantu negara-negara berkembang

KOTAK 7

Kota-kota mengurangi jejak karbonnya

Gerakan menuju kota netral karbon menunjukkan bagaimana pemerintah lokal bertindak bahkan ketika tidak ada perjanjian internasional atau kebijakan nasional yang ketat. Di Amerika Serikat, yang tidak meratifikasi Protokol Kyoto, hampir seribu kota-kota setuju untuk memenuhi tujuan Protokol Kyoto di bawah kesepakatan Mayor's Climate Protection. Di Rizhao, sebuah kota berpenduduk 3 juta jiwa di China Utara, pemerintah kotanya menggabungkan insentif dengan perangkat legislatif untuk mendorong pemanfaatan energi terbarukan pada skala besar dan efisien. Gedung-gedung pencakar langit dibangun menggunakan tenaga surya, dan 99 persen rumah tangga Rizhao menggunakan pemanas bertenaga surya. Hampir semua lampu lalu lintas, lampu jalan, dan penerangan taman ditenagai oleh sel fotovoltaik surya. Secara total, kota tersebut memiliki lebih dari 500.000

meter persegi panel pemanas air bertenaga surya, setara dengan sekitar pemanas air listrik dengan daya 0,5 megawatt. Hasil upaya tersebut adalah penggunaan energi yang turun hingga hampir sepertiganya, dan emisi CO₂-nya berkurang hingga setengahnya.

Contoh-contoh pergerakan menuju kota netral karbon mulai menjamur juga di luar China. Pada 2008, Sydney menjadi kota pertama di Australia yang menjadi netral karbon, melalui efisiensi energi, energi terbarukan, dan pengurangan karbon. Kopenhagen juga sedang berencana untuk memotong emisinya hingga nol pada 2025. Rencana tersebut akan melibatkan investasi pada energi angin dan mendorong mobil-mobil tenaga listrik dan air dengan memberikan fasilitas parkir dan isi ulang gratis.

Dan lebih dari 700 kota dan pemerintah lokal di seluruh dunia berpartisipasi dalam "Cities for

Climate Protection Campaign—Kota-kota untuk Kampanye Perlindungan Iklim" untuk mengadopsi kebijakan dan mengimplementasikan aturan-aturan yang tepat untuk mengurangi emisi gas rumah kaca lokal (<http://www.iclei.org>). Bersama dengan asosiasi pemerintah lokal lainnya seperti C40 Climate Leadership Group (C40 Kelompok Pemimpin Iklim), dan World Mayors Council on Climate Change, mereka telah memulai suatu proses pemerintahan lokal untuk mengupayakan pemberdayaan dan keikutsertaan kota-kota dan pemerintah-pemerintah lokal yang baru di Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang Perubahan Iklim (UNFCCC).

Sumber: Bai 2006; World Bank 2009d; C40 Cities Climate Leadership Group, <http://www.c40cities.org> (diakses 1 Agustus 2009).

dengan mendukung banyak investasi penuh risiko melibatkan teknologi bersih, tetapi ada perselisihan mengenai apa yang dimaksud dengan teknologi bersih.

Menjadikan kesepakatan teknologi sebagai kesepakatan iklim global dapat meningkatkan inovasi teknologi dan memastikan akses negara berkembang. Kerja sama internasional menjadi penting karena menghasilkan dan membagi teknologi cerdas iklim. Dari segi produksi, kesepakatan pembagian pembiayaan diperlukan untuk teknologi skala besar dan berisiko tinggi seperti penangkapan karbon dan penyimpanan (lihat Bab 7). Kesepakatan internasional mengenai standar menciptakan pasar-pasar untuk inovasi. Dan dukungan internasional untuk transfer teknologi dapat mengambil bentuk produksi bersama dan berbagi teknologi—atau dukungan keuangan untuk biaya tambahan pengadopsian teknologi pembersih baru (seperti telah dilakukan melalui Pembiayaan Multilateral untuk Pelaksanaan Protokol Montreal tentang Zat yang Menipiskan Lapisan Ozon (Multilateral Fund for the Implementation of the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer).

Kesepakatan global juga akan harus bisa diterima oleh negara-negara berpendapatan tinggi. Mereka mencemaskan permintaan keuangan yang dibebankan pada mereka dan ingin memastikan bahwa transfer bantuan memberikan hasil pada adaptasi dan mitigasi seperti yang diharapkan. Mereka juga peduli terhadap suatu pendekatan mengikat yang membiarkan negara berkembang untuk menunda aksi yang mungkin memengaruhi daya saing mereka sendiri dengan negara-negara berpenghasilan menengah utama.

Kesepakatan efektif: Pelajaran dari efektivitas bantuan dan persetujuan internasional. Satu kesepakatan iklim efektif akan mencapai sasaran-sasaran yang disepakati untuk mitigasi dan adaptasi. Desainnya dapat dibangun berdasarkan pelajaran-pelajaran dari efektivitas bantuan dan persetujuan internasional. Iklim keuangan bukanlah bantuan keuangan, tetapi bantuan pengalaman menawarkan pembelajaran penting. Secara khusus, telah menjadi hal yang jelas bahwa komitmen kurang dihormati kecuali jika mereka berkaitan dengan suatu kepentingan negara—debat antara persyaratan versus kepemilikan. Maka pembiayaan adaptasi dan mitigasi sebaiknya diorganisasi di sekitar proses yang mendorong perkembangan negara penerima dan agenda kepemilikan pembangunan rendah karbon. Pengalaman bantuan juga menunjukkan bahwa penggandaan sumber pembiayaan memaksakan biaya-biaya transaksi yang sangat besar di negara-negara penerima dan mengurangi efektivitas. Dan selagi sumber pembiayaan boleh jadi terpisahkan, pengeluaran sumber daya adaptasi dan mitigasi harus terintegrasi secara penuh dalam usaha-usaha pembangunan.

Persetujuan internasional juga menunjukkan bahwa pendekatan terikat dapat menjadi suatu cara yang sesuai untuk membawa perbedaan besar pada masing-masing mitra menjadi sebuah kesepakatan tunggal. Melihat Organisasi Perdagangan Dunia (World Trade Organization—WTO): perlakuan berbeda dan khusus untuk negara berkembang merupakan gambaran dari sistem perdagangan multilateral untuk sebagian besar periode pascaperang. Usulan-usulan muncul di dalam negosiasi-negosiasi iklim di sekeliling kerangka multijalur yang dikemukakan

dalam Rencana Aksi UNFCCC di Bali (UNFCCC's Bali Action Plan).⁸⁸ Usulan-usulan tersebut akan membuat negara maju berkomitmen terhadap sasaran-sasaran hasil, di mana “hasil”-nya adalah emisi gas rumah kaca, dan negara-negara berkembang berkomitmen terhadap perubahan kebijakan dibanding target-target emisi.

Pendekatan ini diserukan untuk tiga pertimbangan. Pertama, dapat meningkatkan peluang mitigasi yang membawa keuntungan sampingan pembangunan. Kedua, hal itu sesuai untuk negara maju, di mana pertumbuhan populasi dan ekonomi cepat sedang mengendalikan perluasan yang cepat dari modal saham (dengan peluang untuk terkuncinya kebaikan atau keburukan di dalam) dan meningkatkan urgensi perpindahan energi, perkotaan, dan sistem transportasi menuju jalur rendah karbon. Kebijakan berbasis jalur dapat menawarkan suatu kerangka yang baik untuk negara-negara dengan suatu bagian yang tinggi emisi yang sulit diukur dari pengguna lahan, perubahan tata guna lahan, dan kehutanan. Ketiga, pendekatan tersebut lebih sedikit memerlukan pemantauan bagian yang rumit—tantangan untuk banyak negara. Meskipun demikian, beberapa pemantauan dan evaluasi menyeluruh terhadap pendekatan ini adalah penting, jika tidak, hanya memahami keefektifannya saja.

Kesepakatan yang efisien: Peran keuangan iklim

Keuangan iklim dapat mendamaikan keadilan dan efisiensi dengan memisahkan di mana aksi iklim berlangsung dari siapa yang membayarnya. Keuangan yang mencukupi mengalir ke negara berkembang—yang dikombinasikan dengan pembangunan kapasitas dan

akses pada teknologi—dapat mendukung pertumbuhan dan pembangunan rendah karbon. Jika keuangan mitigasi diarahkan kepada pembiayaan mitigasi terendah, efisiensi akan meningkat. Jika keuangan adaptasi diarahkan pada kebutuhan terbesar, penyebab penderitaan dan kerugian dapat dihindarkan. Keuangan iklim menawarkan keinginan untuk mendamaikan keadilan, efisiensi, dan keefektifan dalam menghadapi perubahan iklim.

Akan tetapi tingkat keuangan iklim masih kurang banyak dibandingkan dengan kebutuhan-kebutuhan yang dapat diduga. Taksiran yang disajikan pada Tabel 1 menyarankan biaya-biaya mitigasi pada negara berkembang yang dapat mencapai \$140–\$175 miliar per tahun hingga 2030 dengan pembiayaan yang berkaitan dengan kebutuhan sebesar \$265–\$565 miliar. Aliran keuangan mitigasi rata-rata saat ini sekitar \$8 miliar per tahun hingga 2012 dengan perbandingan kasar. Dan sekitar \$30–\$100 miliar yang diperlukan setiap tahunnya untuk adaptasi pada negara-negara berkembang mengecil hingga kurang dari \$1 miliar per tahun, kini tersedia (Figur 10).

Gabungan kekurangan keuangan iklim merupakan ketidakefektifan yang signifikan dalam hal bagaimana dana dihasilkan dan disebarkan. Kunci permasalahan termasuk pemecahan sumber daya keuangan; mahalnnya penerapan mekanisme pasar seperti Mekanisme Pembangunan Bersih (Clean Development Mechanism—CDM); dan ketidakcukupan, penyimpangan instrumen-instrumen untuk mencapai keuangan adaptasi.

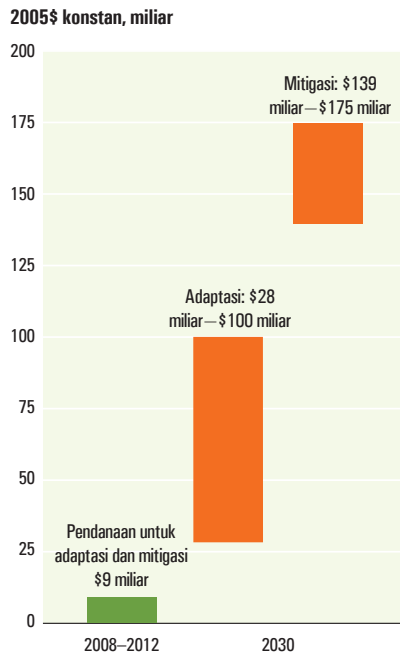
Bab 6 mengidentifikasi hampir 20 dana bilateral dan multilateral yang berbeda untuk perubahan iklim yang tengah diusulkan atau dijalankan.

Pemecahan ini memiliki biaya yang diidentifikasi pada Deklarasi Paris tentang Keefektifan Bantuan (Paris Declaration on Aid Effectiveness): masing-masing dana mempunyai tata kelola sendiri, meningkatkan biaya transaksi untuk negara berkembang; dan keselarasan dengan tujuan pembangunan negara akan mengalami hambatan jika sumber keuangan terbatas. Ajaran lain dari Deklarasi Paris, termasuk kepemilikan, harmonisasi penyumbang, dan tanggung-jawab bersama, juga terhambat ketika pembiayaan terpecah-pecah. Satu konsolidasi pembiayaan ke dalam suatu nilai terbatas adalah jelas terjamin.

Melihat ke depan, penetapan harga karbon (apakah melalui suatu pajak atau melalui suatu skema pelindung dan perdagangan) merupakan cara yang optimal untuk memicu sumber daya keuangan-karbon dan mengarahkan sumber daya tersebut pada peluang yang efisien. Tidak lama lagi, bagaimanapun juga, CDM dan mekanisme lain yang berbasis kinerja untuk pengganti karbon mungkin masih akan menjadi kunci instrumen berbasis pasar untuk keuangan mitigasi pada negara berkembang dan kemudian menjadi penting dalam penambahan transfer langsung dari negara-negara berpendapatan tinggi.

CDM di dalam banyak cara melebihi yang diharapkan, tumbuh dengan cepat, menstimulasi pembelajaran, meningkatkan kewaspadaan terhadap pilihan-pilihan mitigasi, dan membangun kapasitas. Akan tetapi hal itu juga memiliki banyak keterbatasan, termasuk pembangunan rendah keuntungan, tambahan-tambahan yang diragukan (karena CDM menghasilkan kredit-kredit karbon untuk pengurangan emisi relatif dengan garis dasar, pilihan dari garis dasar dapat selalu dipertanyakan),

Figur 10 Jurangnya lebar: Perkiraan biaya tambahan iklim tahunan yang dibutuhkan untuk jalur 2°C dibandingkan dengan sumber daya yang ada



Sumber: Lihat Tabel 1 pada halaman 12 dan penjelasan pada Bab 6.
 Catatan: Biaya mitigasi dan adaptasi hanya untuk negara berkembang. Grafik batang menggambarkan rentang estimasi biaya tambahan usaha-usaha adaptasi dan mitigasi yang diasosiasikan dengan jalur 2°C. Pembiayaan mitigasi membutuhkan penambahan biaya yang digambarkan di sini, lebih tinggi, terentang antara 265 miliar dollar dan 565 miliar dollar per tahunnya sampai 2030.

tata kelola yang lemah, pelaksanaan yang tidak efisien, lingkup yang terbatas (sektor-sektor kunci seperti transportasi tidak tercakup), dan perhatian terhadap kesinambungan pasar hingga 2012.⁹⁰ Demi efektivitas aksi-aksi iklim ini, penting juga untuk memahami bahwa transaksi-transaksi CDM tidak mengurangi karbon emisi global di luar kesepakatan—hanya mengubah secara sederhana di mana hal itu terjadi (pada negara-degara berkembang daripada negara-negara maju) dan menurunkan biaya mitigasi (dengan demikian meningkatkan efisiensi).

Dana Adaptasi (Adaptation Fund) berdasarkan Protokol Kyoto mempekerjakan suatu instrumen pembiayaan baru berupa pajak 2 persen atas pengurangan emisi bersertifikat

KOTAK 8**Aturan penggunaan lahan, pertanian, dan kehutanan dalam pengelolaan perubahan iklim**

Penggunaan lahan, pertanian, dan kehutanan mempunyai potensi mitigasi yang substansial tetapi terus diperdebatkan dalam berbagai negosiasi iklim. Dapatkah emisi dan penangkapan karbon diukur dengan akurasi yang memadai? Apa yang harus dilakukan mengenai fluktuasi alamiah dalam pertumbuhan dan kehilangan akibat kebakaran yang terkait dengan perubahan iklim? Haruskah negara-negara mendapatkan kredit atas tindakan-tindakan yang dilakukan beberapa dekade atau abad sebelum negosiasi iklim dilaksanakan? Akankah kredit dari aktivitas berbasis lahan membantiri pasar karbon dan menurunkan harga karbon, mengurangi insentif untuk mitigasi selanjutnya? Kemajuan telah tercapai dalam sebagian besar masalah ini, dan Intergovernmental Panel on Climate Change telah mengembangkan panduan untuk mengukur gas-gas rumah kaca yang berhubungan dengan lahan.

Deforestasi global rata-rata sebesar 7,3 juta hektar per tahun dari 2000 hingga 2005, mengontribusikan sekitar 5 gigaton CO₂ setahunnya dalam emisi, atau diperlukan pengurangan emisi sekitar seperempatnya. Pengurangan 0,9 gigaton lagi berasal dari reforestasi dan manajemen hutan yang lebih baik di negara-negara berkembang. Akan tetapi

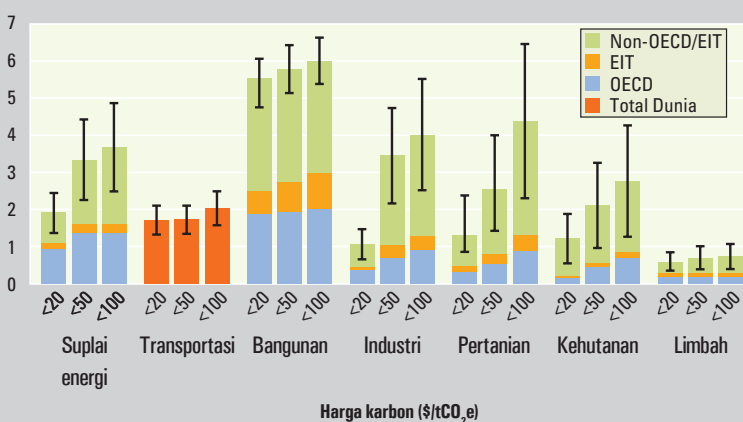
perbaikan manajemen hutan dan pengurangan deforestasi di negara-negara berkembang saat ini tidak menjadi bagian dari Mekanisme Pembangunan Bersih UNFCCC yang berskala internasional.

Juga terdapat ketertarikan dalam menciptakan mekanisme pembayaran untuk

manajemen karbon tanah yang diperbaiki dan gas rumah kaca lainnya yang dihasilkan dari pertanian. Secara teknis, sekitar 6 gigaton CO₂e pada emisi dapat dikurangi melalui pengurangan pembajakan tanah, manajemen lahan basah dan sawah yang lebih baik, dan manajemen ternak dan manure. Sekitar 1,5 gigaton pengurangan

Bukan hanya tentang energi: Pada harga karbon tinggi yang dikombinasikan dengan potensi mitigasi pertanian dan kehutanan lebih tinggi daripada sektor ekonomi individual lainnya

Potensi pengurangan emisi (GtCO₂e/tahun)



Sumber: Barker dkk. 2007b, Figur TS.27

Catatan: EIT = Economic in transition (ekonomi dalam masa transisi). Kisaran potensi ekonomi global seperti yang dinilai pada masing-masing sektor ditunjukkan dengan garis-garis hitam vertikal.

(Bersambung)

(satunya dari potongan karbon yang dihasilkan oleh CDM). Hal ini dengan jelas menaikkan pembiayaan yang merupakan tambahan pada sumber daya lainnya, tetapi seperti yang ditegaskan dalam Bab 6, pendekatan ini mempunyai beberapa ciri-ciri yang tidak diinginkan. Instrumen mengenakan pajak pada sesuatu yang baik (pembiayaan mitigasi) daripada sesuatu yang tidak baik (emisi karbon) dan seperti pajak lainnya, ada pemborosan yang tidak terelakkan (kehilangan bobot mati). Analisis pasar CDM menyatakan bahwa mayoritas hilangnya keuntungan dari perdagangan adalah hasil dari pajak yang akan menurun pada negara berkembang

pemasok kredit karbon.⁹¹ keuangan adaptasi juga akan membutuhkan mekanisme alokasi yang idealnya akan merangkul prinsip transparansi, efisiensi, dan keadilan—pendekatan efisien akan mengarahkan keuangan pada negara yang paling rentan dan yang mempunyai kapasitas untuk mengatur adaptasi, sementara keadilan akan membutuhkan beberapa bagian yang akan diserahkan pada negara yang paling miskin.

Memperkuat dan memperluas rezim keuangan iklim akan membutuhkan reformasi instrumen yang sudah ada dan mengembangkan sumber daya baru keuangan iklim (lihat Bab 6). Reformasi CDM khususnya penting untuk melihat

KOTAK 8 (Lanjutan)

emisi per tahun dapat dicapai dengan pertanian untuk harga karbon CO₂e sebesar \$20 per ton (figur).

Mitigasi kehutanan dan pertanian akan mempunyai beberapa keuntungan sampingan. Pemeliharaan hutan masih membuka pilihan yang luas untuk diversitas dan mata pencaharian, melindungi keragaman hayati, dan sebagai penyangga melawan episode ekstrem seperti banjir dan tanah longsor. Pengurangan pembajakan dan manajemen pupuk yang lebih baik dapat memperbaiki produktivitas. Dan sumber daya yang dihasilkan dapat menjadi substansial—setidaknya untuk negara-negara dengan hutan yang luas: jika pasar karbon hutan mencapai potensi tertingginya, Indonesia dapat memperoleh \$400 juta sampai \$2 miliar per tahun. Seperti pada karbon tanah, bahkan di Afrika, di mana tutupan lahan relatif miskin karbon mendekati setengah benua, potensi penangkapan karbon tanah sebesar 100 juta sampai 400 juta ton CO₂e per tahun. Dengan kisaran \$10 per ton, jumlah tersebut setara dengan bantuan pembangunan resmi untuk Afrika saat ini.

Terutama melalui upaya-upaya sekelompok negara-negara berkembang yang tergabung dalam Coalition of Rainforests, penggunaan lahan, perubahan tata guna lahan,

dan akuntansi kehutanan telah dikenalkan kembali dalam agenda UNFCCC. Negara-negara tersebut mencari peluang untuk berkontribusi dalam mengurangi emisi berdasarkan pada tanggung jawab umum mereka yang telah didiferensiasi dan untuk mencapai keuangan karbon untuk mengatur sistem kehutanan mereka dengan lebih baik. Negosiasi atas apa yang telah terjadi dikenal dengan REDD (Reduced Emissions from Deforestation and Forest Degradation) masih berlanjut, tetapi mayoritas mengharapkan beberapa elemen REDD menjadi bagian dari kesepakatan di Copenhagen.

Inisiatif tentang karbon tanah tidak begitu berkembang. Sementara pemerangkapan karbon pada pertanian akan menjadi murah, mudah secara teknis, dan merespons dengan efisien perubahan iklim, mengembangkan pasar untuk hal itu tidak gampang. Proyek percontohan di Kenya (lihat Bab 3) dan kehilangan karbon tanah di Chicago Climate Exchange membuka peluang. Tiga langkah dapat membantu pergerakan pemerangkapan karbon tanah melangkah maju.

Pertama, pemantauan karbon harus mengikuti pendekatan “berbasis aktivitas”, di mana pengurangan emisi diestimasikan berdasarkan pada aktivitas yang dilakukan petani daripada analisis tanah yang sangat mahal. Faktor pengurangan emisi yang spesifik

dan konservatif dapat diterapkan untuk zona agroekologi dan iklim yang berbeda-beda. Hal ini lebih mudah, lebih murah, dan lebih mudah diprediksi oleh petani, yang mengetahui apa yang harus dibayar ke depannya, dan kemungkinan penalti, merupakan aktivitas yang telah ada.

Kedua, biaya transaksi dapat dikurangi dengan “agregator” yang mengombinasikan aktivitas petani-petani kecil, seperti pada proyek percontohan di Kenya. Dengan bekerja dengan banyak petani, agregator dapat membangun penyangga permanen dan rata-rata umum pemerangkapan yang reversal. Mengumpulkan portofolio proyek-proyek dengan perkiraan konservasi yang permanen dapat membuat pemerangkapan karbon tanah ekuivalen penuh dengan pengurangan CO₂ di sektor lain.

Ketiga, bantuan logistik, khususnya untuk petani-petani miskin yang membutuhkan bantuan untuk membiayai biaya di bayar di muka, harus memasukkan layanan perpanjangan yang diperkuat. Ketiga hal itu adalah kunci untuk menyebarluaskan praktik pemerangkapan dan peluang keuangan.

Sumber: Canadell dkk. 2007; Eliasch 2008; FAO 2005; Smith dkk. 2008; Smith dkk. 2009; Tschakert 2004; UNEP 1990; Voluntary Carbon Standard 2007; World Bank 2008c.

fungisnya memicu proyek keuangan karbon di negara berkembang. Serangkaian proposal bertujuan mengurangi biaya melalui persetujuan proyek perampingan, termasuk perbaikan fungsi peninjauan dan administrasi. Kunci rangkaian proposal kedua berfokus pada perizinan CDM untuk mendukung perubahan dalam kebijakan dan program-program daripada membatasi suatu proyek. “Sector no-lose targets” adalah salah satu contoh kinerja berbasis skema, di mana dapat menunjukkan pengurangan emisi karbon sektoral di bawah garis dasar yang disetujui dapat dikompensasikan melalui penjualan kredit karbon, dengan tanpa penalti jika pengurangan tidak tercapai.

Perhutanan adalah area lain di mana keuangan iklim dapat mengurangi emisi (Kotak 8). Mekanisme tambahan untuk penetapan harga karbon hutan tampaknya akan muncul dari negosiasi iklim saat ini. Telah ada beberapa inisiatif, termasuk World Bank’s Forest Carbon Partnership Facility (Fasilitas Kerja Sama Karbon Hutan World Bank), mengeksplor bagaimana insentif keuangan dapat mengurangi deforestasi di negara-negara berkembang sehingga mengurangi emisi karbon. Tantangan besar termasuk mengembangkan strategi nasional dan kerangka kerja implementasi untuk mengurangi emisi karbon dari deforestasi dan degradasi; dan sistem

untuk memantau, melaporkan, dan memverifikasi.

Usaha-usaha mengurangi emisi karbon tanah (melalui insentif untuk mengubah praktik pembajakan, misalnya) juga dapat menjadi sasaran insentif keuangan—dan juga penting untuk memastikan kawasan alami tidak dikonversi menjadi lahan produksi makanan dan biofuel. Akan tetapi metodenya kurang matang dibandingkan dengan karbon hutan, dan kebanyakan permasalahan pemantauan akan perlu dipecahkan (lihat Kotak 8). Program percontohan harus dikembangkan dengan cepat untuk mencapai pertanian yang lebih berketahanan dan berkelanjutan dan untuk membawa lebih banyak sumber daya dan inovasi pada sektor yang kekurangan selama dekade terakhir.⁹²

Di antara negara-negara, peranan sektor publik akan menjadi penting dalam usaha membentuk insentif untuk aksi iklim (melalui subsidi, pajak, *caps*, atau regulasi), menyediakan informasi dan pendidikan, serta menghilangkan kegagalan pasar yang menghambat aksi. Akan tetapi banyak keuangan akan datang dari sektor swasta, khususnya untuk adaptasi. Untuk penyedia layanan infrastruktur swasta, fleksibilitas rezim pengaturan akan menjadi krusial dalam menyediakan insentif untuk investasi dan pelaksanaan percobaan iklim. Sementara akan menjadi mungkin untuk memengaruhi keuangan swasta untuk investasi adaptasi spesifik (seperti pertahanan banjir), pengalaman yang berkaitan dengan kerja sama swasta-publik pada dalam infrastruktur di negara-negara berkembang menunjukkan bahwa lingkungannya sedikit.

Memacu keuangan tambahan untuk adaptasi adalah prioritas kunci, dan skema inovasi seperti *auctioning assigned*

amount units (AAU, pembatasan yang mengikat yang dapat diterima sesuai UNFCCC), mengenakan pajak pada emisi transpor internasional, dan pajak karbon global mempunyai potensi untuk meningkatkan puluhan miliar dollar keuangan baru setiap tahun. Untuk mitigasi, jelas bahwa mempunyai harga yang efisien untuk karbon, baik melalui pajak atau pembatasan dan perdagangan (*cap-and-trade*), akan dapat ditransformasi. Apabila hal ini tercapai, sektor swasta akan dapat menyediakan kebutuhan keuangan sebagai faktor investor dan konsumen pada harga karbon. Akan tetapi pajak karbon nasional atau pasar karbon tidak perlu menyediakan aliran dana ke negara-negara berkembang. Jika solusi terhadap permasalahan iklim dianggap layak, CDM yang direformasi dan kinerja berbasis skema lainnya, alokasi dan penjualan AAU, dan transfer fiskal, semuanya akan menyediakan dana untuk negara-negara berkembang.

Sementara Laporan ini dicetak, negara-negara bergabung dalam negosiasi kesepakatan iklim global di bawah naungan UNFCCC. Beberapa negara-negara ini juga berada dalam pergolakan menghadapi beberapa krisis keuangan pada dekade ini. Kesulitan fiskal dan kebutuhan segera dapat membuatnya semakin sulit untuk membuat badan legislatif menyetujui pemakaian sumber daya pada apa yang dianggap keliru sebagai ancaman jangka panjang.

Walaupun beberapa negara telah mengadopsi paket pemulihan fiskal menjadi ekonomi hijau selagi memulihkan pertumbuhan, untuk total global senilai lebih dari \$400 miliar sampai bertahun-tahun mendatang dengan harapan menstimulasi ekonomi dan membuka lapangan kerja.⁹³ Investasi pada efisiensi energi dapat melipatgandakan

dividen sempanan energi yang lebih besar, beberapa emisi, dan lebih banyak lapangan kerja.

Negosiasi-negosiasi iklim saat ini, mencapai puncaknya di Kopenhagen pada bulan Desember 2009, telah membuat kemajuan yang lambat—inersia di dunia politik. Untuk semua pertimbangan yang digarispawahi dalam Laporan ini—inersia dalam sistem iklim, inersia dalam infrastruktur, inersia dalam sistem sosioekonomi—kesepakatan iklim sangat diperlukan. Akan tetapi itu harus merupakan suatu kesepakatan yang cerdas, sesuatu yang menciptakan insentif untuk solusi-solusi yang efisien, untuk aliran dari keuangan dan pembangunan teknologi yang baru. Dan itu harus menjadi sebuah kesepakatan yang layak, sesuatu yang mencakup kebutuhan dan cita-cita negara-negara berkembang. Hanya ini yang dapat menciptakan hak iklim untuk pembangunan.

Catatan

1. Kemiskinan ekstrem didefinisikan sebagai hidup dengan kurang dari atau sama dengan \$1,25 per hari. Chen dan Ravallion 2008.

2. FAO 2009b.

3. Article 2 dari United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) menyerukan untuk

menstabilisasikan konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer pada tingkat yang dapat “mencegah interferensi antropogenik (disebabkan oleh manusia) yang berbahaya dengan sistem iklim.” <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf> (diakses 1 Agustus 2009).

4. Didefinisikan sebagai karbon yang diemisikan per dolar PDB.

5. Pada skala global, hal ini akan mengurangi emisi CO₂ sebesar 4–6 gigaton per tahun dengan bauran energi yang sekarang di dalam sektor energi dan industri (IEA 2008e). Reduksi yang serupa juga dapat tercapai dalam sektor bangunan di negara-negara berpendapatan tinggi. Lihat, misalnya, Mills 2009.

6. World Bank 2009b.

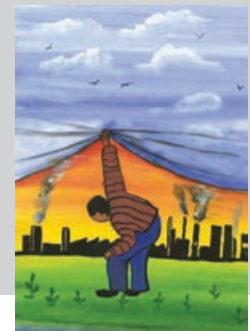
7. de la Torre, Fajnzylber, dan Nash 2008.

8. Gas-gas rumah kaca masing-masing memiliki potensi penyimpanan panas yang berbeda. Konsentrasi karbon dioksida ekuivalen (CO₂e) dapat digunakan untuk menjelaskan dampak pemanasan global secara komposit dari gas-gas ini, dinyatakan dalam jumlah CO₂ yang akan memiliki potensi penyimpanan panas yang sama di sepanjang suatu periode waktu tertentu.

9. Perhitungan penulis, berdasarkan data dari Climate Analysis Indicators

Banyak orang mengambil tindakan untuk melindungi lingkungan kami. Aku rasa hanya dengan bekerja sama sebagai tim, kita akan sukses membuat perubahan. Bahkan anak-anak dapat bergabung bersama untuk membantu karena kami adalah generasi masa depan dan kami harus menjaga lingkungan alam kami.

—Adrian Lau Tsun Yin, China, umur 8



Anoushka Bhari, Kenya, umur 8

Tool (WRI 2008). Kisarannya akan jauh lebih besar jika negara-negara kepulauan kecil seperti Barbados (4,6 ton CO₂e per kapita) dan negara-negara penghasil minyak bumi seperti Qatar (55 ton CO₂e per kapita) atau Uni Emirat Arab (39 ton CO₂e per kapita) diikutsertakan.

10. IEA 2008c.

11. Edmonds dkk. 2008; Hamilton 2009. Blanford, Richels, dan Rutherford (2008) juga menunjukkan penghematan yang substansial dari negara-negara yang mengumumkan, jauh di awal, tanggal mereka akan memulai mitigasi, karena hal itu memungkinkan mereka yang berinvestasi pada aset-aset jangka panjang untuk mempertimbangkan perubahan yang mungkin terjadi dalam rezim regulasi di masa mendatang dan harga karbon, sehingga meminimalkan jumlah aset yang akan hilang.

12. Krisis keuangan yang sangat tersinkronisasi di berbagai negara juga terkait dengan durasi yang serupa dan juga diikuti oleh pemulihan yang serupa, meskipun kerugiannya cenderung lebih besar (5 persen dari PDB secara rata-rata). IMF 2009, Tabel 3.1. Bahkan Depresi Besar di Amerika Serikat hanya berlangsung selama tiga setengah tahun, dari Agustus 1929 hingga Maret 1933. National Bureau of Economic Research Business Cycle Expansion and Contraction, <http://www.nber.org/cycles.html> (diakses 1 Agustus 2009).

13. Matthews dan Caldeira 2008.

14. Schaeffer dkk. 2008.

15. Sementara pertanyaan mengenai apa yang dimaksud dengan perubahan iklim yang berbahaya membutuhkan pertimbangan nilai, rangkuman dari penelitian terkini oleh Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC—Panel Ahli Antarnegara tentang Perubahan Iklim) menunjukkan bahwa pemanasan sebesar lebih dari 2°C di atas tingkat

praindustri akan meningkatkan risiko secara tajam, sehingga “ada manfaat yang signifikan yang timbul dari pembatasan suhu agar tidak naik sebesar lebih dari 1,6°C–2,6°C.” Fisher dkk. 2007; IPCC 2007b; IPCC 2007c; Parry dkk. 2007. Publikasi ilmiah yang baru-baru ini mendukung lebih lanjut gagasan bahwa pemanasan haruslah dibatasi untuk tetap berada sedekat mungkin dengan 2°C di atas suhu praindustri. Fokus A Ilmu Perubahan Iklim; Mann 2009; Smith dkk. 2009. International Scientific Congress on Climate Change 2009 menyimpulkan bahwa “semakin banyak yang setuju bahwa pemanasan di atas 2°C akan sangat sulit diatasi oleh masyarakat dan ekosistem kontemporer.” <http://climatecongress.ku.dk/> (diakses 1 Agustus 2009). Seruan-seruan lainnya untuk menjaga agar pemanasan tidak melebihi 2°C berasal dari European Commission 2007; SEG 2007; dan International Scientific Steering Committee 2005. Para pemimpin di negara-negara Australia, Brazil, Kanada, China, Uni Eropa, Prancis, Jerman, India, Indonesia, Italia, Jepang, Republik Korea, Meksiko, Federasi Rusia, Afrika Selatan, Inggris Raya, dan Amerika Serikat—yang bertemu di Major Economies Forum on Energy and Climate pada bulan Juli 2009—menyadari “pandangan ilmiah bahwa peningkatan suhu rata-rata global di atas tingkat praindustri tidak boleh sampai melebihi 2°C.” http://usclimatenetwork.org/resource-database/MEF_Declaration1-0.pdf (diakses 1 Agustus 2009).

16. IPCC 2007c.

17. Raupach dkk. 2007.

18. Lawrence dkk. 2008; Matthews dan Keith 2007; Parry dkk. 2008; Scheffer, Brovkin, dan Cox 2006; Torn dan Harte 2006; Walter dkk. 2006.

19. Horton dkk. 2008.

20. Estimasi ini tidak memperhitungkan meningkatnya kerusakan dari serangan badai, dan menggunakan aktivitas ekonomi dan populasi yang sekarang. Jadi tanpa adanya adaptasi berskala besar, hal ini mungkin sekali merupakan perkiraan yang terlalu rendah. Dasgupta dkk. 2009.

21. Stern 2007.

22. Easterling dkk. 2007, Tabel 5.6, hal. 299.

23. Parry dkk. 2007, Tabel TS.3, hal. 66.

24. Nordhaus dan Boyer 2000. Stern (2007) juga mendapati bahwa kerugian-kerugian yang disebabkan oleh perubahan iklim akan lebih besar di India dan Asia Tenggara daripada di dunia secara rata-rata.

25. Nordhaus 2008; Stern 2007; Yohe dkk. 2007, Figur 20.3.

26. Model PAGE, yang digunakan untuk Stern Review of Climate Change, mengestimasi bahwa 80 persen dari biaya kerusakan akan ditanggung oleh negara-negara berkembang; Hope (2009), dengan rincian data yang lebih lanjut yang disampaikan oleh penulis. Model RICE (Nordhaus dan Boyer 2000), yang dikembangkan untuk menyertakan adaptasi dalam de Bruin, Dellink, dan Agrawala (2009), menunjukkan bahwa sekitar tiga perempat dari biaya kerusakan akan ditanggung oleh negara-negara berkembang. Lihat juga Smith dkk. (2009); Tol (2008). Perhatikan bahwa ini mungkin merupakan suatu perkiraan yang terlalu rendah, karena tidak memperhitungkan nilai dari layanan ekosistem yang hilang. Lihat Bab 1 untuk pembahasan mengenai batasan dari kemampuan model-model untuk memperhitungkan biaya-biaya dari berbagai dampak.

27. Dicatat selama konsultasi dengan negara-negara Afrika Timur dan Amerika Latin.

28. Barbera dan McConnell 1990; Barrett 2003; Burtraw dkk. 2005; Jaffe dkk. 1995; Meyer 1995.

29. Hope 2009; Nordhaus 2008.

30. Nordhaus 2008.

31. Hanya sedikit model yang mengikutsertakan biaya-biaya adaptasi. Lihat de Bruin, Dellink, dan Agrawala (2009) untuk pembahasannya.

32. Nordhaus 2008, hal. 86, Figur 5.3. Nordhaus mendapati bahwa biaya tambahan untuk menstabilisasi pemanasan pada 2°C dan bukan pada sasaran optimalnya, 3,5°C, adalah 0,3 persen dari PDB tahunan. Biaya tambahannya lagi untuk 2,5°C alih-alih 3,5°C adalah kurang dari 0,1 persen dari PDB tahunan.

33. Rata-rata untuk negara berkembang adalah 1,5 persen dari PDB; termasuk asuransi kesehatan dan tidak memperhitungkan asuransi jiwa. Swiss Re 2007.

34. McKinsey & Company 2009.

35. Dalam dolar 2005 konstan. World Bank 2009c.

36. Adger dkk. 2009.

37. IPCC 2001.

38. Mignone dkk. 2008. Hal ini berlaku tanpa adanya teknologi rekayasa bumi yang efektif dan berterima (lihat Bab 7).

39. Hal ini dapat muncul dari skala ekonomi dalam penyediaan teknologi (begitu pula kasusnya dengan program nuklir Prancis dan tampaknya merupakan suatu masalah bagi tenaga surya terkonsentrasi); dampak-dampak jaringan (untuk suatu program konstruksi rel atau jalan tol); atau goncangan demografis atau ekonomis. Ini dan bagian selanjutnya dari paragraf tersebut didasarkan pada Shalizi dan Lecocq 2009.

40. Shalizi dan Lecocq 2009.

41. Folger 2006; Levin dkk. 2007.

42. Häfele dkk. 1981, sebagaimana dikutip di Ha-Duong, Grubb, dan Hourcade 1997.
43. Davis dan Owens 2003; IEA 2008b; Nemet dan Kammen 2007; SEG 2007; Stern 2007.
44. Repetto 2008.
45. Stern 2007, Bagian VI.
46. Didasarkan pada formula yang digunakan dalam Nordhaus 2008.
47. Ini adalah nilai-nilai yang dibulatkan berdasarkan hal-hal berikut. IPCC mengestimasi bahwa pada harga-harga karbon hingga \$50 per ton CO₂e, sekitar 65 persen reduksi emisi akan terjadi di negara-negara berkembang sampai tahun 2030 (Barker dkk. 2007a, Tabel 11.3). McKinsey & Company (2009) mengestimasi nilainya pada 68 persen untuk skenario 450 bpj jika dilakukan menggunakan alokasi berbiaya minimal. Mengenai bagian berbiaya minimal dari investasi mitigasi global hingga 2030 yang terjadi di negara-negara berkembang, diperkirakan nilainya mencapai 44–67 persen untuk konsentrasi CO₂e sebanyak 450 bpj (lihat Tabel 4.2: 44 persen, MESSAGE; 56 persen, McKinsey; 67 persen, IEA ETP) meskipun suatu estimasi yang agak berbeda dikemukakan oleh REMIND (91 persen). Selama abad ini (menggunakan nilai sekarang untuk semua investasi hingga 2100), bagian yang diestimasi dari negara-negara berkembang menjadi sedikit lebih tinggi, berkisar antara 66 persen (Edmonds dkk. 2008) dan 71 persen (Hope 2009).
48. Edmonds dkk. 2008.
49. Untuk skenario stabilisasi pada konsentrasi CO₂e sebesar 425–450 bpj, atau 2°C, , IIASA (2009) mengestimasi biayanya pada \$4 triliun; Knopf dkk. (akan terbit) pada \$6 triliun; Edmonds dkk. (2008) pada \$9 triliun; Nordhaus (2008) pada \$11 triliun; dan Hope (2009) pada \$25 triliun. Ini adalah nilai-nilai di masa sekarang, dan perbedaannya yang besar di antara mereka sebagian besar didorong oleh penggunaan tingkat diskon yang berbeda. Semuanya mengikuti suatu skenario terbaik pertama di mana terjadi mitigasi di manapun dan kapanpun mitigasi tersebut paling efektif dari segi biaya.
50. Hamilton 2009.
51. The Nameless Hurricane, http://science.nasa.gov/headlines/y2004/02apr_hurricane.htm (diakses 12 Maret 2009).
52. Rogers 2009; Westermeyer 2009.
53. OECS 2004.
54. World Bank 2008a.
55. Kanbur 2009.
56. FAO 2009a.
57. Worldwatch Institute, “State of the World 2005 Trends and Facts: Water Conflict and Security Cooperation,” <http://www.worldwatch.org/node/69> (diakses 1 Juli 2009); Wolf dkk. 1999.
58. Easterling dkk. 2007; Fisher dkk. 2007.
59. FAO 2008.
60. von Braun dkk. 2008; World Bank 2009a.
61. Sterner 2007. Harga bahan bakar rata-rata di zona Euro tahun 2007 adalah lebih dari dua kali lipat harga di AS (\$1,54 per liter dibandingkan dengan 63 sen per liter). Variasi dalam emisi yang tidak didorong oleh pendapatan dapat ditangkap oleh residu dari regresi emisi per kapita terhadap pendapatan. Ketika residu-residu ini diregresikan terhadap harga-harga bensin, maka elastisitasnya diperkirakan bernilai –0,5, yang berarti bahwa menggandakan harga bahan bakar akan mengurangi emisi sekitar setengahnya, dengan menjaga pendapatan per kapita konstan. 62.

- Didasarkan pada harga listrik rata-rata untuk rumah tangga di 2006–07 dari U.S. Energy Information Agency, <http://www.eia.doe.gov/emeu/international/elecprhi.html> (diakses 1 Agustus 2009).
63. Data emisi dari WRI (2008).
 64. IEA 2008d; UNEP 2008. Suatu laporan pada tahun 2004 oleh European Environment Agency (EEA 2004) mengestimasi subsidi di Eropa terhadap energi sebesar €30 miliar di tahun 2001, dua pertiganya untuk bahan bakar fosil, sisanya untuk nuklir dan sumber terbarukan.
 65. <http://www.eia.doe.gov/emeu/international/elecprhi.html> (diakses Juli 2009).
 66. Price dan Worrell 2006.
 67. ESMAP 2006.
 68. <http://co2captureandstorage.info/index.htm> (diakses 1 Agustus 2009).
 69. Calvin dkk., akan diterbitkan; IEA 2008a.
 70. Gurgel, Reilly, dan Paltsev 2007; IEA 2006; Wise dkk. 2009.
 71. NRC 2007; Tilman, Hill, dan Lehman 2006; WBGU 2009.
 72. OECD 2008.
 73. Lotze-Campen dkk. 2009; Wise dkk. 2009. Lihat bab 3 untuk pembahasannya.
 74. Scherr dan McNeely 2008.
 75. World Bank 2007b.
 76. Milly dkk. 2008.
 77. Fay, Block, dan Ebinger 2010; Ligeti, Penney, dan Wieditz 2007; Heinz Center 2007.
 78. Lempert dan Schlesinger 2000.
 79. Keller, Yohe, dan Schlesinger 2008.
 80. Cass 2005; Davenport 2008; Dolsak 2001; Kunkel, Jacob, dan Busch 2006.
 81. Alber dan Kern 2008.
 82. Guth, Schmittberger, dan Schwarze 1982; Camerer dan Thaler 1995; Irwin 2009; Ruffle 1998.
 83. *Times of India*, <http://timesofindia.indiatimes.com/NEWS/India/Even-in-2031-Indias-per-capita-emission-will-be-1/7th-of-US/articleshow/4717472.cms> (diakses August 2009).
 84. Dechezleprêtre dkk. 2008.
 85. Maini 2005; Nagrath 2007.
 86. Haites dkk. 2006.
 87. <http://www.gefweb.org/uploadedFiles/Publications/ClimateChange-FS-June2009.pdf> (diakses 6 Juli 2009).
 88. http://unfccc.int/meetings/cop_13/items/4049.php (diakses 1 Agustus 2009).
 89. Pembangunan dan bantuan yang telah digerakkan oleh masyarakat menuju evaluasi dampak dan bantuan berbasis hasil, menunjukkan suatu tingkat frustrasi dengan program-program berbasis input (di mana jumlah dana yang dikeluarkan dan jumlah sekolah yang dibangun dipantau, dibandingkan dengan jumlah anak yang lulus dari sekolah atau perbaikan dari kinerja mereka). Akan tetapi, terdapat suatu perbedaan dalam hal pendefinisian pendekatan “berbasis input” dalam kasus ini, karena “input-inputnya” adalah perubahan kebijakan alih-alih input finansial yang terdefinisi secara sempit—adopsi dan penegakan standar efisiensi bahan bakar, alih-alih pengeluaran publik untuk suatu program efisiensi. Bagaimanapun juga, pemantauan dan evaluasi akan tetap penting untuk mengetahui apa yang benar-benar bekerja.
 90. Olsen 2007; Sutter dan Parreno 2007; Olsen dan Fenhann 2008; Nussbaumer 2009; Michaelowa dan Pallav 2007; Schneider 2007.
 91. Fankhauser, Martin, dan Prichard, akan diterbitkan.
 92. World Bank 2007d.

93. Paket stimulus di seluruh dunia diperkirakan akan menginjeksi sebesar \$430 miliar ke dalam bidang-bidang perubahan iklim yang utama selama beberapa tahun ke depan; \$215 miliar akan digunakan untuk efisiensi energi, \$38 miliar untuk sumber daya terbarukan rendah karbon; \$20 miliar untuk penangkapan dan penyimpanan karbon, dan \$92 miliar untuk jaringan listrik cerdas. Robins, Clover, dan Singh 2009. Lihat Bab 1 untuk pembahasan tentang penciptaan lapangan pekerjaan yang diperkirakan.

Referensi

- Adger, W. N., S. Dessai, M. Goulden, M. Hulme, I. Lorenzoni, D. R. Nelson, L. O. Naess, J. Wolf, dan A. Wreford. 2009. "Are There Social Limits to Adaptation to Climate Change?" *Climatic Change* 93 (3-4): 335-54.
- Agrawala, S., dan S. Fankhauser. 2008. *Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Costs, Benefits and Policy Instruments*. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development.
- Alber, G., dan K. Kern. 2008. "Governing Climate Change in Cities: Modes of Urban Climate Governance in Multi-Level Systems." Paper presented at the OECD Conference on Competitive Cities and Climate Change, Milan, 9-10 Oktober.
- Bai, X. 2006. "Rizhao, China: Solar-Powered City." Dalam *State of the World 2007: Our Urban Future*, Worldwatch Institute (editor). New York: W.W. Norton & Company Inc.
- Barbera, A. J., dan V. D. McConnell. 1990. "The Impacts of Environmental Regulations on Industry Productivity: Direct and Indirect Effects." *Journal of Environmental Economics and Management* 18 (1): 50-65.
- Barbier, E. B., dan S. Sathirathai, ed. 2004. *Shrimp Farming and Mangrove Loss in Thailand*. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing.
- Barker, T., I. Bashmakov, A. Alharthi, M. Amann, L. Cifuentes, J. Drexhage, M. Duan, O. Edenhofer, B. Flannery, M. Grubb, M. Hoogwijk, F. I. Ibitoye, C. J. Jepma, W. A. Pizer, dan K. Yamaji. 2007a. "Mitigation From a Cross-Sectoral Perspective." Dalam *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, dan L. A. Meyer (para editor). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Barker, T., I. Bashmakov, L. Bernstein, J. E. Bogner, P. R. Bosch, R. Dave, O. R. Davidson, B. S. Fisher, S. Gupta, K. Halsnaes, B. Heij, S. Khan Ribeiro, S. Kobayashi, M. D. Levine, D. L. Martino, O. Masera, B. Metz, L. A. Meyer, G.-J. Nabuurs, A. Najam, N. Nakićenović, H.-H. Rogner, J. Roy, J. Sathaye, R. Schock, P. Shukla, R. E. H. Sims, P. Smith, D. A. Tirpak, D. Urge-Vorsatz, dan D. Zhou. 2007b. "Technical Summary." Dalam *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, dan L. A. Meyer. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

- Barrett, S. 2003. *Environment and Statecraft: The Strategy of Environmental Treaty-Making*. Oxford: Oxford University Press.
- Blanford, G. J., R. G. Richels, dan T. F. Rutherford. 2008. "Revised Emissions Growth Projections for China: Why Post-Kyoto Climate Policy Must Look East." Harvard Project on International Climate Agreements, Harvard Kennedy School Discussion Paper 08-06, Cambridge, MA.
- BTS (Bureau of Transportation Statistics). 2008. *Key Transportation Indicators November 2008*. Washington, DC: U.S. Department of Transportation.
- Burke, M., D. B. Lobell, dan L. Guarino. 2009. "Shifts in African Crop Climates by 2050 and the Implications for Crop Improvement and Genetic Resources Conservation." *Global Environmental Change* 19 (3): 317–325.
- Burtraw, D., D. A. Evans, A. Krupnick, K. Palmer, dan R. Toth. 2005. "Economics of Pollution Trading for SO₂ and NO_x." Discussion Paper 05-05, Resources for the Future, Washington, DC.
- Calvin, K., J. Edmonds, B. Bond-Lamberty, L. Clarke, P. Kyle, S. Smith, A. Thomson, dan M. Wise. Akan terbit. "Limiting Climate Change to 450 ppm CO₂ Equivalent in the 21st Century." *Energy Economics*.
- Camerer, C., dan R. H. Thaler. 1995. "Anomalies: Ultimatums Dictators and Manners." *Journal of Economic Perspectives* 9 (2): 109–220.
- Canadell, J. G., C. Le Quere, M. R. Raupach, C. B. Field, E. T. Buitenhuis, P. Ciais, T. J. Conway, N. P. Gillett, R. A. Houghton, dan G. Marland. 2007. "Contributions to Accelerating Atmospheric CO₂ Growth from Economic Activity, Carbon Intensity, and Efficiency of Natural Sinks." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (47): 18866–70.
- Cass, L. 2005. "Measuring the Domestic Salience of International Environmental Norms: Climate Change Norms in German, British, and American Climate Policy Debates." Paper presented at the International Studies Association, 15 Maret, Honolulu.
- Chen, S, dan M. Ravallion. 2008. "The Developing World Is Poorer than We Thought, But No Less Successful in the Fight against Poverty." Policy Research Working Paper 4703, World Bank, Washington, DC.
- Clarke, L., J. Edmonds, V. Krey, R. Richels, S. Rose, dan M. Tavoni. Akan terbit. "International Climate Policy Architectures: Overview of the EMF 22 International Scenarios." *Energy Economics*.
- Dasgupta, S., B. Laplante, C. Meisner, D. Wheeler, dan J. Yan. 2009. "The Impact of Sea Level Rise on Developing Countries: A Comparative Analysis." *Climatic Change* 93 (3–4): 379–88.
- Davenport, D. 2008. "The International Dimension of Climate Policy." Dalam *Turning Down the Heat: The Politics of Climate Policy in Affluent Democracies*, ed. H. Compston dan I. Bailey. Basingstoke, UK: Palgrave Macmillan.
- Davis, G., dan B. Owens. 2003. "Optimizing the Level of Renewable Electric R&D Expenditures Using Real Options

- Analysis." *Energy Policy* 31 (15): 1589–1608.
- de Bruin, K., R. Dellink, dan S. Agrawala. 2009. "Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Integrated Assessment Modeling of Adaptation Costs and Benefits." Environment Working Paper 6, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.
- de la Torre, A., P. Fajnzylber, dan J. Nash. 2008. *Low Carbon, High Growth: Latin American Responses to Climate Change*. Washington, DC: World Bank.
- Dechezleprêtre, A., M. Glachant, I. Hascic, N. Johnstone, dan Y. Ménière. 2008. *Invention and Transfer of Climate Change Mitigation Technologies on a Global Scale: A Study Drawing on Patent Data*. Paris: CERNA.
- Deltacommissie. 2008. *Working Together with Water: A Living Land Builds for Its Future*. Netherlands: Deltacommissie.
- Derpsch, R., dan T. Friedrich. 2009. "Global Overview of Conservation Agriculture Adoption." Dalam *Lead Papers, 4th World Congress on Conservation Agriculture*, 4–7 Februari 2009, New Delhi, India. New Delhi: World Congress on Conservation Agriculture.
- DOE (U.S. Department of Energy). 2009. "Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC)." DOE, Oak Ridge, TN.
- Dolsak, N. 2001. "Mitigating Global Climate Change: Why Are Some Countries More Committed than Others?" *Policy Studies Journal* 29 (3): 414–36.
- Easterling, W., P. Aggarwal, P. Batima, K. Brander, L. Erda, M. Howden, A. Kirilenko, J. Morton, J.-F. Soussana, J. Schmidhuber, dan F. Tubiello. 2007. "Food, Fibre and Forest Products." Dalam *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. M. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, dan C. E. Hanson (para editor). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Ebi, K. L., dan I. Burton. 2008. "Identifying Practical Adaptation Options: An Approach to Address Climate Change-related Health Risks." *Environmental Science and Policy* 11 (4): 359–69.
- Edmonds, J., L. Clarke, J. Lurz, dan M. Wise. 2008. "Stabilizing CO₂ Concentrations with Incomplete International Cooperation." *Climate Policy* 8 (4): 355–76.
- EEA (European Environment Agency). 2004. "Energy Subsidies in the European Union: A Brief Overview." Technical Report 1/2004, EEA, Copenhagen.
- Eliasch, J. 2008. *Climate Change: Financing Global Forests: The Eliasch Review*. London: Earthscan.
- Erenstein, O. 2009. "Adoption and Impact of Conservation Agriculture Based Resource Conserving Technologies in South Asia." In *Lead Papers, 4th World Congress on Conservation Agriculture*, 4–7 Februari 2009, New Delhi, India. New Delhi: World Congress on Conservation Agriculture.
- Erenstein, O., dan V. Laxmi. 2008. "Zero Tillage Impacts in India's Rice-Wheat Systems: A Review." *Soil and Tillage Research* 100 (1–2): 1–14.

- ESMAP (Energy Sector Management Assistance Program). 2006. *Proceedings of the International Grid-Connected Renewable Energy Policy Forum*. Washington, DC: World Bank.
- European Commission. 2007. "Limiting Global Climate Change to 2 Degrees Celsius—The Way Ahead for 2020 and Beyond: Impact Assessment Summary." Commission Staff Working Document, Brussels.
- Falloon, P., dan R. Betts. Akan terbit. "Climate Impacts on European Agriculture and Water Management in the Context of Adaptation and Mitigation: The Importance of an Integrated Approach." *Science of the Total Environment*.
- Fankhauser, S., N. Martin, dan S. Prichard. Akan terbit. "The Economics of the CDM Levy: Revenue Potential, Tax Incidence and Distortionary Effects." Working paper, London School of Economics.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2005. "Global Forest Resources Assessment 2005: Progress towards Sustainable Forest Management." Forestry Paper 147, Rome.
- . 2007. "The World's Mangroves 1980–2005." Forestry Paper 153, Rome.
- . 2008. *Food Outlook: Global Market Analysis*. Rome: FAO.
- . 2009a. "Aquastat." Rome.
- . 2009b. "More People than Ever Are Victims of Hunger." Press release, Rome.
- Fay, M., R. I. Block, dan J. Ebinger. 2010. *Adapting to Climate Change in Europe and Central Asia*. Washington, DC: World Bank.
- Fisher, B. S., N. Nakic'enovic', K. Alfsen, J. Corfee Morlot, F. de la Chesnaye, J.-C. Hourcade, K. Jiang, M. Kainuma, E. La Rovere, A. Matyssek, A. Rana, K. Riahi, R. Richels, S. Rose, D. van Vuuren, dan R. Warren. 2007. "Issues Related to Mitigation in the Long-Term Context." Dalam *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, dan L. A. Meyer (para editor). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Folger, T. 2006. "Can Coal Come Clean? How to Survive the Return of the World's Dirtiest Fossil Fuel." December. *Discover Magazine*.
- Government of Bangladesh. 2008. *Cyclone Sidr in Bangladesh: Damage, Loss and Needs Assessment for Disaster Recovery and Reconstruction*. Dhaka: Government of Bangladesh, World Bank, and European Commission.
- Guan, D., dan K. Hubacek. 2008. "A New and Integrated Hydro-Economic Accounting and Analytical Framework for Water Resources: A Case Study for North China." *Journal of Environmental Management* 88 (4): 1300–1313.
- Gurgel, A. C., J. M. Reilly, dan S. Paltsev. 2007. "Potential Land Use Implications of a Global Biofuels Industry." *Journal of Agricultural and Food Industrial Organization* 5 (2): 1–34.
- Güth, W., R. Schmittberger, dan B. Schwarze. 1982. "An Experimental Analysis of Ultimatum Bargaining." *Journal of Economic Behavior and Organization* 3 (4): 367–88.

- Guthrie, P., C. Juma, dan H. Sillem, eds. 2008. *Engineering Change: Towards a Sustainable Future in the Developing World*. London: Royal Academy of Engineering.
- Ha-Duong, M., M. Grubb, dan J.-C. Hourcade. 1997. "Influence of Socioeconomic Inertia and Uncertainty on Optimal CO₂-Emission Abatement." *Nature* 390: 270–73.
- Häfele, W., J. Anderer, A. McDonald, dan N. Nakićenović. 1981. *Energy in a Finite World: Paths to a Sustainable Future*. Cambridge, MA: Ballinger.
- Haites, E., D. Maosheng, dan S. Seres. 2006. "Technology Transfer by CDM Projects." *Climate Policy* 6: 327–44.
- Hamilton, K. 2009. "Delayed Participation in a Global Climate Agreement." Background note for the WDR 2010.
- Hare, B., dan M. Meinshausen. 2006. "How Much Warming Are We Committed to and How Much Can Be Avoided?" *Climatic Change* 75 (1–2): 111–49.
- Heinz Center. 2007. *A Survey of Climate Change Adaptation Planning*. Washington, DC: John Heinz III Center for Science, Economics and the Environment.
- Hof, A. F., M. G. J. den Elzen, dan D. P. van Vuuren. 2008. "Analyzing the Costs and Benefits of Climate Policy: Value Judgments and Scientific Uncertainties." *Global Environmental Change* 18 (3): 412–24.
- Hope, C. 2009. "How Deep Should the Deep Cuts Be? Optimal CO₂ Emissions over Time under Uncertainty." *Climate Policy* 9 (1): 3–8.
- Horton, R., C. Herweijer, C. Rosenzweig, J. Liu, V. Gornitz, dan A. C. Ruane. 2008. "Sea Level Rise Projections for Current Generation CGCMs Based on the Semi-Empirical Method." *Geophysical Research Letters* 35: L02715–doi:10.1029/2007GL032486.
- Houghton, R. A. 2009. "Emissions of Carbon from Land Management." Background note for the WDR 2010.
- ICCT (International Council on Clean Transportation). 2007. *Passenger Vehicle Greenhouse Gas and Fuel Economy Standard: A Global Update*. Washington, DC: ICCT.
- IEA (International Energy Agency). 2006. *World Energy Outlook 2006*. Paris: International Energy Agency.
- . 2008a. *CO₂ Capture and Storage—A Key Abatement Option*. Paris: International Energy Agency.
- . 2008b. *Energy Efficiency Policy Recommendations: In Support of the G8 Plan of Action*. Paris: International Energy Agency.
- . 2008c. *Energy Technology Perspective 2008: Scenarios and Strategies to 2050*. Paris: International Energy Agency.
- . 2008d. *World Energy Outlook 2008*. Paris: International Energy Agency.
- . 2008e. *Worldwide Trends in Energy Use and Efficiency: Key Insights from IEA Indicator Analysis*. Paris: International Energy Agency.
- IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis). 2009. "GGI Scenario Database." Laxenburg, Austria.
- IMF (International Monetary Fund). 2009. *World Economic Outlook: Crisis and Recovery*. Washington, DC: IMF.

- International Scientific Steering Committee. 2005. *Avoiding Dangerous Climate Change: International Symposium on the Stabilization of Greenhouse Gas Concentrations*. Report of the International Scientific Steering Committee. Exeter, UK: Hadley Centre Met Office.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2001. *Climate Change 2001: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC.
- . 2007a. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC.
- . 2007a. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC.
- . 2007b. "Summary for Policymakers." Dalam *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, dan C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- . 2007c. "Summary for Policymakers." Dalam *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, dan H. L. Miller (para editor). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Irwin, T. 2009. "Implications for Climate Change Policy of Research on Cooperation in Social Dilemma." Policy Research Working Paper 5006, World Bank, Washington, DC.
- Jaffe, A., S. R. Peterson, P. R. Portney, dan R. N. Stavins. 1995. "Environmental Regulation and the Competitiveness of U.S. Manufacturing: What Does the Evidence Tell Us?" *Journal of Economic Literature* 33 (1): 132–63.
- Kanbur, R. 2009. "Macro Crises and Targeting Transfers to the Poor." Cornell Food and Nutrition Policy Program, Working Paper 236, Ithaca, NY.
- Karim, M. F., dan N. Mimura. 2008. "Impacts of Climate Change and Sea-Level Rise on Cyclonic Storm Surge Floods in Bangladesh." *Global Environmental Change* 18 (3): 490–500.
- Keim, M. E. 2008. "Building Human Resilience: The Role of Public Health Preparedness and Response as an Adaptation to Climate Change." *American Journal of Preventive Medicine* 35 (5): 508–16.
- Keller, K., G. Yohe, dan M. Schlesinger. 2008. "Managing the Risks of Climate Thresholds: Uncertainties and Information Needs." *Climatic Change* 91: 5–10.
- Knopf, B., O. Edenhofer, T. Barker, N. Bauer, L. Baumstark, B. Chateau, P. Criqui, A. Held, M. Isaac, M. Jakob, E. Jochem, A. Kitous, S. Kypreos, M. Leimbach, B. Magné,

- S. Mima, W. Schade, S. Scrieciu, H. Turton, dan D. van Vuuren. Akan terbit. "The Economics of Low Stabilisation: Implications for Technological Change and Policy." In *Making Climate Change Work for Us*, ed. M. Hulme dan H. Neufeldt. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Koetse, M., dan P. Rietveld. 2009. "The Impact of Climate Change and Weather on Transport: An Overview of Empirical Findings." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 14 (3): 205–21.
- Kunkel, N., K. Jacob, dan P.-O. Busch. 2006. "Climate Policies : (The Feasibility of) a Statistical Analysis of their Determinants." Paper presented at the Human Dimensions of Global Environmental Change, Berlin.
- Lawrence, D. M., A. G. Slater, R. A. Tomas, M. M. Holland, dan C. Deser. 2008. "Accelerated Arctic Land Warming and Permafrost Degradation during Rapid Sea Ice Loss." *Geophysical Research Letters* 35: L11506–doi:10.1029/2008GL033985.
- Lehmann, J. 2007. "A Handful of Carbon." *Nature* 447: 143–44.
- Lempert, R. J., dan M. E. Schlesinger. 2000. "Robust Strategies for Abating Climate Change." *Climatic Change* 45 (3–4): 387–401.
- Levin, K., B. Cashore, S. Bernstein, dan G. Auld. 2007. "Playing It Forward: Path Dependency, Progressive Incrementalism, and the 'SuperWicked' Problem of Global Climate Change." Paper presented at the International Studies Association 48th Annual Convention, February 28, Chicago.
- Ligeti, E., J. Penney, dan I. Wieditz. 2007. *Cities Preparing for Climate Change: A Study of Six Urban Regions*. Toronto: Clean Air Partnership.
- Lotze-Campen, H., A. Popp, J. P. Dietrich, dan M. Krause. 2009. "Competition for Land between Food, Bioenergy and Conservation." Background note for the WDR 2010.
- Lüthi, D., M. Le Floch, B. Bereiter, T. Blunier, J.-M. Barnola, U. Siegenthaler, D. Raynaud, J. Jouzel, H. Fischer, K. Kawamura, dan T. F. Stocker. 2008. "High-Resolution Carbon Dioxide Concentration Record 650,000–800,000 Years before Present." *Nature* 453 (7193): 379–82.
- Maini, C. 2005. "Development of a Globally Competitive Electric Vehicle in India." *Journal of the Indian Institute of Science* 85: 83–95.
- Mann, M. 2009. "Defining Dangerous Anthropogenic Interference." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (11): 4065–66.
- Matthews, H. D., dan K. Caldeira. 2008. "Stabilizing Climate Requires Near-zero Emissions." *Geophysical Research Letters* 35: L04705–doi:10.1029/2007GL032388.
- Matthews, H. D., dan D. W. Keith. 2007. "Carbon-cycle Feedbacks Increase the Likelihood of a Warmer Future." *Geophysical Research Letters* 34: L09702–doi:10.1029/2006GL028685.
- McKinsey & Company. 2009. *Pathways to a Low-carbon Economy. Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*. McKinsey & Company.
- McNeely, J. A., dan S. J. Scherr. 2003. *Ecoagriculture: Strategies to Feed*

- the World and Save Biodiversity*. Washington, DC: Island Press.
- Meyer, S. M. 1995. "The Economic Impact of Environmental Regulation." *Journal of Environmental Law and Practice* 3 (2): 4–15.
- Michaelowa, A., dan P. Pallav. 2007. *Additionality Determination of Indian CDM Projects: Can Indian CDM Project Developers Outwit the CDM Executive Board?* Zurich: University of Zurich.
- Mignone, B. K., R. H. Socolow, J. L. Sarmiento, dan M. Oppenheimer. 2008. "Atmospheric Stabilization and the Timing of Carbon Mitigation." *Climatic Change* 88 (3–4): 251–65.
- Mills, E. 2009. *Building Commissioning: A Golden Opportunity for Reducing Energy Costs and Greenhouse Gas Emissions*. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Milly, P. C. D., J. Betancourt, M. Falkenmark, R. M. Hirsch, Z. W. Kundzewicz, D. P. Lettenmaier, dan R. J. Stouffer. 2008. "Stationarity Is Dead: Whither Water Management?" *Science* 319 (5863): 573–74.
- Müller, C., A. Bondeau, A. Popp, K. Waha, dan M. Fader. 2009. "Climate Change Impacts on Agricultural Yields." Background note for the WDR 2010.
- Nagrath, S. 2007. "Gee Whiz, It's a Reval! The Diminutive Indian Electric Car Is a Hit on the Streets of London." *Businessworld* 27(2), 16 Oktober.
- National Academy of Engineering. 2008. *Grand Challenges for Engineering*. Washington, DC: National Academy of Sciences.
- Nemet, G. 2006. "Beyond the Learning Curve: Factors Influencing Cost Reductions in Photovoltaics." *Energy Policy* 34 (17): 3218–32.
- Nemet, G., dan D. M. Kammen. 2007. "U.S. Energy Research and Development: Declining Investment, Increasing Need, and the Feasibility of Expansion." *Energy Policy* 35 (1): 746–55.
- Nordhaus, W. 2008. *A Question of Balance: Weighing the Options on Global Warming Policies*. New Haven, CT: Yale University Press.
- Nordhaus, W., dan J. Boyer. 2000. *Warming the World: Economic Models of Climate Change*. Cambridge, MA: MIT Press.
- NRC (National Research Council). 2007. *Water Implications of Biofuels Production in the United States*. Washington, DC: National Academies Press.
- Nussbaumer, P. 2009. "On the Contribution of Labeled Certified Emission Reductions to Sustainable Development: A Multi-criteria Evaluation of CDM Projects." *Energy Policy* 37 (1): 91–101.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2008. *Compendium of Patent Statistics 2008*. Paris: OECD.
- OECS (Organization of Eastern Caribbean States). 2004. *Grenada: Macro-Socio-Economic Assessment of the Damages Caused by Hurricane Ivan*. St. Lucia: OECS.
- Olsen, K. H. 2007. "The Clean Development Mechanism's Contribution to Sustainable Development: A Review of the Literature." *Climatic Change* 84 (1): 59–73.
- Olsen, K. H., dan J. Fenhann. 2008. "Sustainable Development Benefits of Clean Development Mechanism Projects. A New Methodology for

- Sustainability Assessment Based on Text Analysis of the Project Design Documents Submitted for Validation." *Energy Policy* 36 (8): 2819–30.
- Parry, M., O. F. Canziani, J. P. Palutikof, dan coauthors. 2007. "Technical Summary." Dalam *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, dan C. E. Hanson (para editor). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Parry, M., J. Palutikof, C. Hanson, dan J. Lowe. 2008. "Squaring Up to Reality." *Nature* 2: 68–71.
- Price, L., dan E. Worrell. 2006. "Global Energy Use, CO₂ Emissions, and the Potential for Reduction in the Cement Industry." Paper presented at the International Energy Agency Workshop on Cement Energy Efficiency, Paris.
- Project Catalyst. 2009. *Adaptation to Climate Change: Potential Costs and Choices for a Global Agreement*. London: ClimateWorks and European Climate Foundation.
- Raupach, M. R., G. Marland, P. Ciais, C. Le Quéré, J. G. Canadell, G. Klepper, dan C. B. Field. 2007. "Global and Regional Drivers of Accelerating CO₂ Emissions." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (24): 10288–93.
- Repetto, R. 2008. "The Climate Crisis and the Adaptation Myth." School of Forestry and Environmental Studies Working Paper 13, Yale University, New Haven, CT.
- Robins, N., R. Clover, dan C. Singh. 2009. *A Climate for Recovery: The Colour of Stimulus Goes Green*. London, UK: HSBC.
- Rogers, D. 2009. "Environmental Information Services and Development." Background note for the WDR 2010.
- Ruffle, B. J. 1998. "More Is Better, But Fair Is Fair: Tipping in Dictator and Ultimatum Games." *Games and Economic Behavior* 23 (2): 247–65.
- Schaeffer, M., T. Kram, M. Meinshausen, D. P. van Vuuren, dan W. L. Hare. 2008. "Near-Linear Cost Increase to Reduce Climate Change Risk." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (52): 20621–26.
- Scheffer, M., V. Brovkin, dan P. Cox. 2006. "Positive Feedback between Global Warming and Atmospheric CO₂ Concentration Inferred from Past Climate Change." *Geophysical Research Letters* 33: L10702–doi:10.1029/2005GL025044.
- Scherr, S. J., dan J. A. McNeely. 2008. "Biodiversity Conservation and Agricultural Sustainability: Towards a New Paradigm of Ecoagriculture Landscapes." *Philosophical Transactions of the Royal Society* 363: 477–94.
- Schneider, L. 2007. *Is the CDM Fulfilling Its Environmental and Sustainable Development Objective? An Evaluation of the CDM and Options for Improvement*. Berlin: Institute for Applied Ecology.
- SEG (Scientific Expert Group on Climate Change). 2007. *Confronting Climate Change: Avoiding the Unmanageable and Managing the Unavoidable*. Washington, DC: Sigma Xi and the United Nations Foundation.

- Shalizi, Z. 2006. "Addressing China's Growing Water Shortages and Associated Social and Environmental Consequences." Policy Research Working Paper 3895, World Bank, Washington, DC.
- Shalizi, Z., dan F. Lecocq. 2009. "Economics of Targeted Mitigation Programs in Sectors with Long-Lived Capital Stock." Policy Research Working Paper 5063, World Bank, Washington, DC.
- Smith, P., D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H. H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl, S. Ogle, F. O'Mara, C. Rice, R. J. Scholes, O. Sirotenko, M. Howden, T. McAllister, G. Pan, V. Romanenkov, U. Schneider, S. Towprayoon, M. Wattenbach, dan J. U. Smith. 2008. "Greenhouse Gas Mitigation in Agriculture." *Philosophical Transactions of the Royal Society* 363 (1492): 789–813.
- Smith, J. B., S. H. Schneider, M. Oppenheimer, G. W. Yohe, W. Hare, M. D. Mastrandrea, A. Patwardhan, I. Burton, J. Corfee-Morlot, C. H. D. Magadza, H.-M. Fussel, A. B. Pittock, A. Rahman, A. Suarez, dan J.-P. van Ypersele. 2009. "Assessing Dangerous Climate Change Through an Update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Reasons for Concern." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (11): 4133–37.
- Snoussi, M., T. Ouchani, A. Khouakhi, dan I. Niang-Diop. 2009. "Impacts of Sea-level Rise on the Moroccan Coastal Zone: Quantifying Coastal Erosion and Flooding in the Tangier Bay." *Geomorphology* 107 (1–2): 32–40.
- Stern, N. 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Sterner, T. 2007. "Fuel Taxes: An Important Instrument for Climate Policy." *Energy Policy* 35: 3194–3202.
- Sutter, C., dan J. C. Parreno. 2007. "Does the Current Clean Development Mechanism (CDM) Deliver its Sustainable Development Claim? An Analysis of Officially Registered CDM Projects." *Climatic Change* 84 (1): 75–90.
- Swiss Re. 2007. "World Insurance in 2006: Premiums Came Back to 'Life.'" Zurich: Sigma 4/2007.
- Tilman, D., J. Hill, dan C. Lehman. 2006. "Carbon-Negative Biofuels from Low-Input High-Diversity Grassland Biomass." *Science* 314: 1598–1600.
- Tol, R. S. J. 2008. "Why Worry about Climate Change? A Research Agenda." *Environmental Values* 17 (4): 437–70.
- Torn, M. S., dan J. Harte. 2006. "Missing Feedbacks, Asymmetric Uncertainties, and the Underestimation of Future Warming." *Geophysical Research Letters* 33 (10): L10703–doi:10.1029/2005GL025540.
- Tschakert, P. 2004. "The Costs of Soil Carbon Sequestration: An Economic Analysis for Small-Scale Farming Systems in Senegal." *Agricultural Systems* 81 (3): 227–53.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 1990. *Global Assessment of Soil Degradation*. New York: UNEP.
- . 2008. *Reforming Energy Subsidies: Opportunities to Contribute to the Climate Change Agenda*. Nairobi: UNEP Division of Technology, Industry and Economics.

- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 2008. *Investment and Financial Flows to Address Climate Change: An Update*. Bonn: UNFCCC.
- Voluntary Carbon Standard. 2007. "Guidance for Agriculture, Forestry and Other Land Use Projects." VCS Association, Washington, DC.
- von Braun, J., A. Ahmed, K. Asenso-Okyere, S. Fan, A. Gulati, J. Hoddinott, R. Pandya-Lorch, M. W. Rosegrant, M. Ruel, M. Torero, T. van Rheeën, dan K. von Grebmer. 2008. "High Food Prices: The What, Who, and How of Proposed Policy Actions." Policy Brief, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Walter, K. M., S. A. Zimov, J. P. Chanton, D. Verbyla, dan F. S. Chapin III. 2006. "Methane Bubbling from Siberian Thaw Lakes as a Positive Feedback to Climate Warming." *Nature* 443: 71–75.
- Wardle, D. A., M.-C. Nilsson, dan O. Zackrisson. 2008. "Fire-derived Charcoal Causes Loss of Forest Humus." *Science* 320 (5876): 629.
- WBGU (German Advisory Council on Global Change). 2009. *Future Bioenergy and Sustainable Land Use*. London: Earthscan.
- Westermeyer, W. 2009. "Observing the Climate for Development." Background note for the WDR 2010.
- Wise, M. A., K. V. Calvin, A. M. Thomson, L. E. Clarke, B. Bond-Lamberty, R. D. Sands, S. J. Smith, A. C. Janetos, dan J. A. Edmonds. 2009. *The Implications of Limiting CO₂ Concentrations for Agriculture, Land Use, Land-use Change Emissions and Bioenergy*. Richland, WA: Pacific Northwest National Laboratory (PNNL).
- Wolf, A. T., J. A. Natharius, J. J. Danielson, B. S. Ward, dan J. K. Pender. 1999. "International Basins of the World." *International Journal of Water Resources Development* 15 (4): 387–427.
- World Bank. 2007a. *East Asia Environment Monitor 2007: Adapting to Climate Change*. Washington, DC: World Bank.
- . 2007b. *India Groundwater AAA Mid-term Review*. Washington, DC: World Bank.
- . 2007c. *Making the Most of Scarcity: Accountability for Better Water Management Results in the Middle East and North Africa*. Washington, DC: World Bank.
- . 2007d. *World Development Report 2008. Agriculture for Development*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008a. *The Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility: Providing Immediate Funding after Natural Disasters*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008b. *South Asia Climate Change Strategy*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008c. *World Development Indicators 2008*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009a. *Improving Food Security in Arab Countries*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009b. *Making Development Climate Resilient: A World Bank Strategy for Sub-Saharan Africa*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009c. *The Economics of Adaptation to Climate Change*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009d. "World Bank Urban Strategy." World Bank, Washington, DC.

- WRI (World Resources Institute). 2008. "Climate Analysis Indicators Tool (CAIT)." Washington, DC.
- Xia, J., L. Zhang, C. Liu, dan J. Yu. 2007. "Towards Better Water Security in North China." *Water Resources Management* 21 (1): 233–47.
- Yohe, G. W., R. D. Lasco, Q. K. Ahmad, N. Arnell, S. J. Cohen, C. Hope, A. C. Janetos, dan R. T. Perez. 2007. "Perspectives on Climate Change and Sustainability." In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, dan C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.



Memahami Kaitan antara Perubahan Iklim dan Pembangunan

Pada sekitar tahun 2200 Sebelum Masehi, pergeseran dalam angin barat Mediterania dan penurunan monsun India menghasilkan curah hujan dan suhu yang lebih rendah selama 300 tahun yang melanda pertanian dari kawasan Laut Aegea sampai Sungai Indus. Perubahan iklim ini meruntuhkan bangunan piramida Kerajaan Mesir Lama dan Kerajaan Besar Sargon di Mesopotamia.¹ Hanya setelah beberapa tahun dari penurunan curah hujan, kota-kota di sepanjang daerah utara sampai ke Eufrat, penghasil pangan bagi bangsa Akkadia, ditinggalkan. Di kota Tell Leilan di sebelah utara Eufrat, pembangunan monumen yang baru setengah jadi dihentikan.² Dengan ditinggalkannya kota tersebut, lapisan debu yang tebal menutupi reruntuhannya.

Bahkan Mesopotamia selatan yang memiliki irigasi yang intensif, dengan

birokrasi yang canggih dan distribusi ransum yang kompleks, tidak dapat bereaksi dengan cukup cepat untuk menghadapi kondisi yang baru. Tanpa pengiriman gandum tadah hujan dari utara, dan menghadapi saluran-saluran irigasi yang kering dan imigran dari kota-kota utara yang hancur, kerajaan tersebut juga runtuh.³

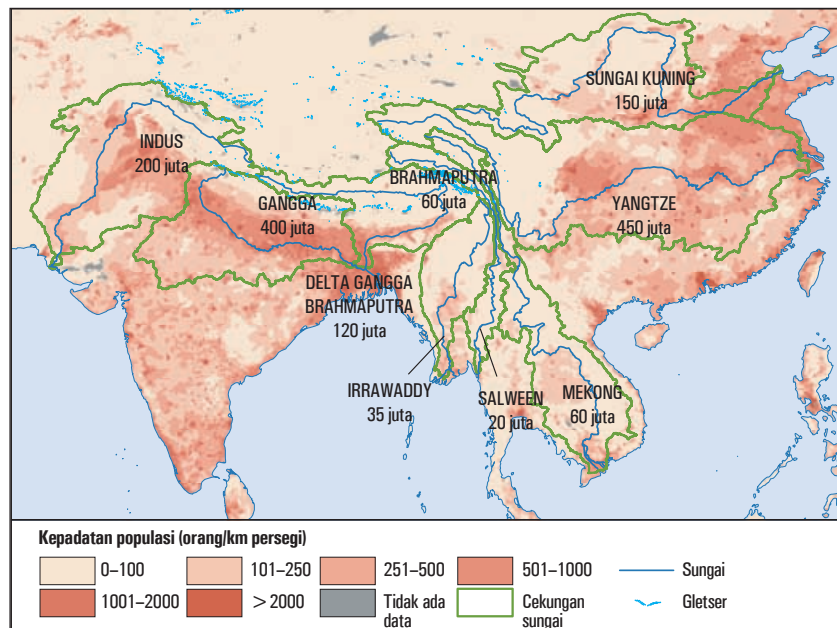
Masyarakat selalu bergantung pada iklim tetapi baru sekarang berhadapan dengan fakta bahwa iklim bergantung pada tindakan mereka. Peningkatan curam pada gas rumah kaca sejak Revolusi Industri telah mentransformasi kaitan antara manusia dengan lingkungan. Dengan kata lain, tidak hanya iklim yang memengaruhi pembangunan tetapi pembangunan juga memengaruhi iklim.

Apabila tidak dikelola dengan baik, perubahan iklim akan membalikkan kemajuan pembangunan dan membahayakan kesejahteraan generasi sekarang dan masa depan. Adalah hal yang pasti jika bumi akan memanas secara rata-rata, dengan kecepatan yang belum pernah terjadi sebelumnya. Dampaknya akan dirasakan di mana-mana, tetapi kerusakan terbesar akan terjadi di negara-negara berkembang. Jutaan orang dari Bangladesh sampai Florida akan menderita karena naiknya permukaan

Pesan Kunci

Tujuan pembangunan terancam oleh perubahan iklim, dengan dampak terberat pada negara-negara miskin dan rakyat miskin. Perubahan iklim tidak bisa dikendalikan kecuali pertumbuhan baik di negara-negara kaya maupun miskin menjadi kurang intensif gas rumah kaca. Kita harus bertindak sekarang: keputusan pembangunan negara mengunci dunia ke dalam padat karbon yang khusus dan menentukan pemanasan selanjutnya. Bisnis-seperti-biasanya dapat menyebabkan kenaikan suhu sampai 5°C lebih pada abad ini. Dan kita harus bertindak bersama: menunda mitigasi di negara-negara berkembang dapat menggandakan biaya mitigasi, dan hal itu akan terjadi kecuali pendanaan substansial dimobilisasi. Akan tetapi jika kita bertindak sekarang dan bertindak bersama-sama, biaya tambahan untuk menjaga pemanasan pada tingkat 2°C adalah sedikit dan dapat dibenarkan bila dihadapkan pada bahaya perubahan iklim yang lebih besar.

Peta 1.1 Lebih dari satu miliar orang bergantung pada air dari gletser Himalaya yang terus menyusut



Sumber: Center for International Earth Science Information Network, <http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw/global.jsp> (diakses 15 Mei 2009); Armstrong dkk. 2005; ESRI 2002; tim Laporan Pembangunan Dunia.

Catatan: Gletser Himalaya dan Plato Tibet yang mengatur suplai air sepanjang tahun di sebagian besar anak sungai yang menyokong pertanian dan populasi pedesaan, secara umum, dengan hasil pencairan antara 3 sampai 45 persen mengalir sungai Gangga dan Indus. Simpanan air dalam bentuk es dan balok salju yang berkurang akan mengakibatkan aliran yang deras dan banjir selama musim hujan dan kekurangan air selama musim panas, bulan-bulan kering di mana air sangat dibutuhkan untuk pertanian. Lokasi gletser yang ditunjukkan pada peta hanya mengikutkan gletser yang luasnya lebih dari 1,5 km persegi. Angka menunjukkan berapa banyak penduduk yang tinggal di masing-masing aliran sungai.

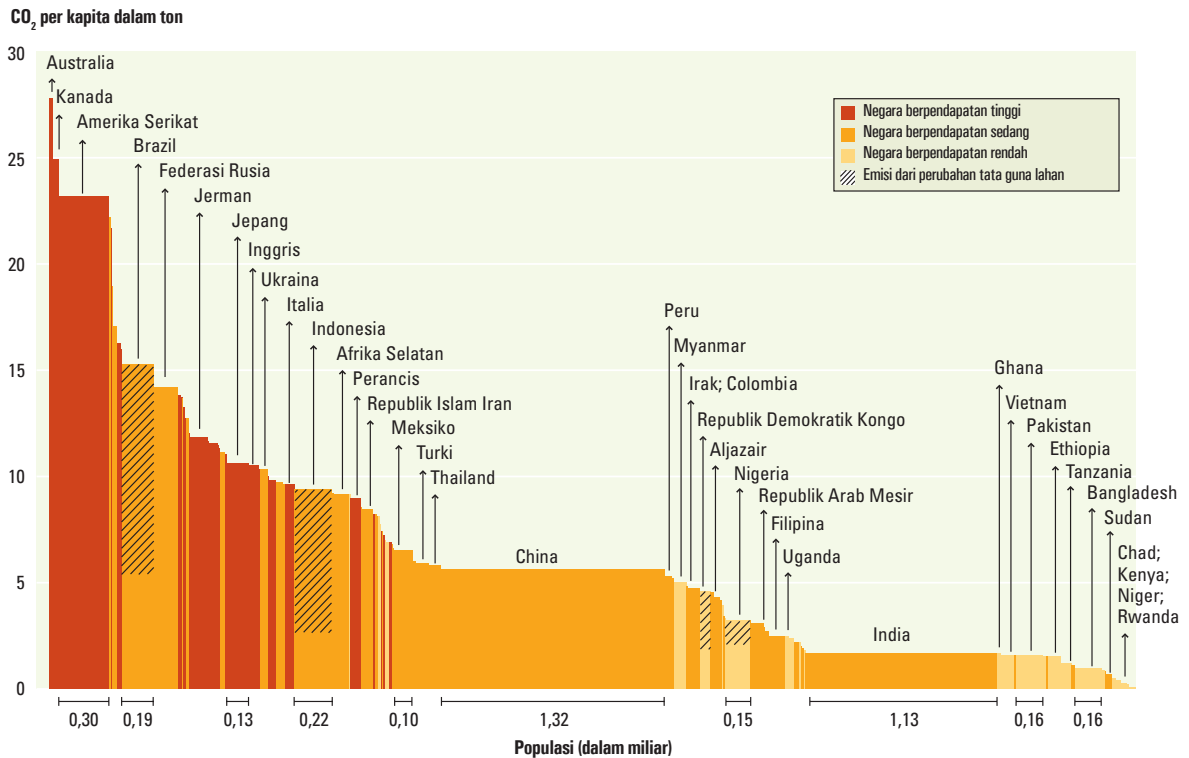
laut, mengenangi pemukiman-pemukiman dan mencemari air tawar.⁴ Variabilitas hujan yang lebih besar dan kekeringan yang parah di daerah semi-kering Afrika akan menghambat upaya perbaikan pengamanan pangan dan mengatasi kekurangan gizi.⁵ Hilangnya gletser di Himalaya dan Andes yang semakin cepat—yang menjadi sumber sungai, menghasilkan tenaga air, dan menyediakan air bersih untuk miliaran orang di pertanian dan perkotaan—akan mengancam penghidupan pedesaan dan pasar-pasar pangan utama (Peta 1.1).⁶

Itulah mengapa diperlukan tindakan yang krusial dengan segera. Walaupun perdebatan mengenai biaya dan keuntungan dari mitigasi perubahan iklim berlanjut, tekanannya sangatlah kuat bagi kita untuk melakukan tindakan langsung untuk menghindari peningkatan suhu yang tidak dapat dikelola. Hal yang

tidak dapat diterima dari dampak-dampak yang tidak dapat dibalikkan dan berpotensi menimbulkan bencana dan ketidakpastian mengenai bagaimana dan seberapa cepat hal-hal tersebut dapat terjadi menuntut tindakan-tindakan yang berani. Inersia yang kuat dalam sistem iklim, lingkungan terbangun, dan perilaku individu-individu dan institusi-institusi mengharuskan tindakan ini bersifat mendesak dan segera.

Selama dua abad terakhir, keuntungan langsung dari pembangunan padat-karbon dikonsentrasikan terutama pada negara-negara berpendapatan tinggi. Ketidaksetaraan dalam distribusi global akan emisi masa lampau maupun masa kini, dan dalam kerusakan saat ini dan masa depan, sangatlah tajam (Figur 1.1; lihat juga Figur FA.6 Fokus A dan Gambaran Umum). Akan tetapi jika negara-negara bersedia untuk

Figur 1.1 Emisi individu di negara-negara berpendapatan tinggi jauh lebih tinggi daripada di negara-negara berkembang



Sumber: Emisi gas rumah kaca pada 2005 dari WRI 2008, diaugmentasikan dengan perubahan emisi tata guna lahan dari Houghton 2009; populasi dari World Bank 2009c.

Catatan: Lebar setiap kolom menggambarkan populasi dan tingginya adalah emisi per kapita, jadi luasnya menggambarkan dari emisi total. Emisi per kapita Qatar (55,5 ton karbon dioksida ekuivalen per kapita); UEA (38,8), dan Bahrain (25,4)—lebih tinggi dari sumbu y—tidak ditunjukkan. Di antara negara-negara besar, Brazil, Indonesia, Republik Demokratik Kongo, dan Nigeria mempunyai emisi energi relatif yang rendah tetapi mempunyai emisi signifikan dari perubahan tata guna lahan; oleh karenanya, pembagian dari perubahan tata guna lahan diindikasikan oleh arsiran.

mengambil tindakan, tersedia insentif ekonomi bagi suatu transaksi global.

Jendela kesempatan untuk memilih kebijakan-kebijakan yang tepat untuk mengatasi perubahan iklim dan meningkatkan pembangunan mulai tertutup. Semakin jauh negara-negara mengikuti jalur emisi saat ini, semakin sulit untuk mengalihkan arah dan mengubah infrastruktur, ekonomi, dan gaya hidup. Negara-negara berpendapatan tinggi harus menghadapi dengan kepala tegak tugas memotong emisinya sendiri dengan membentuk kembali lingkungan-lingkungan terbangun dan perekonomian. Negara-negara tersebut juga perlu untuk memulai dan membiayai transisi ke pertumbuhan rendah karbon pada negara-negara berkembang. Penerapan yang lebih

baik dari praktik-praktik yang telah diketahui dan transformasi mendasar—dalam manajemen sumber daya alam, penyediaan energi, urbanisasi, jaring pengaman sosial, transfer finansial internasional, inovasi teknologi, dan tata kelola—baik internasional maupun nasional—diperlukan untuk mengatasi tantangannya.

Meningkatkan kesempatan dan kesejahteraan materi masyarakat, tanpa merongrong keberlanjutan pembangunan, masih merupakan tantangan utama bagi sejumlah besar negara di dunia, seiring suatu krisis finansial dan ekonomi sedang menyebabkan malapetaka di seluruh dunia. Menstabilkan pasar finansial dan melindungi ekonomi riil, pasar tenaga kerja, dan kelompok-kelompok

yang rentan adalah prioritas yang paling utama. Akan tetapi dunia harus mengeksploitasi momen kesempatan ini untuk melakukan kerja sama internasional dan intervensi domestik untuk mengatasi permasalahan-permasalahan pembangunan lainnya. Di antara masalah-masalah tersebut, dan yang menjadi prioritas utama, adalah perubahan iklim.

Perubahan iklim yang tidak dimitigasi tidaklah sesuai dengan pembangunan yang berkelanjutan

Pembangunan yang berkelanjutan secara sosial, ekonomi, dan lingkungan merupakan suatu tantangan, bahkan tanpa adanya pemanasan global. Pertumbuhan ekonomi memang diperlukan, tetapi pertumbuhan ekonomi saja tidaklah cukup jika pertumbuhan tersebut tidak mengurangi kemiskinan dan meningkatkan kesetaraan dalam hal kesempatan. Dan kegagalan dalam menjaga lingkungan pada akhirnya mengancam pencapaian ekonomi dan sosial. Hal-hal tersebut tidaklah baru. Hal-hal tersebut hanya menggemakan apa yang masih, setelah lebih dari 20 tahun, mungkin menjadi definisi pembangunan berkelanjutan yang paling banyak digunakan: “pembangunan yang memenuhi kebutuhan-kebutuhan saat ini tanpa merusak kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan mereka.”⁷ Sesuai definisi, maka, perubahan iklim yang tidak dimitigasi tidaklah sesuai dengan pembangunan yang berkelanjutan.

Perubahan iklim mengancam akan membalikkan keuntungan-keuntungan pembangunan

Sekitar 400 juta orang terlepas dari kemiskinan antara tahun 1990 dan

2005, sampai pada estimasi terakhir⁸—walaupun krisis finansial global melanda dan lonjakan harga pangan antara 2005 dan 2008 telah membalikkan beberapa pencapaian tersebut.⁹ Sejak 1990 tingkat kematian bayi menurun dari 106 per 1.000 kelahiran menjadi 83.¹⁰ Namun, hampir setengah dari populasi negara-negara berkembang (48 persen) masih berada dalam kemiskinan, dengan pendapatan kurang dari \$2 per hari.¹¹ Hampir seperempatnya—1,6 miliar—tidak memiliki akses ke listrik,¹² dan satu dari enam kekurangan akses ke air bersih.¹³ Sekitar 10 juta anak balita masih meninggal setiap tahunnya karena penyakit-penyakit yang sebenarnya dapat dicegah dan diobati seperti infeksi pernapasan, campak, dan diare.¹⁴

Selama setengah abad terakhir, penggunaan sumber daya alam (di antaranya adalah bahan bakar fosil) telah mendukung perbaikan dalam hal kesejahteraan, tetapi saat disertai dengan degradasi sumber daya dan perubahan iklim, maka penggunaan tersebut tidak berkelanjutan. Dengan mengabaikan lingkungan alami dalam mengejar pertumbuhan, manusia telah membuat mereka sendiri rentan terhadap bencana alam (lihat Bab 2). Dan orang-orang yang paling miskin sering kali bergantung secara langsung pada sumber daya alam sebagai mata pencaharian mereka. Sekitar 70 persen orang-orang yang sangat miskin di dunia ini hidup di daerah pedesaan.

Pada 2050, populasi global akan mencapai 9 miliar pada tahun 2050, pembatasan substansial dalam tren demografi, dengan 2,5 miliar lebih penduduk di negara-negara berkembang. Populasi yang lebih besar akan lebih membebani ekosistem dan sumber daya alam, memperketat kompetisi untuk lahan dan air, dan meningkatkan

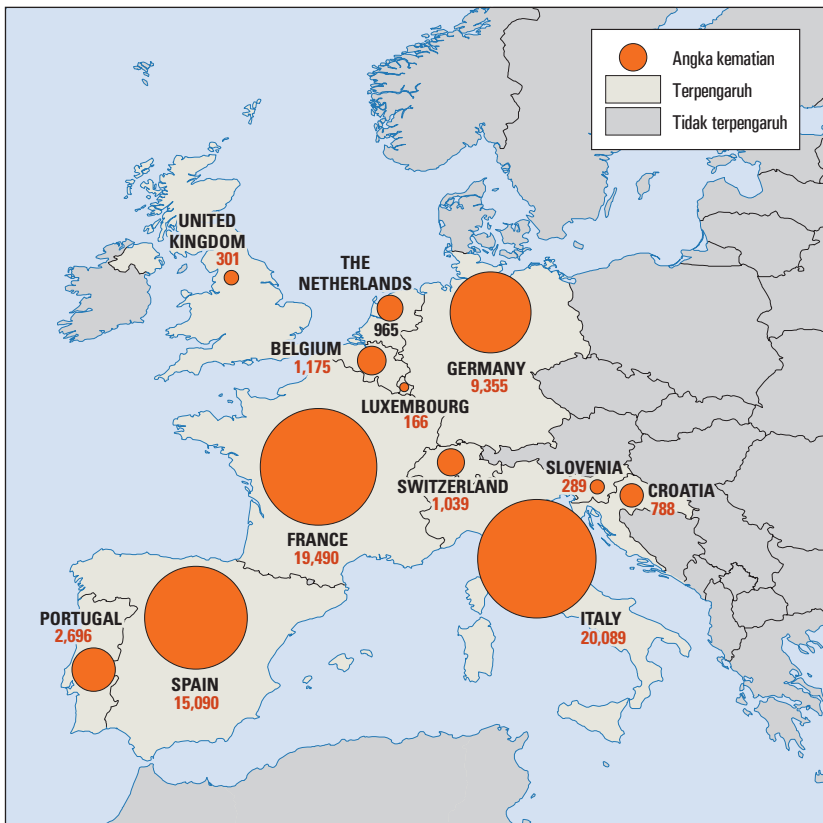
permintaan akan energi. Peningkatan populasi terutama akan terjadi di kota-kota, yang dapat membantu membatasi degradasi sumber daya alam dan konsumsi energi individual. Akan tetapi keduanya dapat meningkat, bersamaan dengan kerentanan umat manusia, jika urbanisasi tidak dikelola dengan baik.

Perubahan iklim menimbulkan beban tambahan pada pembangunan.¹⁵ Dampak-dampaknya telah dapat dilihat, dan bukti ilmiah terbaru menunjukkan bahwa masalahnya semakin memburuk dengan cepat, dengan jalur emisi gas rumah kaca (GRK) saat ini dan naiknya permukaan laut jauh lebih cepat dibandingkan proyeksi sebelumnya.¹⁶ Dan gangguannya terhadap sistem

sosioekonomi dan alam terjadi bahkan saat ini—yaitu, bahkan lebih cepat dari yang diperkirakan sebelumnya (lihat Fokus A Ilmu perubahan Iklim).¹⁷ Perubahan suhu dan rata-rata curah hujan dan lebih bervariasi, tidak dapat diprediksi, atau iklim ekstrem dapat mengubah hasil panen, pendapatan, kesehatan, dan keamanan fisik saat ini, dan pada akhirnya akan mengubah jalur dan tingkat dari pembangunan masa depan.

Perubahan iklim akan memengaruhi banyak sektor dan lingkungan produktif, termasuk pertanian, kehutanan, energi, dan zona-zona pesisir pantai, di negara-negara maju dan berkembang. Perkembangan ekonomi akan lebih

Peta 1.2 Negara-negara kaya juga dipengaruhi oleh iklim yang tidak normal: Gelombang panas tahun 2003 membunuh lebih dari 70.000 orang di Eropa



Sumber: Robine dkk. 2008.

Catatan: Kematian yang diakibatkan oleh gelombang panas merupakan kematian yang diestimasikan menjadi lebih tinggi dari yang akan terjadi tanpa adanya gelombang panas, didasarkan pada tren mortalitas dasar rata-rata.

terpengaruh oleh perubahan iklim, sebagian karena paparan mereka yang lebih besar terhadap guncangan iklim, dan sebagian lain karena kapasitas adaptif mereka yang rendah. Akan tetapi tidak ada negara yang kebal. Gelombang panas di musim panas tahun 2003 membunuh lebih dari 70.000 jiwa di lusinan negara di Eropa (Peta 1.2). Epidemik kumbang pinus di hutan-hutan barat Kanada, sebagian merupakan konsekuensi dari musim dingin yang lebih hangat, menghancurkan industri kayu, mengancam mata pencaharian dan kesehatan komunitas-komunitas terpencil, dan memerlukan biaya dari pemerintah bernilai jutaan dolar untuk proses penyesuaian dan pencegahan.¹⁸ Upaya-upaya untuk beradaptasi pada ancaman-ancaman masa depan yang serupa, di negara-negara maju dan berkembang, akan memerlukan biaya manusia dan ekonomis bahkan jika upaya tersebut tidak dapat menghilangkan semua kerusakan langsung.

Pemanasan dapat memberikan dampak besar, baik pada tingkat maupun pertumbuhan produk domestik bruto (PDB), setidaknya di negara-negara miskin. Pengamatan terhadap variasi suhu dari tahun ke tahun (relatif terhadap rata-rata negaranya) menunjukkan bahwa tahun-tahun dengan panas yang tidak normal mengurangi baik laju tingkat pertumbuhan PDB saat itu maupun tahun berikutnya di negara-negara berkembang.¹⁹ Tahun-tahun dengan panas tidak normal yang berturut-turut dapat diperkirakan mengarah pada adaptasi, mengurangi dampak-dampak ekonomi terhadap pemanasan, walaupun negara-negara berkembang dengan tren pemanasan yang lebih nyata memiliki laju pertumbuhan yang lebih rendah.²⁰ Bukti dari Afrika Sub-Sahara mengindikasikan variabilitas curah

hujan, yang diproyeksikan meningkat secara substansial, juga mengurangi PDB dan meningkatkan kemiskinan.²¹

Produktivitas pertanian adalah salah satu faktor penyebab kerentanan yang lebih besar bagi negara-negara berkembang (lihat Bab 3, Peta 3.3). Di Eropa Utara dan Amerika Utara, hasil panen dan pertumbuhan hutan mungkin meningkat jika tingkat pemanasan dan penyuburan karbon dioksida (CO₂) rendah.²² Akan tetapi di China dan Jepang, hasil panen beras, yang merupakan kebutuhan pokok global, kemungkinan akan menurun, sementara di Asia Tengah dan Selatan hasil panen gandum, jagung, dan beras akan sulit mendapatkan hasil yang baik.²³ Prospek untuk hasil panen dan ternak di dataran semi-kering tadah hujan di Afrika Sub-Sahara juga suram, bahkan sebelum pemanasan rata-rata mencapai 2–2,5°C di atas tingkat praindustri.²⁴

Perlambatan dalam peningkatan produktivitas beras di India pasca-1980 (dari Revolusi Hijau—Green Revolution—tahun 1960) dapat dibilang disebabkan tidak hanya oleh jatuhnya harga beras dan infrastruktur irigasi yang memburuk, seperti yang telah dikemukakan sebelumnya, tetapi juga karena fenomena iklim yang merugikan dari polusi lokal dan pemanasan global.²⁵ Dengan melakukan ekstrapolasi dari variasi tahun-ke-tahun yang lalu pada iklim dan hasil pertanian, hasil panen dari pertanian utama di India diproyeksikan menurun 4,5 sampai 9 persen dalam tiga dekade ke depan, bahkan jika adaptasi-adaptasi jangka pendek tetap dilakukan.²⁶ Implikasinya dari iklim seperti itu terhadap kemiskinan—dan PDB—bisa jadi sangat besar dengan mempertimbangkan pertumbuhan populasi yang diproyeksikan dan bukti bahwa satu persen dari pertumbuhan

PDB pertanian di negara berkembang meningkatkan konsumsi dari populasi sepertiga kaum termiskin sebanyak empat sampai enam persen.²⁷

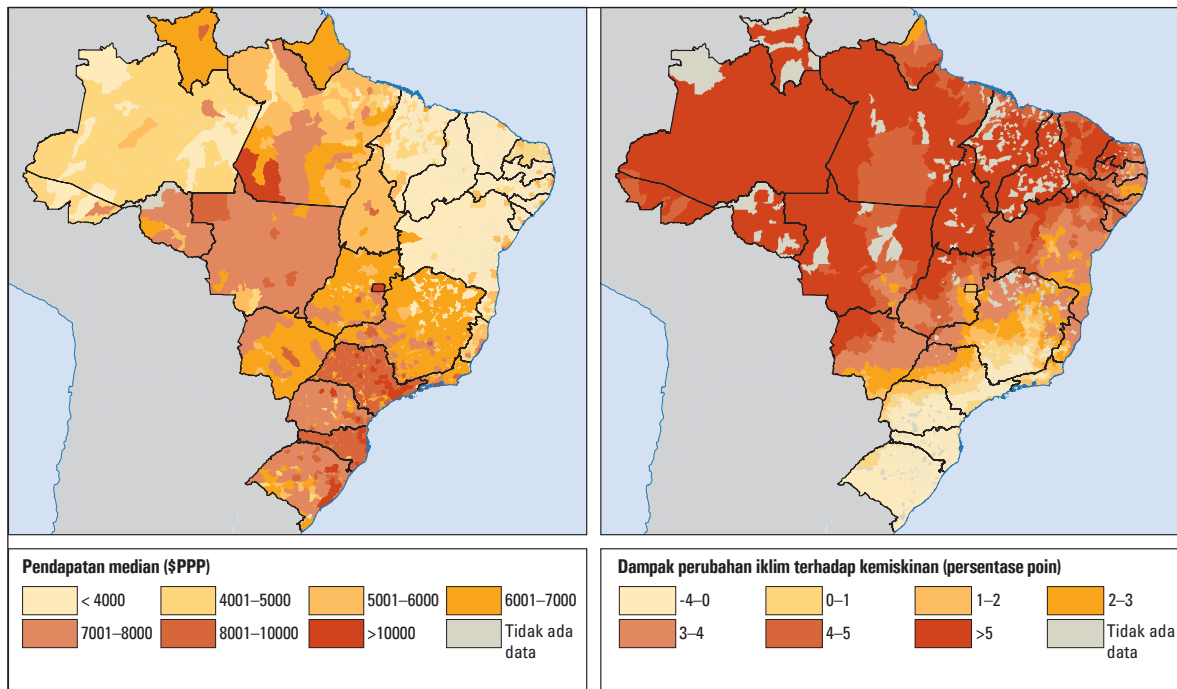
Dampak dari perubahan iklim terhadap kesehatan menambah daftar kerugian bagi manusia dan ekonomi, terutama di negara-negara berkembang. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) memperkirakan bahwa perubahan iklim mengakibatkan kerugian sebesar 5,5 juta *disability adjusted life years* (DALY) pada tahun 2000—84 persen di antaranya berada di Afrika Sub-Sahara dan Asia Timur dan Selatan.²⁸ Seiring dengan kenaikan suhu, jumlah orang yang terkena malaria dan demam berdarah akan meningkat, dengan bebannya terutama ditanggung oleh negara-negara berkembang.²⁹ Tingkat terjadinya kekeringan, yang diproyeksikan meningkat di Sahel dan tempat-tempat lain, berkorelasi kuat dengan epidemi meningitis di masa lalu di Afrika Sub-Sahara.³⁰ Hasil panen pertanian yang menurun di beberapa kawasan akan meningkatkan angka kekurangan gizi, mengurangi kekebalan terhadap penyakit. Beban dari wabah diare karena perubahan iklim saja diproyeksikan meningkat sampai 5 persen di tahun 2020 di negara-negara dengan pendapatan per kapita di bawah \$6.000. Suhu yang lebih tinggi kemungkinan akan meningkatkan penyakit kardiovaskular, terutama di negara-negara tropis tetapi juga di daerah lintang yang lebih tinggi (dan berpendapatan lebih tinggi)—lebih daripada mengimbangi berkurangnya angka kematian akibat serangan dingin.³¹

Tren iklim, variabilitas, dan guncangan-guncangan yang buruk tidak membedakan masyarakat berdasarkan pendapatannya, tetapi

orang-orang dan komunitas yang berpendapatan lebih baik dapat lebih sukses dalam mengatasi kemunduran-kemundurannya (Peta 1.3). Ketika Badai Mitch menyapu seluruh Honduras tahun 1998, lebih banyak rumah tangga yang kaya terkena dampaknya dibandingkan yang miskin. Akan tetapi rumah tangga miskin secara proporsional kehilangan lebih banyak: di antara rumah tangga yang terkena dampaknya, mereka yang miskin kehilangan 15 sampai 20 persen aset mereka, sementara yang kaya kehilangan hanya 3 persen.³² Dampak jangka panjangnya juga lebih besar: semua rumah tangga menderita penurunan akumulasi aset, tetapi penurunan ini lebih dirasakan untuk rumah tangga yang lebih miskin.³³ Dan dampaknya bervariasi menurut gender (Kotak 1.1): rumah tangga dengan kepala keluarga laki-laki, dengan akses yang lebih besar pada tempat tinggal dan pekerjaan yang baru, membutuhkan periode yang lebih singkat di penampungan pascabencana dibandingkan dengan rumah tangga dengan kepala keluarga perempuan, yang berjuang untuk dapat bangkit kembali dan tetap tinggal di tempat penampungan lebih lama.³⁴

Sebuah siklus kejatuhan ke dalam kemiskinan dapat muncul dari kombinasi perubahan iklim, degradasi lingkungan, dan kegagalan-kegagalan pasar dan institusional. Siklusnya dapat diawali oleh kehancuran ekosistem pesisir pantai secara gradual, curah hujan yang lebih sulit diprediksi, atau musim badai yang lebih ekstrem.³⁵ Sementara bencana alam berskala besar menyebabkan guncangan-guncangan yang terlihat jelas, guncangan-guncangan kecil tetapi berulang atau pergeseran yang halus pada distribusi curah hujan sepanjang tahun juga dapat menghasilkan perubahan kesejahteraan yang curam dan menetap.

Peta 1.3 Perubahan iklim akan meningkatkan kemiskinan di sebagian besar Brazil, terutama di kawasan-kawasan termiskinnya



Sumber: Center for International Earth Science Information Network, <http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw/global.jsp> (diakses 15 Mei 2009); Dell, Jones, dan Olken 2009; Assunção dan Chein 2008.

Catatan: Dampak perubahan iklim terhadap kemiskinan diestimasi untuk pertengahan abad ke-21 didasarkan pada penurunan terproyeksi pada hasil panen sebesar 18 persen. Perubahan pada kemiskinan ditunjukkan dalam persentase poin; sebagai contoh, tingkat kemiskinan di timurlaut, diestimasi sebesar 30 persen (didasarkan pada \$1 per hari dengan data tahun 2000), dapat meningkat sebesar 4 persentase poin menjadi 34 persen. Perkiraan membolehkan migrasi internal, dengan hasil kemiskinan imigran dihitung dalam pengiriman kota madya.

Bukti empiris pada jebakan-jebakan kemiskinan—didefinisikan sebagai konsumsi yang secara *permanen* berada di bawah ambang batas tertentu—ada beragam.³⁶ Akan tetapi ada bukti yang semakin kuat mengenai pemulihan aset fisik dan pertumbuhan modal manusia yang lebih lambat bagi orang-orang miskin setelah terjadi guncangan. Di Ethiopia, sebuah guncangan negatif pada curah hujan menekan konsumsi bahkan setelah empat sampai lima tahun.³⁷ Di Brazil, kekeringan telah secara signifikan mengurangi upah di pedesaan untuk jangka pendek; dan di tahun-tahun berikutnya, upah dari pekerja yang terkena dampak tersebut baru dapat mencapai upah pada tingkat yang sama setelah lima tahun.³⁸

Selain itu, akses yang terbatas pada kredit, asuransi, atau jaminan utang menghambat kesempatan bagi

rumah tangga miskin untuk membuat investasi yang produktif, atau menuntun mereka untuk memilih investasi dengan risiko kecil dan pengembalian kecil untuk berjaga-jaga dalam menghadapi guncangan-guncangan masa depan.³⁹ Di pedesaan di seluruh India, petani-petani miskin telah melakukan mitigasi risiko iklim dengan melakukan investasi aset dan teknologi dengan sensitivitas yang rendah terhadap variasi curah hujan, tetapi juga pengembalian rata-rata yang rendah, sehingga mengunci pola-pola ketidaksetaraan.⁴⁰

Guncangan-guncangan iklim juga dapat memengaruhi kesehatan dan pendidikan masyarakat secara permanen. Penelitian di Pantai Gading, yang mengaitkan pola curah hujan dan investasi dalam pendidikan anak, menunjukkan bahwa di kawasan-kawasan dengan variabilitas cuaca

KOTAK 1.1 *Memberdayakan wanita meningkatkan hasil adaptasi dan mitigasi*

Pengalaman wanita dan pria terhadap perubahan iklim berbeda-beda. Dampak perubahan iklim dan kebijakan-kebijakan tidak netral-gender karena perbedaan respons, kerentanan, dan kapasitas untuk mitigasi dan adaptasi. Pola berbasis gender terhadap kerentanan dibentuk oleh nilai dan hak aset, akses pada layanan keuangan, tingkat pendidikan, jaringan sosial, dan partisipasi dalam organisasi lokal. Dalam beberapa situasi, wanita lebih rentan terhadap guncangan-guncangan iklim terhadap mata pencaharian dan keselamatan fisik—tetapi ada bukti bahwa dalam konteks di mana wanita dan pria mempunyai kesetaraan hak ekonomi dan sosial, bencana tidak mendiskriminasi. Keterlibatan dan partisipasi wanita dalam pembuatan keputusan dapat mengarah pada lingkungan yang lebih baik dan hasil mata pencaharian yang menguntungkan semuanya.

Partisipasi wanita dalam manajemen bahaya menyelamatkan nyawa

Kesejahteraan masyarakat sebelumnya, selama, dan sesudah episode ekstrem iklim dapat diperbaiki dengan melibatkan wanita dalam persiapan bencana dan rehabilitasi. Tidak seperti komunitas pada umumnya, yang menyaksikan banyak kematian, La Masica, Honduras, dilaporkan tidak mengalami korban jiwa selama dan setelah Topan Mitch pada tahun 1998. Pendidikan komunitas sensitif gender pada sistem peringatan dini dan manajemen bahaya yang disediakan oleh agen bencana enam bulan sebelum topan berkontribusi terhadap pencapaian ini. Walaupun baik pria dan wanita berpartisipasi dalam aktivitas manajemen bahaya, akhirnya, wanita mengambil alih tugas pemantauan berkala sistem peringatan dini. Kewaspadaan mereka yang meningkat dan manajemen kapasitas memungkinkan kota madya untuk segera melakukan evakuasi. Pelajaran tambahan dari masa pemulihan pascabencana

mengindikasikan bahwa menempatkan wanita untuk bertanggung jawab terhadap sistem distribusi makanan menghasilkan sedikit tingkat korupsi dan distribusi makanan yang lebih terpercaya.

Partisipasi wanita menaikkan keanekaragaman hayati dan memperbaiki manajemen air

Antara tahun 2001 dan 2006, Zammour yang berlokasi di Tunisia mengalami peningkatan pada area vegetasi, pelestarian keragaman hayati, dan stabilisasi erosi tanah pada ekosistem pegunungan—hasil dari program antidesertifikasi yang mengundang wanita untuk berbagi pandangannya selama konsultasi, menggabungkan pengetahuan wanita-wanita lokal untuk manajemen air, dan yang telah dilakukan oleh wanita. Proyek tersebut menilai dan menerapkan metode mengawetkan dan mengumpulkan air hujan yang inovatif dan efektif, seperti menanam di bebatuan untuk mengurangi penguapan air untuk irigasi, dan menanam spesies pohon buah-buahan lokal untuk menstabilkan erosi lahan.

Partisipasi wanita meningkatkan ketahanan pangan dan melindungi hutan

Di Guatemala, Nikaragua, El Salvador, dan Honduras, wanita telah menanam 400.000 pohon kacang maya sejak 2001. Selain meningkatkan ketahanan pangan, wanita dan keluarganya dapat menguntungkan perubahan iklim keuangan, seperti mensponsori Equilibrium Fund mengejar peluang perdagangan karbon dengan Amerika Serikat dan Eropa. Di Zimbabwe, wanita memimpin lebih dari setengah dari 800.000 jumlah rumah tangga petani yang hidup di daerah pedesaan, di mana kelompok wanita mengelola sumber daya hutan dan proyek pengembangan penanaman pohon, pengembangan kebun bibit, serta kepemilikan dan pengelolaan lahan kayu.

Wanita menunjukkan sekurangnya setengah dari pekerja pertanian di dunia, dan wanita serta remaja yang masih bertanggung jawab secara dominan untuk pengumpulan air dan kayu bakar. Potensi mitigasi dan adaptasi, khususnya pada sektor pertanian dan kehutanan, tidak dapat disadari secara penuh tanpa mengikutsertakan pengalaman wanita dalam mengelola sumber daya alam, termasuk pengetahuan tradisional dan efisiensi penggunaan sumber daya.

Partisipasi wanita mendukung kesehatan publik

Di India, penduduk pedalaman mengetahui obat-obat herbal dan semak belukar dan memakainya untuk keperluan terapi. Wanita pedalaman, seperti perawat alami, umumnya cukup berpengetahuan dan dapat mengidentifikasi hampir 300 spesies tanaman hutan yang bermanfaat.

Secara global, baik di Amerika Tengah, Afrika Utara, atau Afrika Selatan, program adaptasi dan mitigasi sensitif-gender menunjukkan perkembangan yang dapat diukur: keterlibatan penuh wanita dalam pengambilan keputusan dapat dan akan menyelamatkan nyawa, melindungi sumber daya alam yang rapuh, mengurangi gas rumah kaca, dan membangun ketahanan untuk generasi sekarang dan masa depan. Mekanisme pendanaan untuk pencegahan bencana, adaptasi, dan mitigasi akan tetap tidak mencukupi kecuali dengan mengintegrasikan partisipasi wanita secara penuh—suara dan tangan—dalam perancangan, pengambilan keputusan, dan pengimplementasian.

Sumber: Disumbangkan oleh Nilufar Ahmad, berdasarkan Parikh 2008; Lambrou dan Laub 2004; Neumayer dan Plummer 2007; Smyth 2005; Aguilar 2006; UNISDR 2007; UNDP 2009; dan Martin 1996.

yang lebih besar dibandingkan umumnya, tingkat pendaftaran sekolah menurun 20 persen baik untuk laki-laki maupun perempuan.⁴¹ Dan ketika diperparah dengan masalah-masalah lain, guncangan-guncangan lingkungan

dapat menghasilkan efek jangka panjang. Orang-orang yang terpapar kekeringan dan pertikaian sipil di Zimbabwe selama awal masa anak-anak (antara umur 12 dan 24 bulan) mengalami kehilangan tinggi badan 3,4 sentimeter,

1 tahun sekolah yang lebih sedikit, dan hampir enam bulan keterlambatan memulai sekolah. Dampaknya terhadap pendapatan seumur hidup diperkirakan sebesar 14 persen, perbedaan yang besar bagi seseorang yang hidup dekat dengan garis kemiskinan.⁴²

Menyeimbangkan pertumbuhan dan mengevaluasi pertukaran kebijakan dalam perubahan iklim

Pertumbuhan: Mengubah jejak karbon dan kerentanan. Pada tahun 2050 nanti, sejumlah besar populasi di negara-negara berkembang saat ini akan memiliki gaya hidup kelas menengah. Akan tetapi planet ini tidak mampu menyokong 9 miliar orang dengan jejak karbon rata-rata untuk warga negara kelas menengah dalam dunia yang sekarang. Emisi tahunan akan mendekati tiga kali lipat dari yang sekarang. Lebih lanjut lagi, tidak semua pembangunan meningkatkan ketahanan: pertumbuhan mungkin tidak terjadi cukup cepat dan dapat menciptakan kerentanan-kerentanan baru bahkan jika pertumbuhan tersebut mengurangi kerentanan lainnya. Dan kebijakan-kebijakan perubahan iklim yang tidak dirancang dengan baik dapat menjadi ancaman bagi pembangunan yang berkelanjutan.

Namun, menghilangkan kesempatan bagi orang-orang miskin di dunia untuk meningkatkan tingkat pendapatan mereka semata-mata karena orang kaya telah mencapai puncaknya terlebih dahulu tidaklah dapat diterima baik secara etis maupun politis. Negara-negara berkembang saat ini menyumbang setengah dari emisi gas rumah kaca tahunan, tetapi memiliki hampir 85 persen dari populasi dunia; jejak karbon yang berkaitan dengan energi dari rata-rata warga negara di

negara-negara berpenghasilan rendah atau menengah masing-masing adalah sekitar 1,3 atau 4,5 metrik ton karbon dioksida ekuivalen (CO₂), dibandingkan dengan 15,3 di negara-negara maju.⁴³ Terlebih lagi, jumlah emisi masa lalu—dan dengan demikian adalah jumlah gas-gas rumah kaca yang ada di atmosfer saat ini—merupakan tanggung jawab negara-negara maju.⁴⁴ Mengatasi ancaman perubahan iklim terhadap kesejahteraan umat manusia tidak hanya bergantung pada pembangunan yang cerdas-iklim—meningkatkan pendapatan dan ketahanan seiring mengurangi emisi relatif terhadap peningkatan yang diproyeksikan. Diperlukan juga kemakmuran yang cerdas iklim di negara-negara maju—dengan ketahanan yang lebih tinggi dan reduksi mutlak dalam emisi.

Bukti menunjukkan bahwa kebijakan dapat membuat perubahan besar terhadap bagaimana jejak karbon berubah seiring bertambahnya pendapatan.⁴⁵ Jejak karbon rata-rata penduduk di negara-negara kaya, termasuk produsen minyak dan negara kepulauan kecil, yang berbeda bervariasi dengan faktor sebesar dua belas, begitu juga intensitas energi dari PDB,⁴⁶ menandakan bahwa jejak karbon tidak selalu meningkat seiring dengan meningkatnya pendapatan. Dan negara-negara yang ekonominya sedang berkembang saat ini menggunakan energi per kapita yang jauh lebih kecil dibandingkan negara-negara maju seperti Amerika Serikat pada tingkat pendapatan yang sama, sehingga menunjukkan potensi untuk pertumbuhan yang lebih rendah karbon.⁴⁷

Adaptasi dan mitigasi harus diintegrasikan ke dalam strategi pembangunan cerdas iklim yang meningkatkan ketahanan, mengurangi

ancaman akan pemanasan lebih lanjut, dan meningkatkan hasil-hasil pembangunan. Langkah-langkah adaptasi dan mitigasi dapat mempercepat pembangunan, dan kemakmuran dapat meningkatkan pendapatan dan membantu perkembangan institusi-institusi dengan lebih baik. Populasi yang lebih sehat hidup dalam rumah-rumah yang dibangun dengan lebih baik dengan akses pada pinjaman bank dan keamanan sosial yang lebih lengkap untuk menghadapi perubahan iklim dan konsekuensinya. Mempercepat kebijakan-kebijakan pembangunan yang kuat dan berdaya tahan dan yang mendorong proses adaptasi harus dilakukan hari ini juga karena perubahan iklim, yang telah dimulai, akan meningkat bahkan dalam waktu dekat.

Persebaran kemakmuran ekonomi dan adaptasi untuk kondisi ekologi yang berubah selalu saling berkaitan dengan adaptasi sampai pada kondisi ekologi yang berubah. Namun, seiring pertumbuhan telah mengubah lingkungan, dan perubahan lingkungan telah berlangsung semakin cepat, mempertahankan pertumbuhan dan kemampuan adaptasi menuntut kapasitas yang lebih besar untuk memahami lingkungan kita, menghasilkan teknologi-teknologi dan praktik-praktik adaptif baru, dan menyebarkannya secara luas. Seperti yang telah dijelaskan oleh para pakar sejarah ekonomi, banyak potensi kreatif umat manusia telah diarahkan pada adaptasi ke dunia yang berubah.⁴⁸ Akan tetapi adaptasi tidak dapat mengatasi semua dampak yang terkait dengan perubahan iklim, terutama karena perubahan-perubahan besar yang baru akan terungkap pada jangka panjang (lihat Bab 2).⁴⁹

Negara-negara tidak dapat tumbuh dengan lancar secara cukup cepat untuk

menyesuaikan diri mereka terhadap perubahan iklim. Dan beberapa strategi pertumbuhan, entah yang dikendalikan oleh pemerintah atau oleh pasar, dapat juga menambah kerentanan—khususnya jika mereka mengeksploitasi sumber daya alam secara berlebihan. Di dalam rencana pembangunan Soviet, budidaya kapas dengan irigasi membentang di Asia Tengah yang memiliki keterbatasan air dan hampir menyebabkan hilangnya Laut Aral, mengancam mata pencaharian para nelayan, penggembala, dan petani.⁵⁰ Dan pembukaan lahan hutan bakau—penyangga alami pesisir pantai dari serangan badai—bagi terlaksananya pertanian udang intensif atau pembangunan perumahan meningkatkan kerentanan fisik permukiman-permukiman pesisir pantai, baik di Guinea maupun di Louisiana.

Guncangan-guncangan iklim dapat memberikan ketegangan pada infrastruktur yang secara normal memadai atau menyingkapkan kelemahan-kelemahan institusional yang sebelumnya tak teruji, bahkan di negara-negara dengan pertumbuhan yang pesat dan pendapatan tinggi. Sebagai contoh, walaupun pertumbuhan ekonomi yang mengagumkan selama lebih dari dua dekade, dan sebagian karena mengiringi transisi pasar tenaga kerja, jutaan pekerja migran di China terdampar selama badai salju intens yang tak terduga pada Januari 2008 (Peta 1.4). Sistem kereta api luluh lantak saat para pekerja pulang ke rumah mereka untuk merayakan Tahun Baru China, menerlantarkan jutaan orang, sementara provinsi-provinsi di selatan dan pusat menderita kekurangan makanan dan pemadaman listrik. Badai Katrina menerjang Amerika Serikat yang tidak memiliki persiapan dan perlengkapan yang memadai,

Peta 1.4 Badai pada Januari 2008 di China memberi gangguan yang parah terhadap mobilitas, pilar pertumbuhan ekonomi China



Sumber: ACASIAN 2004; Chan 2008; Huang dan Magnoli 2009; United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service, Commodity Intelligence Report, 1 Februari 2008, <http://www.pecad.fas.usda.gov/high-lights/2008/02/MassiveSnowStorm.htm> (diakses 14 Juli 2009); Menteri Komunikasi, Government of the People's Republic of China, "The Guarantee Measures and Countermeasures for Extreme Snow and Rainfall Weather," 1 Februari 2008, <http://www.china.org.cn/e-news/news080201-2.htm> (diakses 14 Juli 2009).

Catatan: Lebar panah menunjukkan estimasi ukuran daerah alur perjalanan selama liburan Tahun Baru China, didasarkan pada perputaran alur migrasi pekerjanya yang diestimasi. Total migrasi internal diestimasi sekitar 130 juta dan 180 juta orang. Penilaian kerusakan akibat badai didasarkan pada curah hujan kumulatif pada bulan Januari dan Chinese news serta komunikasi pemerintah pada saat badai terjadi.

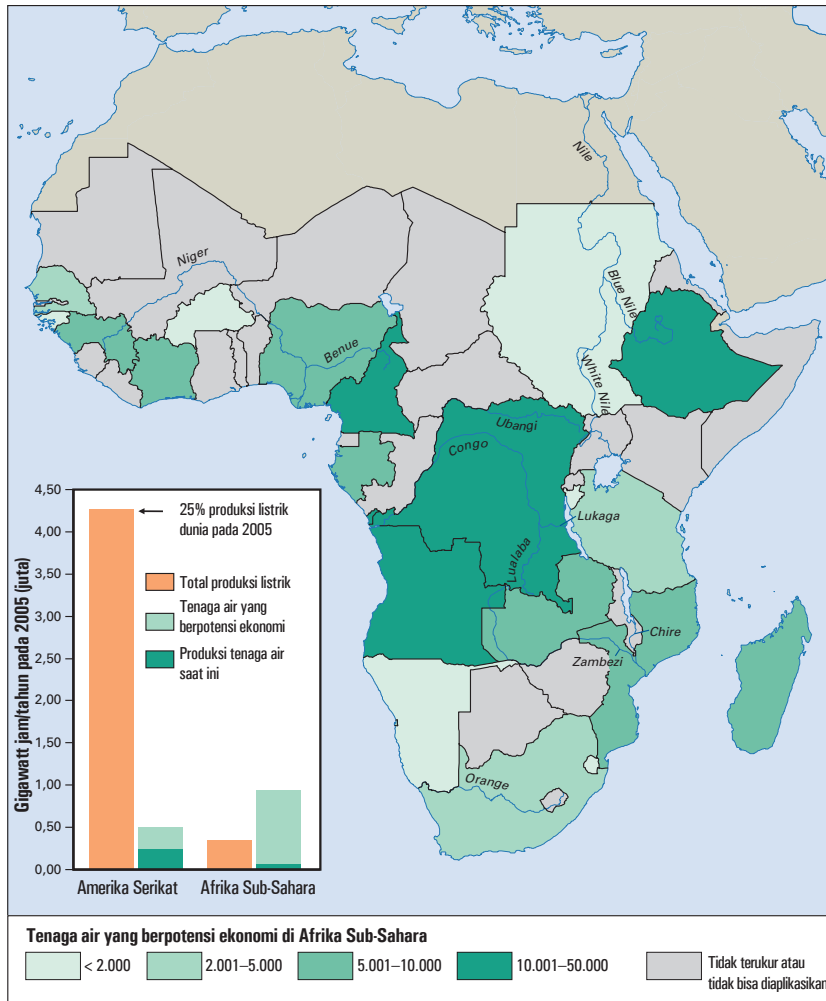
menunjukkan bahwa kemakmuran yang stabil selama beberapa dekade tidak senantiasa menghasilkan perencanaan yang baik (dan lebih jauh lagi, adaptasi yang baik). Pendapatan rata-rata yang lebih tinggi juga tidak menjamin adanya perlindungan bagi komunitas-komunitas yang paling miskin.

Kebijakan-kebijakan mitigasi—untuk keadaan yang lebih baik ataupun lebih buruk. Kebijakan-kebijakan mitigasi dapat dieksploitasi untuk memberikan keuntungan-keuntungan ekonomi

sampingan selain reduksi emisi, dan dapat menciptakan kesempatan-kesempatan lokal dan regional. Biofuel dapat membuat Brazil menjadi negara penghasil energi yang besar di masa depan—produksi etanolnya telah berlipat ganda sejak pergantian abad ini.⁵¹ Suatu bagian besar dari tenaga air yang belum tereksplorasi terletak di negara-negara berkembang, termasuk Afrika Sub-Sahara (Peta 1.5). Dan Afrika Utara dan Timur Tengah, yang menikmati sinar matahari sepanjang tahun, akan diuntungkan dari permintaan tenaga surya dari negara-negara Eropa (lihat Bab 4, Kotak 4.15).⁵² Walaupun demikian, keuntungan bersaing dalam produksi energi terbarukan di banyak negara masih belum dieksploitasi dengan optimal, dibuktikan dengan perkembangan produksi tenaga surya di Eropa Utara daripada di Afrika Utara.

Akan tetapi kebijakan-kebijakan mitigasi dapat juga menyebabkan kesalahan dan mengurangi kesejahteraan jika efek-efek sampingnya tidak dipertimbangkan dalam perancangan dan pelaksanaan. Relatif terhadap produksi etanol selulosa yang lebih bersih dan bahkan bensin, produksi biofuel berbahan dasar jagung di Amerika Serikat membebankan biaya-biaya kesehatan yang lebih mahal dari polusi lokal dan hanya menawarkan reduksi emisi CO₂ yang tidak dapat dipastikan (Figur 1.2).⁵³ Lebih lanjut lagi, kebijakan-kebijakan biofuel di Amerika Serikat dan Eropa telah mengalihkan masukan dari pangan ke produksi bahan bakar dan berkontribusi terhadap peningkatan harga pangan global.⁵⁴ Kenaikan harga pangan yang disebabkan oleh hal tersebut sering kali meningkatkan tingkat kemiskinan.⁵⁵ Dampak keseluruhan pada kemiskinan bergantung pada struktur ekonomi,

Peta 1.5 Afrika mempunyai potensi tenaga air yang belum dimanfaatkan, dibandingkan dengan potensi yang lebih rendah tetapi tenaga air dieksploitasi berlebih seperti di Amerika Serikat



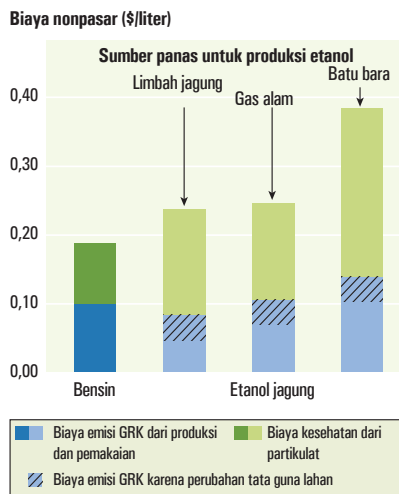
Sumber: International Journal on Hydropower and Dams, World Atlas, 2006 (<http://hydropower-dams.com>, diakses 9 Juli 2009); IEA Energy Balances of OECD countries 2008; dan IEA Energy Balances Non-OECD countries 2007 (http://www.oecd.org/document/10/0,3343,en_21571361_33915056_39154634_1_1_1_1,00.html, diakses 9 Juli 2009).

Catatan: Amerika Serikat telah mengeksploitasi lebih dari 50 persen potensi tenaga airnya, dibandingkan dengan hanya 7–8 persen di negara-negara Afrika Sub-Sahara. Total produksi listrik di Amerika Serikat ditunjukkan dengan skala.

karena para produsen akan diuntungkan dari harga yang lebih tinggi dan para pembeli akan dirugikan. Namun, banyak pemerintah di negara-negara yang mengalami surplus pangan—termasuk Argentina, China, India, dan Ukraina—telah meresponsnya dengan pelarangan ekspor dan tindakan-tindakan proteksi lainnya, membatasi keuntungan para produsen domestik, mengurangi pasokan gandum, dan mempersempit cakupan bagi solusi pasar masa depan.⁵⁶

Keterkaitan antara perdagangan dan kebijakan-kebijakan mitigasi tidaklah bersifat langsung. Telah diusulkan agar muatan karbon dari ekspor dihitung dalam jumlah karbon dari negara tujuan, sehingga negara-negara pengekspor tidak mendapat hukuman karena melakukan spesialisasi dalam barang-barang industri berat yang dikonsumsi oleh negara lain. Akan tetapi jika importir memberikan pajak perbatasan pada muatan karbon dari barang-barang

Figur 1.2 Biofuel berbahan dasar jagung di AS meningkatkan emisi CO₂ dan biaya-biaya kesehatan relatif terhadap bensin



Sumber: Hill dkk. 2009.

Catatan: Biaya-biaya dinyatakan dalam dollar per liter bensin atau bensin ekuivalen. Biaya-biaya kesehatan adalah biaya yang diestimasi karena bahan partikulat emisi, dari produksi dan pembakaran akhir tambahan per liter etanol. Emisi gas rumah kaca mengasumsikan harga karbon sebesar \$120 per ton, didasarkan pada harga tangkapan dan penyimpanan karbon yang diestimasi. Sebagai an (arsir diagonal pada figur) gas rumah kaca diasosiasikan dengan produksi etanol jagung yang berasal dari pembersihan, konversi, atau lahan lahan.

untuk menyeimbangkan harga karbon, negara-negara pengekspor akan tetap menanggung sebagian bebannya karena kehilangan daya saing (lihat Fokus C Perdagangan).

Pajak hijau. Seperti yang digambarkan pada Bab 6, pajak karbon dapat menjadi alat yang efisien untuk mengendalikan emisi karbon—tetapi perubahan dalam sistem pajak terhadap biaya-biaya lingkungan perusahaan (pajak hijau) dapat menjadi sesuatu yang regresif, bergantung pada struktur ekonomi suatu negara, kualitas penargetan, dan distribusi pembagian beban. Di Inggris, suatu pajak karbon yang dibebankan secara merata pada semua rumah tangga akan sangat bersifat regresif, konsisten dengan temuan dari negara-negara OECD lainnya.⁵⁷ Alasannya adalah bahwa pengeluaran untuk energi merupakan bagian besar dari

pengeluaran total untuk rumah tangga miskin dibandingkan dengan yang kaya. Akan tetapi efek regresifnya dapat diimbangi baik melalui rancangan tarif berskala maupun program bersasaran berdasarkan mekanisme kebijakan sosial yang ada.⁵⁸

Dan pajak hijau di negara-negara berkembang dapat juga progresif, seperti yang ditunjukkan oleh penelitian baru-baru ini di China. Kebanyakan rumah tangga miskin di China bermukim di daerah pedesaan dan mengonsumsi produk-produk dengan karbon intensif yang jauh lebih rendah dibandingkan yang dikonsumsi oleh rumah tangga di kota yang secara umum lebih baik. Bahkan jika pendapatan dari tagihan karbon didaur ulang ke dalam perekonomian berdasarkan angka per kapita yang sama, efek progresifnya tetap akan menjadi lebih besar.⁵⁹

Mendapatkan dukungan politik untuk pajak hijau dan menjamin kebijakan tersebut tidak merugikan orang miskin tidaklah mudah. Daur ulang pendapatan akan sangat kritis bagi kawasan Amerika Latin dan Eropa Timur, di mana orang miskin dalam bagian yang cukup besar hidup di daerah perkotaan dan akan secara langsung menderita karena pajak hijau. Namun, daur ulang pendapatan seperti itu, sebagaimana halnya penentuan sasaran yang ditunjukkan oleh penelitian di Inggris tersebut, akan memerlukan komitmen yang kuat untuk pergeseran kebijakan tersebut, yang sulit untuk diterapkan di banyak negara berkembang di mana subsidi regresif untuk energi dan layanan-layanan infrastruktur lainnya dibentengi secara politik. Tanpa daur ulang pendapatan, dampak dari harga karbon atau pajak hijau—bahkan jika progresif—sangat mungkin akan merugikan kaum miskin karena rumah tangga miskin mengeluarkan sebanyak

25 persen dari pendapatan mereka untuk listrik, air, dan transportasi. Selain itu, kemungkinan besar akan menghadapi kesulitan secara politik, karena bahkan rumah tangga rata-rata mengeluarkan 10 persen dari penghasilannya untuk layanan-layanan tersebut.⁶⁰

Pendapatan riil dari orang-orang yang paling miskin juga akan berkurang dalam jangka pendek, seiring biaya di muka yang lebih tinggi dari pembangunan infrastruktur, operasi, dan layanan-layanan ramah lingkungan akan menyerang sisi pasokan dari perekonomian.⁶¹ Pajak hijau juga dapat memberikan efek langsung pada rumah tangga (yang disebabkan oleh meningkatnya harga energi) dan efek yang tidak langsung (pada pengeluaran rumah tangga total sebagai hasil dari biaya produksi yang lebih tinggi dan oleh karena itu harga-harga barang-barang konsumsi juga lebih tinggi). Sebuah penelitian di Madagaskar menunjukkan bahwa dampak-dampak tidak langsung dapat merepresentasikan sekitar 40 persen dalam penurunan kesejahteraan, karena harga pangan, tekstil, dan transportasi yang lebih tinggi.⁶² Walaupun konsumsi langsung dari layanan-layanan infrastruktur lebih besar dilakukan oleh kelas menengah, kuintil paling bawah diproyeksikan menderita kerugian yang terbesar dalam hal pendapatan riil.

Terdapat cakupan yang cukup di seluruh dunia untuk rancangan tarif dan subsidi energi yang lebih baik, yang meningkatkan pemulihan biaya dan manfaat sasaran yang lebih baik bagi penduduk miskin.⁶³ Perubahan iklim (dan pendapatan dari pajak hijau) akan mungkin membuat perluasan program pendukung pendapatan ini menjadi layak dilakukan dan dapat dilaksanakan untuk mengembangkan

program-program pendukung pendapatan di negara-negara yang saat ini menggantungkan diri pada harga energi dan air sebagai bagian dari kebijakan sosial mereka. Efisiensi energi yang lebih tinggi akan mengurangi biaya bagi semua orang, sementara teknologi yang lebih ramah lingkungan dapat lebih murah dibandingkan teknologi intensif karbon. Sebagai contoh, beralih ke kompor masak berbahan bakar kayu yang lebih baik di pedesaan Meksiko dapat mengurangi emisi sampai 160 juta ton CO₂ selama 20 tahun ke depan, dengan kenaikan ekonomi bersihnya (dari biaya energi langsung yang lebih rendah dan kesehatan yang lebih baik) sebesar \$8 sampai \$24 untuk setiap ton emisi CO₂ yang berhasil dihindari.⁶⁴

Mengevaluasi berbagai pertukarannya

Sementara tidak ada lagi debat yang cukup substantif mengenai kebutuhan akan tindakan untuk mitigasi perubahan iklim, kontroversi tetap ada mengenai berapa banyak dan seberapa cepat mitigasi harus dilakukan. Menjaga perubahan-perubahan dalam suhu rata-rata global agar tetap di bawah tingkat yang dianggap “berbahaya” (lihat Fokus A Ilmu Perubahan Iklim) akan memerlukan tindakan yang segera dan global—tindakan yang memakan banyak biaya untuk mengurangi emisi dari tingkat yang diproyeksikan, yaitu 50 sampai 80 persen pada 2050.

Semakin banyak literatur yang menunjukkan alasan yang lebih kuat untuk melakukan mitigasi yang segera dan signifikan, kita kita ikut memperhitungkan inersia dalam sistem iklimnya, yang berarti pemanasan dan dampak-dampaknya terakumulasi secara perlahan-lahan tetapi sampai batasan tertentu tidak dapat dibalikkan;

inersia dari lingkungan terbangun, yang menyebabkan biaya yang lebih tinggi untuk mengurangi emisi di masa depan jika modal tetap emisi yang lebih tinggi ternyata diterapkan; dan manfaat-manfaat yang mengurangi risiko jangka panjang dan ketidakpastian dari hasil bencana diasosiasikan dengan suhu yang lebih tinggi.⁶⁵

Setiap respons terhadap perubahan iklim melibatkan beberapa pertimbangan pro dan kontra, kekuatan dan kelemahan, manfaat dan biaya. Pertanyaannya adalah *bagaimana* evaluasi ini harus dilaksanakan. Analisis biaya-manfaat adalah perangkat yang krusial untuk mengevaluasi kebijakan dalam konteks yang tidak dapat dihindarkan dari prioritas yang saling bersaing dan sumber daya yang langka. Akan tetapi, mendapatkan biaya dan manfaat juga dapat dengan mudah menghilangkan lingkungan nonpasar barang dan jasa dan menjadi tidak mungkin jika risiko masa depan (dan sikap menanggapi risiko) benar-benar tidak pasti.

Perangkat keputusan tambahan, melengkapi analisis biaya-manfaat, diperlukan untuk menentukan tujuan keseluruhan dan risiko yang dapat diterima. Pendekatan multikriteria dapat menyediakan pandangan tentang perdagangan yang tidak semuanya tercantum dalam aturan-aturan moneter. Dalam menghadapi risiko penolakan dan ketidakpastian mengenai risiko iklim masa depan, pendekatan “tolerable windows” dapat mengidentifikasi jalur emisi yang dapat bertahan di antara batasan dan risiko yang dapat diterima dan mengevaluasi biaya untuk melakukannya.⁶⁶ “Pengambilan keputusan yang kokoh dapat menyoroti kebijakan-kebijakan yang memberikan perlindungan efektif terhadap hasil-hasil masa depan yang tidak diinginkan.

Perdebatan biaya-manfaat: Mengapa hal itu bukan hanya mengenai tingkat diskon

Perdebatan ekonomi mengenai analisis biaya-manfaat mengenai kebijakan perubahan iklim telah menjadi sangat ramai sejak publikasi *Stern Review of the Economics of Climate Change* pada tahun 2007. Laporan tersebut mengestimasi biaya potensial perubahan iklim yang tidak dimitigasi akan sangat tinggi—kerugian permanen per tahun diramalkan sekitar 5–20 persen dari PDB—dan mendukung untuk melakukan tindakan yang kuat dan bersifat segera. Rekomendasi Laporan ini bertentangan dengan banyak model lainnya yang menjadikan kasus ekonomi untuk mitigasi yang lebih bertahap dalam bentuk “climate policy ramp—jalan kebijakan iklim.”⁶⁸

Perdebatan akademis mengenai tingkat diskon yang sesuai—yang sangat menentukan perbedaan antara hasil Stern dengan yang lainnya—kemungkinan besar tidak akan dapat terselesaikan (Kotak 1.2).⁶⁹ Stern menggunakan tingkat diskon yang sangat kecil. Dalam pendekatan ini, yang biasanya dijustifikasikan karena alasan-alasan etis, fakta bahwa generasi masa depan hampir dapat dipastikan lebih kaya adalah satu-satunya faktor yang membuat pemberian nilai akan kesejahteraan masa depan lebih rendah dibandingkan hari ini; dengan kata lain, kesejahteraan generasi masa depan sama nilainya dengan kesejahteraan generasi masa kini.⁷⁰ Argumen-argumen yang bagus dapat dikemukakan untuk mendukung tingkat yang tinggi ataupun yang rendah. Sayangnya, kesejahteraan ekonomi antargenerasi tidak dapat membantu menyelesaikan perdebatannya—karena hal tersebut justru menimbulkan lebih banyak

KOTAK 1.2 *Dasar-dasar pemberian diskon pada keuntungan dan biaya dari mitigasi perubahan iklim*

Evaluasi akan alokasi sumber daya yang melintasi waktu adalah hal pokok dalam ekonomi terapan dan manajemen proyek. Hal tersebut telah digunakan secara luas untuk menganalisis persoalan biaya dan manfaat mitigasi perubahan iklim. Akan tetapi, tetap terdapat pertentangan mengenai nilai dari parameter-parameternya.

Tingkat diskon sosial menilai manfaat dan biaya moneter di masa depan dalam nilai mereka saat ini, atau nilainya terhadap pengambil keputusan hari ini. Berdasarkan definisi, oleh karena itu, perangkat utama dari analisis kesejahteraan antargenerasi—total nilai kini bersih (*net present value*) yang diperkirakan—tidak dapat menjawab masalah distribusi kesejahteraan terhadap waktu. Untuk menentukan nilai yang sesuai untuk elemen-elemen dari tingkat diskon dalam konteks permasalahan jangka panjang seperti perubahan iklim, kita perlu melihat banyak pertimbangan ekonomi dan etika yang mendalam (lihat Kotak 1.4).

Terdapat tiga faktor penting dalam menentukan tingkat diskonnya. Pertama adalah seberapa besar beban yang akan diberikan pada kesejahteraan yang dinikmati di masa depan, karena hal tersebut datang belakangan dan bukan lebih awal. Tingkat murni dari preferensi waktu ini dapat dianggap sebagai ukuran ketidaksabaran. Faktor kedua adalah tingkat pertumbuhan dalam konsumsi per kapita: jika pertumbuhannya sangat cepat, generasi masa depan akan jauh lebih sejahtera, sehingga mengurangi nilai yang diberikan untuk berbagai kerugian akibat kerusakan iklim dibandingkan dengan biaya-biaya untuk mitigasi yang ditanggung saat ini. Faktor ketiga adalah curamnya utilitas marginal dari konsumsi (suatu ukuran seberapa besar satu dolar tambahan dinikmati) yang menurun ketika pendapatan naik.^a

Tidak ada kesepakatan universal mengenai bagaimana cara memilih nilai numerik untuk masing-masing dari ketiga faktor tersebut yang menentukan tingkat diskon sosialnya.

Baik penilaian etis maupun informasi empiris yang mencoba mengevaluasi preferensi dari perilaku masa lalu telah digunakan, terkadang bahkan digabungkan. Oleh karena biaya-biaya kebijakan mitigasi ditanggung saat itu juga, dan kemungkinan keuntungan yang besar dari kebijakan-kebijakan tersebut (kerusakan yang berhasil dihindari) akan dinikmati jauh di masa depan, pemilihan parameter untuk tingkat diskon sosial sangatlah memengaruhi peraturan-peraturan untuk kebijakan iklim.

Sumber: Stern 2006; Stern 2008; Dasgupta 2008; Roemer 2009; Sterner dan Persson 2008.

a. Utilitas marginal dari konsumsi menurun ketika pendapatan naik dikarenakan dollar tambahan dari konsumsi menyediakan lebih banyak utilitas untuk orang-orang miskin dibandingkan dengan orang-orang yang telah mengonsumsi banyak. Kecuraman perubahan—dikenal dengan elastisitas utilitas marginal dari konsumsi dengan mempertimbangkan perubahan pada tingkat pendapatan—juga mengukur toleransi terhadap risiko dan kesetaraan.

pertanyaan alih-alih memberikan jawaban.⁷¹

Namun, seruan untuk melakukan tindakan yang cepat dan signifikan dalam memitigasi emisi gas rumah kaca tidak semata-mata bergantung pada tingkat diskon yang rendah. Meskipun perannya dalam menentukan beban relatif dari keuntungan dan biaya sangatlah penting, faktor-faktor lain meningkatkan manfaat dari mitigasi (kerusakan yang dihindari) dalam cara-cara yang juga memperkuat alasan untuk mitigasi yang cepat dan signifikan, bahkan dengan tingkat diskon yang lebih tinggi.⁷²

Dampak-dampak yang lebih luas.

Kebanyakan model ekonomi mengenai dampak-dampak perubahan iklim tidak secara tetap memperhitungkan faktor kehilangan keragaman hayati dan layanan-layanan ekosistem yang terkait—sebuah kelengahan yang

penuh paradoks yang berarti sama dengan menganalisis pertukaran antara barang-barang konsumsi dan barang-barang lingkungan tanpa menyertakan barang-barang lingkungan dalam fungsi utilitas individual.⁷³ Walaupun nilai pasar yang diperkirakan dari hilangnya layanan-layanan lingkungan boleh jadi sulit dihitung dan mungkin bervariasi di berbagai kebudayaan dan sistem nilai, kerugian-kerugian seperti ini merupakan sebuah biaya. Kerugiannya meningkatkan harga relatif akan layanan-layanan lingkungan seiring mereka menjadi lebih langka secara relatif dan mutlak. Menyertakan kerugian-kerugian lingkungan ke dalam model penilaian terintegrasi standar akan meningkatkan biaya keseluruhan dari perubahan iklim yang tidak dimitigasi secara signifikan.⁷⁴ Padahal, dengan memperhitungkan kehilangan keragaman hayati ke dalam model standar menghasilkan seruan

KOTAK 1.3 *Umpan balik positif, titik balik, ambang batas, dan nonlinearitas dalam sistem-sistem alami dan sosioekonomi*

Umpan balik positif dalam sistem iklim

Umpan balik positif menguatkan efek gas rumah kaca. Salah satu umpan balik positif yang secara umum dipertimbangkan adalah perubahan dalam reflektivitas permukaan Bumi, atau *albedo*: permukaan yang sangat reflektif, seperti es dan salju, memantulkan sinar pemanasan dari matahari kembali ke atmosfer, tetapi karena naiknya suhu melelehkan es dan salju, lebih banyak panas yang diserap oleh permukaan bumi, yang mengarah pada pemanasan dan pelelehan yang lebih tinggi, seiring proses tersebut berulang dengan sendirinya.

Titik-titik balik dalam sistem-sistem alami

Bahkan perubahan yang mulus dan moderat dalam iklim dapat membawa suatu sistem alami ke titik yang jika telah terlewat akan menyebabkan perubahan-perubahan yang relatif mendadak, kemungkinan bertambah cepat, tidak dapat dibalikkan, dan akhirnya perubahan jadi sangat merusak. Sebagai contoh, hilangnya hutan daerah dapat disebabkan oleh kombinasi dari kekeringan, hama, dan suhu yang lebih tinggi yang bergabung melampaui batas fisiologis. Sebuah kemungkinan titik balik yang menjadi kekhawatiran global adalah pelelehan lapisan es yang menutupi sebagian besar Greenland. Pada tingkat pemanasan lebih lanjut, pencairan pada musim panas tidak akan beku kembali selama musim dingin, menaikkan tingkat pemanasan dengan dramatis dan menyebabkan naiknya permukaan laut setinggi 6 meter.

Ambang batas dalam sistem-sistem sosioekonomi

Biaya ekonomi dari dampak-dampak langsung juga dapat memberikan efek-efek ambang batas yang kuat—hasil dari fakta bahwa berbagai infrastruktur dan praktik produksi saat ini dirancang agar kokoh hanya untuk menghadapi

variasi kondisi cuaca yang relatif kecil. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan pada dampak akan ditunjukkan pertama kali oleh meningkatnya konsentrasi populasi dan aset daripada oleh iklim—selama kejadian cuaca tetap berada dalam batasan-batasan dari variabilitas yang telah diamati di masa lampau—tetapi dampak-dampak tersebut dapat meningkat tajam jika kondisi iklim secara konsisten melewati batasan-batasan tersebut di masa depan.

Nonlinearitas dan efek-efek tidak langsung

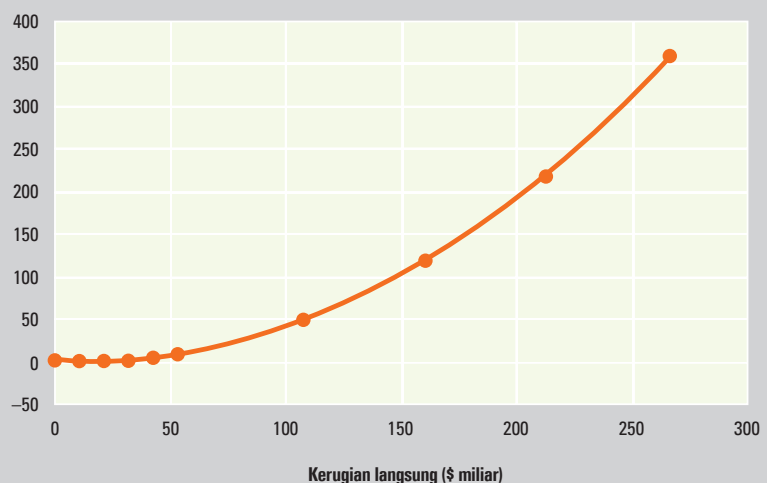
Respons ekonomi terhadap dampak-dampak ini pun sendirinya nonlinear, sebagian karena dampak-dampak perubahan iklim akan secara bersamaan meningkatkan kebutuhan untuk adaptasi dan potensi penurunan kapasitas adaptasi. Dampak-dampak langsungnya juga dapat memunculkan dampak-dampak tidak langsung (umpan balik makroekonomi, hambatan

bisnis, dan halangan rantai distribusi) yang tumbuh semakin besar seiring dengan semakin besar skala dampak-dampaknya. Efek ini dapat terlihat dalam beberapa bencana alam. Bukti baru-baru ini di Louisiana menunjukkan bahwa ekonomi memiliki kapasitas untuk menyerap hingga \$50 juta kerugian langsung. Akan tetapi kerugian tidak langsung meningkat dengan cepat dengan bencana-bencana alam yang lebih menghancurkan (figur). Kerugian langsung akibat Badai Katrina mencapai \$107 miliar, dengan kerugian tidak langsung menambahkan sekitar \$42 miliar; simulasi bencana dengan kerugian langsung sebesar \$200 miliar dapat menyebabkan tambahan \$200 miliar pada kerugian tidak langsung.

Sumber: Schmidt 2006; Kriegler dkk. 2009; Hallegatte 2008; komunikasi pribadi dari Stéphane Hallegatte, Mei 2009.

Kerugian tidak langsung meningkat bahkan lebih curam seiring meningkatnya kerusakan langsung: Perkiraan dari Louisiana

Kerugian tidak langsung (\$ miliar)



Sumber: Data disediakan oleh Stéphane Hallegatte 2008.

yang keras untuk mitigasi yang lebih cepat, bahkan dengan tingkat diskon yang lebih tinggi.

Dinamika yang dimodelkan dengan lebih akurat: Efek-efek ambang batas

dan inersia. Fungsi kerusakannya, yang menghubungkan perubahan dalam suhu dengan kerusakan-kerusakan yang diuangkan, biasanya dimodelkan dalam analisis biaya-manfaat sebagai fungsi yang meningkat yang mulus. Akan tetapi,

terdapat bukti ilmiah yang cukup banyak bahwa sistem alami dapat memberikan respons nonlinear terhadap perubahan iklim sebagai konsekuensi dari umpan balik positif, titik balik, dan ambang batas (Kotak 1.3). Umpan balik positif dapat timbul, sebagai contoh, jika pemanasan menyebabkan lapisan es abadi mencair, melepaskan metana (gas rumah kaca yang potensial) yang dikandungnya dalam jumlah besar, dan semakin mempercepat pemanasan. Ambang batas atau titik balik merupakan perubahan yang relatif cepat dan berskala besar dalam sistem alami (atau sosioekonomi) yang mengarah pada kerugian-kerugian serius dan tidak dapat dibalikkan. Umpan balik positif, titik balik, dan ambang batas berarti bahwa mungkin ada nilai yang sangat besar dalam berusaha untuk menjaga kecepatan dan besar perubahan iklim serendah mungkin.⁷⁵

Inersia yang cukup besar dalam sistem iklim menambahkan kekhawatiran mengenai umpan balik positif, dampak-dampak ambang batas, dan ireversibilitas dari dampak-dampak perubahan iklim. Para ilmuwan telah mendapati bahwa pemanasan yang disebabkan oleh peningkatan konsentrasi gas rumah kaca sangatlah tidak dapat dibalikkan selama seribu tahun setelah emisinya berhenti.⁷⁶ Penundaan mitigasi menghilangkan pilihan jalur pemanasan yang lebih rendah: sebagai contoh, penundaan lebih dari 10 tahun kemungkinan besar akan menghalangi stabilisasi di atmosfer pada nilai berapapun dengan pemanasan setidaknya 3°C.⁷⁷ Selain itu, sistem iklimnya akan terus berubah selama beberapa abad bahkan setelah konsentrasi gas rumah kaca stabil (lihat Gambaran Umum). Jadi hanya mitigasi yang segera yang dapat menjaga nilai pilihannya—yaitu menghindarkan kehilangan pilihan dalam hasil stabilisasi.

Inersia juga cukup besar dalam lingkungan terbangun—infrastruktur transportasi, energi, dan perumahan, dan bentuk perkotaan (cara sebuah kota dirancang). Untuk merespons inersia ini, beberapa berdebat untuk menunda investasi mitigasi untuk menghindari terjebak dalam biaya yang lebih tinggi, investasi rendah karbon yang tidak perlu, teknologi yang lebih baik dan lebih murah mengizinkan penyelesaian mitigasi yang cepat, dan lebih banyak yang diketahui mengenai risiko-risiko yang harus dihadapi oleh masyarakat.

Namun, pada praktiknya tidaklah mungkin untuk menunda investasi utama dalam penyediaan infrastruktur dan energi tanpa membahayakan pembangunan ekonomi. Permintaan energi sangat mungkin menjadi tiga kali lipat di negara-negara berkembang antara tahun 2002 dan 2030. Selain itu, banyak pembangkit listrik di negara-negara berpendapatan tinggi, yang dibangun pada tahun 1950-an dan 1960-an, mulai mendekati akhir masa pakainya, menandakan bahwa banyak pembangkit baru yang harus dibangun selama 10–20 tahun ke depan bahkan permintaan yang konstan. Saat ini, pembangkit listrik bertenaga batu bara tetap menjadi pilihan termurah bagi banyak negara—selain menawarkan ketahanan energi bagi negara-negara yang memiliki cadangan batu bara yang mencukupi. Jika semua pembangkit listrik batu bara yang dijadwalkan akan dibangun dalam 25 tahun ke depan mulai beroperasi, emisi CO₂ seumur hidupnya akan sama dengan semua aktivitas pembakaran batu bara sejak dimulainya industrialisasi.⁷⁸ Oleh karena itu, ketiadaan komitmen untuk reduksi emisi yang lebih kuat di sektor tenaga listrik hari ini akan memastikan jalur emisi yang relatif tinggi.

Tidak dimungkinkan juga untuk memodifikasi investasi semacam itu pada skala besar dengan efisien dari segi biaya. Modifikasi tidak selalu memungkinkan, dan bisa jadi terlalu mahal. Tetap menggunakan contoh batu bara tadi, teknologi penangkap dan penyimpanan karbon—sebuah teknologi yang sedang dikembangkan untuk menangkap CO₂ yang diproduksi oleh pabrik berbahan bakar fosil dan menyimpannya di bawah tanah—memerlukan pabriknya harus terletak dalam jarak 50 sampai 100 mil dari tempat penyimpanan CO₂ atau biaya untuk mengangkut karbonnya menjadi terlalu mahal.⁷⁹ Untuk negara-negara yang memiliki banyak lokasi penyimpanan potensial, hal ini tidak menjadi masalah: sekitar 70 persen pembangkit listrik China cukup dekat dengan lokasi penyimpanan dan dapat sepatutnya dimodifikasi jika dan ketika teknologinya tersedia secara komersial. Akan tetapi, hal yang sama tidak berlaku di India, Afrika Selatan, atau banyak negara lainnya, di mana modifikasi akan menjadi tidak terjangkau kecuali pembangkit-pembangkit baru ditempatkan dekat dengan lokasi-lokasi penyimpanan yang sudah ada yang jumlahnya sedikit.

Negara-negara berkembang, dengan infrastruktur yang ada lebih sedikit dibandingkan negara-negara maju, memiliki keuntungan fleksibilitas dan dapat secara potensial melakukan lompatan ke teknologi yang lebih bersih. Negara-negara maju harus memberikan kepemimpinan dalam menghadirkan teknologi baru ke pasar dan berbagi pengetahuan dari pengalaman mereka dalam melakukan implementasi. Kemampuan untuk mengubah jalur emisi bergantung pada ketersediaan teknologi yang sesuai dan terjangkau, yang tidak akan tersedia di masa depan tanpa

investasi penelitian dan pengembangan (R&D), diseminasi, dan belajar-sambil-mencoba yang dimulai hari ini.

Kesempatan untuk beralih dari modal tinggi-karbon ke modal yang berumur panjang dan rendah-karbon tidak secara merata tersedia sepanjang waktu.⁸⁰ Pilihan untuk beralih ke sistem yang lebih efisien secara energi dan ekonomi tidaklah realistis untuk dilaksanakan jika teknologi yang diperlukannya belum tersedia dan belum ada pada skala yang cukup untuk dapat terjangkau, dan jika orang-orang belum memiliki pengetahuan mengenai bagaimana cara menggunakannya (Bab 7).⁸¹ Teknologi mitigasi penghambat yang efektif dan terjangkau tidak akan tersedia di masa depan tanpa riset aktif dan inisiatif demonstrasi yang menggerakkan teknologi-teknologi potensial sepanjang kurva biaya dan pembelajaran. Di bagian tersebut, negara-negara maju harus menjadi pemimpin dalam mengembangkan dan menghadirkan teknologi-teknologi baru ke pasar, dan berbagi pengetahuan dari pengalaman mereka melakukan implementasi.

Memperhitungkan ketidakpastian.

Penilaian ekonomi atas kebijakan-kebijakan perubahan iklim haruslah mempertimbangkan ketidakpastian mengenai ukuran dan waktu dari dampak-dampak yang berlawanan, dan mengenai kelayakannya, biayanya, dan profil waktunya untuk upaya-upaya mitigasi. Ketidakpastian yang krusial yang dilewatkan oleh kebanyakan model adalah kemungkinan terjadinya bencana besar yang terkait perubahan iklim (lihat Fokus A Ilmu Perubahan Iklim), sebuah topik yang kini menjadi pusat perdebatan yang sedang berlangsung.⁸² Distribusi kemungkinan yang menjadi dasar dari

risiko-risiko bencana besar seperti itu tidaklah diketahui, dan mungkin akan tetap seperti itu. Mitigasi yang lebih agresif hampir pasti akan mengurangi kemungkinan terjadinya hal tersebut, walaupun sangatlah sulit untuk menilai seberapa besarnya. Kemungkinan terjadinya bencana global, bahkan yang kemungkinannya sangat kecil, seharusnya mendorong kesanggupan masyarakat untuk membayar untuk mitigasi yang lebih cepat dan lebih agresif sampai pada tingkat yang dapat membantu mereka terhindar dari malapetaka.⁸³

Bahkan tanpa mempertimbangkan risiko-risiko bencana besar tersebut, ketidakpastian yang substansial tetap ada di sekitar dampak-dampak ekologi dan ekonomi. Seberapa cepat dan besarnya pemanasan tidak diketahui. Bagaimana perubahan iklim sangat bervariasi dan ekstrem—bukan hanya perubahan pada rerata suhu—akan memengaruhi iklim alamiah dan kelangsungan hidup adalah tidak pasti. Pengetahuan terbatas mengenai kemampuan untuk beradaptasi, biaya adaptasinya, dan besarnya kerusakan-kerusakan residual yang tak terhindarkan. Terdapat juga ketidakpastian yang substansial mengenai kecepatan penemuan, diseminasi, dan adopsi teknologi-teknologi baru.

Tanpa inersia dan ireversibilitas, ketidakpastian tidak akan menjadi terlalu berarti, ketidakpastian tidak akan berarti banyak, karena keputusan dapat dibalikkan dan penyesuaian dapat berjalan mulus dan bebas biaya. Namun, inersia yang ekstrem—dalam sistem iklim, dalam lingkungan terbangun, serta dalam tingkah laku individual dan institusi—menyebabkan semakin mahal bagi kita, jika tidak tak mungkin, untuk menyesuaikan diri pada arah mitigasi yang lebih ketat jika informasi baru

terungkap atau teknologi-teknologi baru ditemukan secara perlahan. Jadi, inersia sangat meningkatkan potensi negatif implikasi keputusan kebijakan iklim di bawah ketidakpastian. Dan ketidakpastian yang dikombinasikan dengan inersia dan ireversibilitas menguatkan pelaksanaan mitigasi yang segera.

Ilmu ekonomi mengenai pengambilan keputusan di bawah ketidakpastian memberikan alasan bahwa ketidakpastian mengenai efek-efek perubahan iklim membutuhkan lebih banyak mitigasi alih-alih lebih sedikit.⁸⁵ Ketidakpastian membuat argument kuat untuk mengadopsi pendekatan iteratif untuk memilih sasaran—dimulai dengan sikap agresif. Hal ini tidak berkurang dengan adanya kesempatan belajar (memperoleh informasi baru yang mengubah penilaian kita tentang ketidakpastian).

Pilihan-pilihan normatif mengenai agregasi dan nilai-nilai. Kebijakan-kebijakan perubahan iklim membutuhkan pertukaran antara tindakan-tindakan jangka pendek dengan keuntungan-keuntungan jangka panjang, antara pilihan-pilihan individual dan konsekuensi-konsekuensi global. Jadi, keputusan-keputusan kebijakan perubahan iklim dikendalikan secara fundamental oleh pilihan-pilihan etis. Memang, hal ini bicara mengenai kepedulian akan kesejahteraan orang lain.

Secara langsung menyertakan keuntungan-keuntungan dari barang-barang lingkungan nonpasar—dan eksistensi mereka untuk generasi masa depan—dalam model-model ekonomi kesejahteraan adalah salah satu pendekatan untuk menangkap pertukaran tersebut.⁸⁷ Pada praktiknya, kemampuan untuk menguantifikasi

pertukaran semacam itu masih terbatas, tetapi kerangka ini menyediakan sebuah titik tolak untuk penilaian lebih lanjut mengenai semakin besarnya nilai yang diberikan oleh masyarakat pada lingkungan seiring dengan meningkatnya pendapatan, dari kemungkinan pertukaran antara konsumsi pribadi dan upaya-upaya yang menghabiskan biaya untuk menjaga kesejahteraan—dan eksistensi—generasi masa depan.⁸⁸

Lebih lanjut lagi, cara sebuah model mengagregasikan dampak-dampak lintas individu atau negara secara signifikan memengaruhi nilai dari kerugian yang diperkirakan.⁸⁹ Menangkap dimensi kesetaraan sebagai tambahan atas kekhawatiran antargenerasi yang dinyatakan dalam tingkat diskon, bobot kesetaraan dapat diterapkan untuk mencerminkan fakta bahwa kehilangan satu dolar lebih berarti bagi orang miskin dibandingkan bagi orang kaya. Pendekatan semacam itu lebih baik dalam memahami kesejahteraan manusia (alih-alih sekadar pendapatan). Dan karena orang-orang miskin dan negara-negara miskin lebih rentan terhadap perubahan iklim, pendekatan ini secara substansial meningkatkan kerugian agregat yang diperkirakan karena perubahan iklim. Kebalikannya, menjumlahkan kerusakan-kerusakan global dalam dolar dan menyatakannya sebagai bagian dari PDB global—secara implisit membobotkan kerusakan-kerusakan menggunakan kontribusi bagi keluaran total—sama saja dengan memberikan bobot yang jauh lebih kecil bagi kerugian-kerugian yang diderita penduduk miskin.

Sistem-sistem nilai juga memainkan peranan dalam keputusan kebijakan lingkungan. Baru-baru ini, perubahan iklim telah muncul sebagai isu hak asasi manusia (Kotak 1.4). Dan sebagian

besar masyarakat memiliki sistem etika atau agama yang menghargai alam dan mengidentifikasi tanggung jawab manusia sebagai pengelola bumi ini dan semua kekayaan alamnya—walaupun hasilnya sering kali tidak sesuai dengan prinsip yang ideal. Di paruh pertama tahun 1600-an, Jepang bergerak dengan cepat menuju bencana lingkungan melalui penebangan hutan besar-besaran. Akan tetapi di awal tahun 1700 mereka memiliki sistem yang rumit untuk manajemen daerah hutan.⁹⁰ Salah satu alasan keshogunan Tokugawa—penguasa saat itu—memutuskan untuk bertindak adalah kekhawatiran bagi generasi keluarga masa depan, hasil dari tradisi kebudayaan Konfusianisme⁹¹—dan hasrat untuk menjaga sistem politik turun-temurun. Saat ini, hampir 80 persen daerah Jepang tertutupi pepohonan.⁹³

Kerangka alternatif untuk pengambilan keputusan

Ketidakpastian, inersia, dan etika menunjukkan perlunya kewaspadaan dan oleh karena itu mitigasi yang lebih cepat dan agresif, tetapi perdebatan analitis ekonom dan pembuat kebijakan mengenai seberapa banyak mitigasi tersebut masih jauh dari selesai. Kesimpulan-kesimpulan dari analisis biaya-manfaat sangatlah sensitif terhadap asumsi awal seperti skenario garis dasarnya, fungsi-fungsi pengurangan dan kerusakannya, dan tingkat diskonnya, termasuk asumsi implisit yang tertanam dalam perumusan model⁹³—yang dapat mengarah pada jalan buntu dalam pengambilan keputusan.

Kerangka pengambilan keputusan yang lebih ekspansif yang memasukkan penilaian biaya dan manfaat dengan basis yang lebih luas, tunjangan untuk penghindaran risiko, dan implikasi-

KOTAK 1.4 *Etika dan perubahan iklim*

Kompleksitas perubahan iklim menyoroti beberapa pertanyaan etika. Isu-isu kejujuran dan keadilan merupakan hal yang penting dengan sangat tidak terkaitnya emisi gas-gas rumah kaca dan dampaknya secara temporal dan geografis. Maka, setidaknya ada tiga dimensi etika utama yang muncul dalam permasalahan perubahan iklim: mengevaluasi dampak-dampak, mempertimbangkan kesetaraan antargenerasi, dan mendistribusikan tanggung jawab dan biaya-biaya.

Mengevaluasi dampak-dampak

Beberapa disiplin ilmu, termasuk ekonomi, berpendapat bahwa kesejahteraan haruslah menjadi kriteria yang paling penting dalam evaluasi kebijakan. Akan tetapi, bahkan dalam sebuah kerangka “utilitarianisme yang didiskon,” terdapat banyak pertentangan, yang paling menonjol adalah mengenai berapa tingkat diskon yang harus digunakan dan bagaimana mengagregasikan kesejahteraan lintas individu di masa kini dan masa depan. Satu pendapat yang umum adalah bahwa tidak ada alasan etika yang aman untuk mendiskon dampak ekonomi dan dampak manusia hanya karena mereka telah diantisipasi akan terjadi 40—atau bahkan 400—tahun mendatang. Sebuah pendapat balasannya adalah bahwa tidaklah pantas bagi generasi sekarang untuk mengalokasikan sumber daya untuk melakukan mitigasi perubahan iklim di masa depan jika investasi lain dipandang dapat memberikan timbal balik yang lebih baik, jadi mengembalikan kita semua pada kesulitan dalam menimbang biaya dan manfaat dari pilihan-pilihan alternatif yang tidak pasti.

Pembahasan baru-baru ini telah berfokus pada hak asasi manusia sebagai kriteria yang relevan untuk mengevaluasi dampak-dampaknya. Beberapa hak asasi manusia—terutama hak-hak ekonomi dan sosial—akan terancam oleh dampak-dampak perubahan iklim dan kemungkinan beberapa respons kebijakan. Hal-hal tersebut termasuk hak untuk mendapatkan makanan, hak untuk mendapatkan air, dan

hak untuk mendapatkan tempat berlindung. Dampak-dampak iklim juga dapat memberikan efek-efek langsung maupun tidak langsung dalam menerapkan dan merealisasikan hak-hak sipil dan politis. Namun, menetapkan hubungan sebab-akibat dan atribut adalah suatu masalah yang serius, dan akan membatasi cakupan untuk menerapkan hukum hak asasi manusia pada perselisihan internasional atau domestik.

Oleh karena penyebab perubahan iklim tersebar, hubungan langsung antara emisi di satu negara dan dampak-dampaknya di negara lain sulit untuk ditentukan dalam konteks perkara hukum. Hambatan yang lebih lanjut dalam mendefinisikan tanggung jawab dan kerugian dalam konteks hukum adalah penyebaran emisi dan dampak-dampaknya sepanjang waktu: dalam beberapa kasus, sumber dari kerusakannya telah terjadi selama beberapa generasi, dan kerusakannya akan dirasakan hari ini dan juga oleh beberapa generasi ke depan.

Mempertimbangkan kesetaraan antargenerasi

Kesetaraan antargenerasi adalah bagian integral dari evaluasi dampak. Bagaimana kesetaraan antargenerasi disertakan dalam sebuah model ekonomi yang mendasarinya akan memiliki implikasi yang signifikan. Seperti dicatat dalam Kotak 1.2, kriteria nilai saat ini mendiskon biaya dan manfaat masa depan, melemahkan distribusi kesejahteraan ekonomi sepanjang waktu terhadap waktu sekarang. Perumusan-perumusan alternatif mencakup memaksimalkan utilitas generasi masa kini, memasukkan perhatian-perhatian atas kepentingan orang lain untuk generasi masa depan, dan ikut memperhitungkan ketidakpastian mengenai eksistensi generasi masa depan.

Mendistribusikan tanggung jawab dan biaya-biaya

Siapa yang menanggung beban untuk memecahkan permasalahan perubahan iklim mungkin merupakan isu yang paling

diperdebatkan. Satu respons etisnya adalah prinsip “penghasil polusi harus membayar”: tanggung jawab harus dialokasikan pada kontribusi setiap negara atau kelompok terhadap perubahan iklim. Versi khusus dari pandangan ini adalah bahwa emisi sejarah kumulatif harus ikut diperhitungkan ketika menentukan tanggung jawab. Sebuah argumen balasannya menyatakan bahwa “kelalaian yang dapat dimaafkan” memberikan kekebalan terhadap penghasil emisi di masa lalu, karena mereka tidak menyadari konsekuensi dari tindakan-tindakan mereka, tetapi argumen ini telah dikritik atas dasar bahwa efek-efek potensial negatif dari gas-gas rumah kaca terhadap iklim telah diketahui sejak lama.

Dimensi yang lebih jauh dari tanggung jawab adalah mengenai bagaimana orang-orang telah diuntungkan dari emisi gas-gas rumah kaca di masa lalu (lihat Figur 3 Gambaran Umum). Sementara keuntungan-keuntungan tersebut telah jelas-jelas dinikmati oleh negara-negara maju yang telah memberikan kontribusi CO₂ di atmosfer dalam jumlah yang besar sampai sekarang ini, negara-negara berkembang juga mendapatkan beberapa keuntungan dari kemakmuran yang dihasilkan. Salah satu respons adalah dengan mengabaikan masa lalu, dan mengalokasikan hak per kapita yang setara untuk semua emisi masa depan. Akan tetapi pandangan lain menyadari bahwa apa yang sesungguhnya paling penting bukanlah distribusi emisi, tetapi distribusi kesejahteraan ekonomi, termasuk kerusakan-kerusakan perubahan iklim dan biaya-biaya mitigasi. Ini menunjukkan bahwa dalam dunia dengan kekayaan yang tidak merata, tanggung jawab yang lebih besar untuk menanggung biayanya dibebankan pada yang lebih mampu—walaupun hal ini tidak menghalangi tindakan-tindakan mitigasi yang sedang diambil di negara-negara yang lebih miskin dengan pendanaan eksternal yang disediakan oleh negara-negara berpendapatan tinggi (lihat Bab 6).

Sumber: Singer 2006; Roemer 2009; Caney 2009; World Bank 2009b.

implikasi dari keputusan etis, dapat mendukung pengambilan keputusan secara lebih efektif di hadapan banyaknya jurang dan rintangan pengetahuan.

Memasukkan beberapa isu penilaian yang disebutkan di atas (nilai-nilai pilihan, layanan-layanan ekosistem, risiko diskontinuitas) ke dalam analisis

biaya-manfaat yang lebih luas merupakan hal yang diinginkan (walaupun sulit). Walaupun demikian, juga lebih banyak lagi yang diperlukan untuk membuat konsekuensi-konsekuensi normatif dari pilihan-pilihan kebijakan setransparan mungkin untuk memberikan informasi kepada para pengambil keputusan yang ingin menetapkan sasaran-sasaran dan kebijakan-kebijakan lingkungan dan pembangunan yang konkret. Hal ini dapat membantu mereka memenangkan dukungan dari banyak sekali pemangku kepentingan yang akan menikmati manfaat nyata dan membayar biaya nyatanya.

Salah satu alternatifnya adalah sebuah pendekatan “jendela yang masih dapat ditoleransi—*tolerable window*” atau “pagar pengaman—*guardrail*.” Sebuah jendela sasaran-sasaran mitigasi, atau sebuah rentang yang dibatasi oleh pagar pengaman, dipilih untuk membatasi perubahan suhu dan laju perubahan sampai sejauh apa yang dipertimbangkan—secara heuristik atau berdasarkan penilaian pakar—sebagai tingkat yang dapat diperbolehkan.⁹⁴ Jendelanya didefinisikan oleh batasan-batasan yang diperoleh dari beberapa sistem yang sensitif terhadap iklim. Salah satu batasan dapat ditentukan oleh upaya sistem perekonomian untuk menghindari suatu nilai PDB yang berkurang, yang terkait dengan perubahan suhu dan laju perubahan yang ditentukan. Batasan kedua dapat didefinisikan oleh penghindaran masyarakat terhadap pertikaian sosial dan dampak-dampak yang tidak merata. Batasan ketiga boleh jadi adalah perhatian mengenai ambang batas pemanasan, yang jika dilampaui akan membuat ekosistem-ekosistem tertentu hancur.⁹⁵

Pendekatan pagar pengaman tidak memerlukan perkiraan nilai

uang dari kerusakan-kerusakannya, karena batasan-batasannya ditentukan oleh apa yang dinilai dapat diterima dalam masing-masing sistem (sebagai contoh, mungkin akan sulit untuk menerjemahkan ke dalam angka-angka PDB jumlah orang yang berpindah setelah kekeringan yang parah). Penggerak-penggerak dari nilai pagar pengaman untuk emisi meliputi analisis ilmiah mengenai potensi efek-efek ambang batas, begitu juga penilaian-penilaian yang tidak dinilaiuangkan mengenai risiko-risiko residual dan kerentanan yang akan tetap berada di dalam strategi mitigasi dan adaptasi yang berbeda. Biaya untuk tetap berada dalam pagar pengaman yang diajukan perlu dipertimbangkan dalam kaitannya dengan penilaian-penilaian heuristiknya yang mengelilingi tingkatan-tingkatan keamanan iklim yang disediakan oleh pagar-pagar pengaman yang berbeda. Dengan basis multikriteria seperti ini, para pengambil keputusan dapat membuat pembebanan yang lebih kaya informasi dan komprehensif, di mana tempat terbaik pagar pengaman harus ditetapkan (dan ini dapat ditinjau ulang secara periodik seiring dengan waktu).

Pendekatan ini dapat dilengkapi oleh teknik-teknik pendukung keputusan, seperti “pengambilan keputusan yang tangguh (kokoh),” untuk mengatasi ketidakpastian yang sulit dievaluasi.⁹⁶ Dalam konteks kemungkinan yang tidak diketahui dan masa depan yang sangat tidak pasti, sebuah strategi yang tangguh akan menjawab pertanyaan, “Tindakan-tindakan apakah yang harus kita ambil, jika kita tidak dapat memprediksi masa depan, untuk mengurangi kemungkinan hasil-hasil yang tidak diinginkan pada tingkat yang masih dapat diterima?”⁹⁷ Dalam konteks perubahan iklim, kebijakan menjadi sebuah persoalan

kemungkinan—apa strategi terbaiknya dengan berbagai kemungkinan hasil?—alih-alih menjadi persoalan optimisasi. Fondasi intelektual dari pendekatan ini bukanlah hal baru; mereka dapat dilacak sejak tahun 1950 pada hasil karya Savage mengenai “meminimalisasi penyesalan maksimum—*minimizing the maximum regret*.”⁹⁸

Mencari strategi-strategi yang tangguh, alih-alih yang sekadar optimal, dilakukan melalui apa yang pada hakikatnya merupakan perencanaan berbasis skenario yang interaktif. Skenario-skenario yang berbeda diciptakan, dan pilihan-pilihan kebijakan alternatif dibandingkan berdasarkan seberapa tangguhnya mereka—seberapa sanggupnya kebijakan menghindari suatu hasil tertentu—melintasi berbagai skenario tersebut. Analisis semacam itu meliputi “tindakan-tindakan pembentukan” yang memengaruhi masa depan, “tindakan-tindakan perlindungan” yang mengurangi kerentanan masa depan, dan “*signposts*—papan arah” yang mengindikasikan kebutuhan akan penilaian ulang atau perubahan strategi. Analisis keputusan yang tangguh juga dapat dilakukan dengan beragam perangkat kuantitatif yang lebih formal, dalam sebuah pendekatan pemodelan yang bersifat eksploratif, menggunakan metode-metode matematis untuk mengarakterisasikan keputusan-keputusan dan hasil-hasil dalam kondisi ketidakpastian yang mendalam.

Dalam pengambilan keputusan yang tangguh, biaya dan manfaat dan berbagai pertukaran yang terkandung di dalam kebijakan-kebijakan iklim haruslah dinilai dalam semua skenario. Arahannya bukanlah untuk mengupayakan suatu kebijakan yang “optimal”—memaksimalkan utilitas

dalam pemikiran tradisional—yang kinerjanya, secara rata-rata, lebih baik dibandingkan yang lainnya. Bahkan, kebijakan-kebijakan yang aman adalah kebijakan yang mampu bertahan di masa depan yang tidak dapat diprediksi secara cukup tangguh. Dalam kerangka ini, kebijakan-kebijakan jangka pendek dapat dipahami sebagai suatu pelindung dalam menghadapi biaya penyesuaian kebijakan—memberikan dukungan bagi upaya-upaya investasi dalam penelitian dan pengembangan serta infrastruktur di masa sekarang untuk menjaga terbukanya pilihan masa depan rendah-karbon.⁹⁹

Biaya penundaan upaya mitigasi global

Pemanasan global saat ini disebabkan oleh melimpahnya emisi dari negara-negara kaya.¹⁰⁰ Negara-negara berkembang sudah sepantasnya khawatir mengenai konsekuensi-konsekuensi dari penerapan batasan-batasan pada pertumbuhan mereka. Hal ini mendukung argumen, yang dinyatakan dalam prinsip UNFCCC, yaitu “tanggung jawab bersama tetapi dibedakan,” bahwa negara-negara berpendapatan tinggi harus memimpin pengurangan emisi, karena baik tanggung jawab historis maupun emisi per kapita mereka secara signifikan lebih tinggi saat ini. Sumber daya finansial dan teknologi negara-negara maju yang lebih besar lebih lanjut lagi mendukung gagasan supaya mereka mengambil bagian yang jauh lebih besar dalam biaya-biaya mitigasi, tidak peduli di manapun mitigasinya dilakukan.

Namun, reduksi emisi oleh negara-negara kaya saja tidaklah memadai untuk membatasi pemanasan pada level yang dapat ditoleransi. Sementara emisi per kapita kumulatif masa lalu jumlahnya sedikit, terutama di negara-negara berpendapatan rendah maupun

menengah,¹⁰¹ total emisi CO₂ tahunan yang berkaitan dengan energi di negara-negara berpendapatan menengah telah mulai mengejar emisi negara-negara kaya, dan bagian terbesar dari emisi yang berkaitan dengan perubahan tata guna lahan saat ini adalah dari negara-negara tropis.¹⁰² Lebih penting lagi, perubahan yang diproyeksikan dalam penggunaan bahan bakar fosil di negara-negara berpendapatan menengah menunjukkan bahwa emisi CO₂ mereka akan terus meningkat melebihi emisi kumulatif negara-negara maju dalam beberapa dekade ke depan.¹⁰³

Implikasinya, seperti dinyatakan dalam Framework Convention dan Bali Action Plan¹⁰⁴, adalah bahwa semua bangsa memiliki peran dalam sebuah kesepakatan untuk mengurangi emisi global dan bahwa peranan ini haruslah seimbang dengan status kemajuan pembangunan mereka. Dalam pendekatan ini, negara-negara maju menjadi pemimpin dalam memenuhi sasaran reduksi yang signifikan, dan mereka membantu negara-negara berkembang dalam meletakkan fondasi-fondasi untuk jalur pertumbuhan yang lebih rendah-karbon dan memenuhi kebutuhan-kebutuhan adaptasi warga negara mereka. UNFCCC juga mengajak negara-negara maju untuk mengompensasi negara-negara berkembang yang akan mendatangkan biaya mitigasi tambahan dan adaptasi.

Salah satu tindakan penting mitigasi global adalah menetapkan mekanisme-mekanisme global yang memungkinkan untuk membedakan siapa yang melakukan mitigasi dan siapa yang membiayainya (topik pada Bab 6). Transfer finansial internasional yang dinegosiasikan dapat memungkinkan pendanaan langsung—oleh negara-negara berpendapatan tinggi—terhadap langkah-langkah mitigasi yang dijalani di

negara-negara berkembang. (Di negara-negara berkembang, mitigasi akan sering berkaitan dengan mengarahkan kembali jalur emisi masa depan ke tingkat yang lebih berkelanjutan, bukan mengurangi tingkat emisi absolut.) Membuka pendanaan berskala besar dari negara-negara berpendapatan tinggi seperti ini merupakan tantangan yang berat. Namun demikian, jika negara-negara berpendapatan tinggi berkomitmen untuk mencapai sasaran untuk emisi total global yang lebih rendah, ini merupakan salah satu kepentingan mereka untuk menyediakan pendanaan untuk menjamin mitigasi yang signifikan benar-benar berjalan di negara-negara berkembang. Estimasi-estimasi untuk biaya mitigasi global biasanya mengasumsikan bahwa mitigasi akan terjadi di manapun atau kapanpun mitigasi tersebut paling murah untuk dilakukan. Banyak tindakan untuk pengurangan emisi yang berbiaya rendah relatif terhadap jalur yang diproyeksikan berada di negara-negara berkembang. Jadi, jalur mitigasi berbiaya terendah secara global selalu berarti bahwa sebagian besar mitigasi harus dilakukan di negara-negara berkembang—tidak peduli siapa yang membiayainya.¹⁰⁵

Penundaan tindakan oleh negara-negara berkembang untuk secara signifikan menurunkan jalur emisi akan memunculkan biaya global yang lebih tinggi untuk sasaran mitigasi manapun yang nantinya dipilih. Penundaan tindakan-tindakan mitigasi di negara-negara berkembang sampai tahun 2050 dapat lebih dari melipatgandakan biaya total untuk memenuhi sasaran tertentu, berdasarkan salah satu estimasi.¹⁰⁶ Estimasi lainnya menyatakan bahwa sebuah kesepakatan internasional yang mencakup hanya lima penghasil emisi terbesar (mencakup dua pertiga dari

emisi total) akan membuat biaya menjadi tiga kali lipat untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan, dibandingkan dengan partisipasi penuh.¹⁰⁷ Alasannya adalah bahwa menyusutkan kumpulan kesempatan-kesempatan mitigasi yang tersedia untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan akan mengharuskan kita untuk melakukan upaya-upaya negatif dan berbiaya rendah tetapi juga yang berbiaya tinggi.

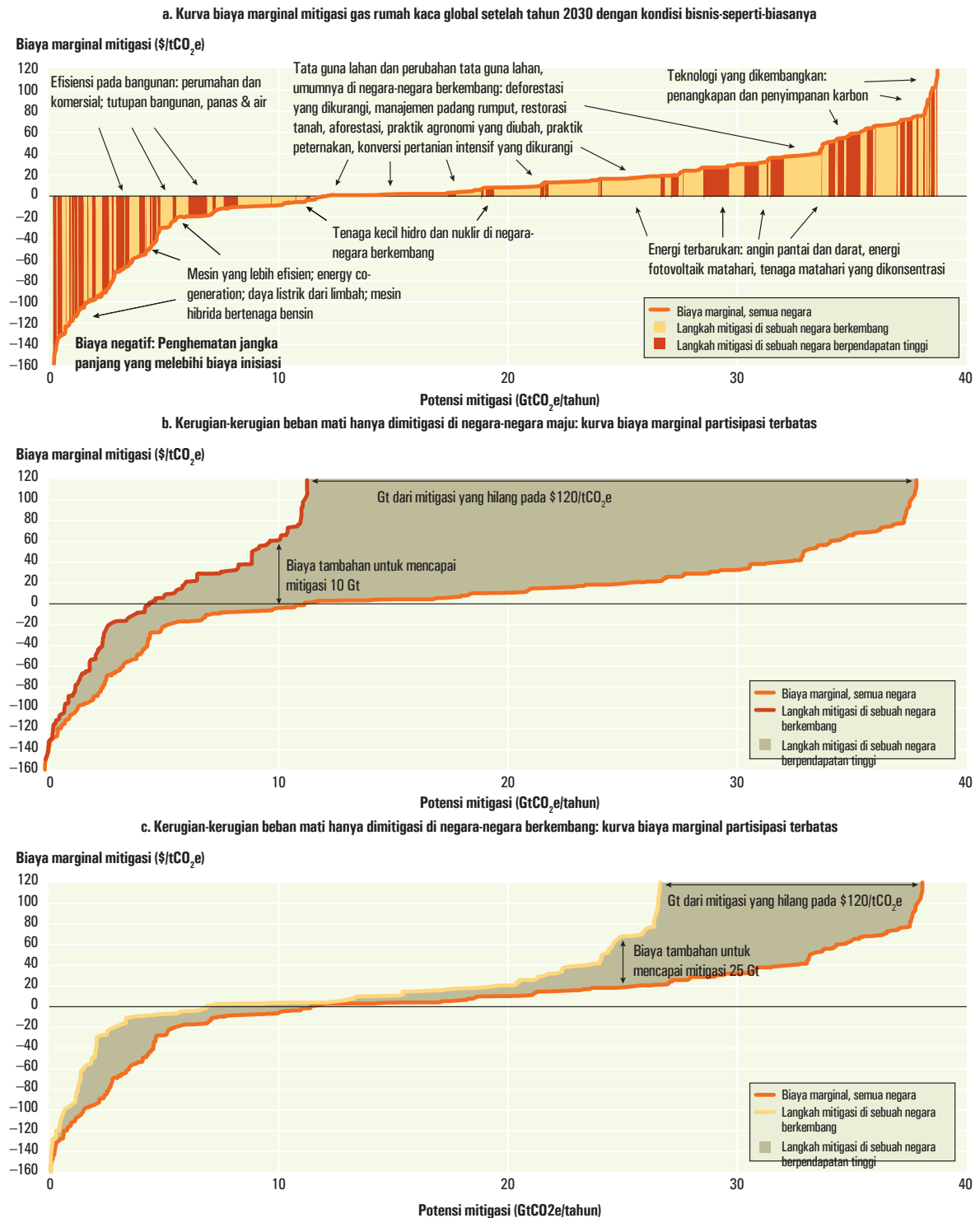
Walaupun negara-negara maju dan berkembang memiliki potensi yang sama untuk tindakan-tindakan yang berbiaya yang sangat negatif (manfaat bersih) dan tindakan-tindakan berbiaya tinggi, rentang tengah dari pilihan-pilihan mitigasi berbiaya rendah khususnya di negara-negara berkembang (dengan banyak pertanian dan hutan). Mengeksploitasi semua jalur-jalur yang tersedia akan menjadi sangat penting bagi pencapaian mitigasi yang substansial. Hal ini diilustrasikan oleh analisis McKinsey (Figur 1.3a), tetapi hasilnya tidaklah eksklusif untuk itu. Jika negara-negara berkembang tidak mengurangi jalur emisi mereka, biaya total untuk jalur mitigasi manapun yang dipilih akan lebih tinggi (biaya marginal pengurangan di negara maju sendiri—garis merah pada Figur 1.3b—selalu lebih tinggi jika pilihan-pilihan portofolio global—Figur 1.3b—dipertimbangkan). Penurunan dalam potensi mitigasi total dan peningkatan biaya mitigasi global yang berasal dari sebuah pendekatan yang melibatkan mitigasi di banyak negara berpendapatan tinggi tidak bergantung pada model tertentu manapun.¹⁰⁸ Tidak juga bergantung pada perbedaan peluang dan biaya apa pun di antara negara-negara maju dan berkembang: jika negara maju menolak untuk mengurangi emisinya, biaya global yang serupa akan meningkat dan sejumlah potensi

pengurangan akan menghilang (Figur 1.3c).

Peningkatan-peningkatan dalam biaya-biaya pengurangan global ini merepresentasikan rugi beban mati murni—biaya tambahan yang dibuang-buang karena sama sekali tidak membawa peningkatan kesejahteraan. Menghindari kerugian-kerugian semacam itu (bagian-bagian yang diarsir antara kurva biaya marginal dalam Figur 1.3b dan 1.3c) menciptakan banyak insentif dan ruang untuk menegosiasikan lokasi dan pendanaan tindakan-tindakan mitigasi sementara membuat semua pesertanya diuntungkan. Akan jauh lebih murah bagi dunia sebagai satu kesatuan untuk mencapai tujuan mitigasi yang telah ditentukan dengan portofolio lengkap akan tindakan-tindakan yang terjadi di semua negara. Hal ini juga jauh lebih murah, sedemikian hingga jika jumlah negara yang berkomitmen untuk satu tujuan mitigasi global cukup banyak, semua akan mendapatkan hasil yang lebih baik jika negara-negara maju menanggung biaya pendanaan tindakan-tindakan yang dinaikkan skalanya di negara-negara berkembang saat ini.

Negara-negara maju memiliki cara-cara dan insentif-insentif untuk mentransfer pendanaan yang cukup untuk negara-negara non-Annex I¹⁰⁹ untuk membuat mereka setidaknya menjadi lebih setara dengan menerima transfer dan meningkatkan skala usaha mitigasi mereka dengan segera, dibandingkan dengan biaya yang mungkin akan ditanggung oleh negara-negara berkembang jika mereka menunda untuk berkomitmen selama satu dekade atau lebih sebelum membuat tahapan-tahapan sasaran dan kebijakan nasional mereka sendiri. Untuk sasaran mitigasi yang telah ditentukan, setiap dolar yang ditransfer ke ujung tersebut

Figur 1.3 Penilaian kerugian-kerugian beban mati dari partisipasi parsial dari kesepakatan iklim



Sumber: McKinsey & Company dengan data lanjutan yang lebih rinci disediakan untuk tim Laporan Pembangunan Dunia 2010.

Catatan: Batang-batang pada (a) menunjukkan langkah-langkah mitigasi yang bervariasi, dengan lebarnya mengindikasikan jumlah pengurangan emisi masing-masing langkah yang akan dicapai dan tingginya mengindikasikan biaya, emisi per ton yang dihindari, dari langkah-langkah tersebut. Jika kita mengikuti tanda batang-batang tersebut, terbentuk kurva biaya mitigasi marginal. Bagian (b) dan (c) menunjukkan kurva biaya mitigasi marginal jika mitigasi hanya dilakukan di negara-negara berpendapatan tinggi (b) atau hanya di negara-negara berkembang (c), seperti yang dihasilkan oleh kerugian-kerugian beban mati yang diasosiasikan dengan skenario-skenario tersebut. Kerugian-kerugian beban mati seperti itu dapat dihindari atau diminimalisasi melalui mekanisme finansial yang mengizinkan pemisahan antara siapa yang membayar dan siapa yang melakukan mitigasi, dan memastikan pengadopsian langkah-langkah mitigasi yang berbiaya paling efektif.

dapat menghasilkan rata-rata tiga dolar dalam peningkatan kesejahteraan dengan cara menghilangkan rugi-rugi beban mati—keuntungan-keuntungan yang dapat dibagi berdasarkan syarat-syarat yang telah dinegosiasikan. Dengan kata lain, partisipasi negara-negara berkembang dalam mencapai sasaran global sangatlah berarti. Pembagian kerugian beban mati yang telah dipulihkan secara besar-besaran dapat membentuk insentif yang kuat untuk partisipasi universal dalam kesepakatan yang adil. Hal ini bukanlah permainan tanpa hasil yang positif.¹¹⁰

Mereka mengatakan, sangatlah penting untuk tidak meremehkan kesulitan-kesulitan dalam mencapai kesepakatan mengenai sasaran emisi global. Alasannya adalah bahwa kesepakatan seperti itu mengalami suatu jenis “tragedi barang umum” internasional: semua negara dapat diuntungkan dari partisipasi global, tetapi insentif unilateral untuk berpartisipasi masih lemah bagi kebanyakan negara. Hal ini terjadi bukan hanya karena semua negara ingin mendapat tumpangan gratis, menikmati keuntungan-keuntungan tanpa menanggung biayanya.¹¹¹ Kebanyakan negara cukup kecil sedemikian hingga jika salah satunya memutuskan untuk membelot dari kesepakatan global, maka kesepakatannya tidak akan langsung hancur. Akan tetapi, ketika diterapkan pada semua negara, pemikiran ini mempersulit kemungkinan tercapainya sebuah kesepakatan sejak awalnya.¹¹²

Faktanya, analisis-analisis simulasi yang menjelajahi beragam struktur koalisi dan transfer sumber daya internasional untuk mendorong para peserta yang ragu-ragu untuk tetap berada dalam koalisi menunjukkan adanya kesulitan dalam mendapatkan

kesepakatan yang stabil (yang konsisten dengan kepentingan masing-masing) untuk menjalankan pemotongan emisi global yang mendalam dan berbiaya tinggi. Koalisi-koalisi yang stabil dan efektif mungkin dibentuk untuk pemotongan emisi global yang lebih ringan dan berbiaya lebih rendah; tetapi pemotongan-pemotongan seperti itu tidaklah cukup untuk mengatasi ancaman-ancaman terhadap keberlangsungan perubahan iklim yang lebih besar.¹¹³

Memanfaatkan waktu yang sekarang: Stimulus langsung dan transformasi jangka panjang

Pada tahun 2008 perekonomian global mengalami guncangan yang dramatis, dipicu oleh gangguan dalam pasar perumahan dan finansial di Amerika Serikat dan pada akhirnya merembet ke banyak negara. Dunia belum pernah mengalami gejolak finansial dan ekonomi seperti itu sejak Masa Depresi Besar. Pasar kredit membeku, para investor kabur ke tempat aman, nilai berbagai mata uang menjadi berubah banyak, dan pasar saham jatuh dengan tajam. Pada puncak volatilitas finansial ini, pasar saham di Amerika Serikat kehilangan senilai \$1,3 triliun dalam satu sesi.¹¹⁴

Konsekuensi-konsekuensi yang terus berlangsung bagi indikator-indikator ekonomi dan pembangunan di seluruh dunia sangatlah besar—dan terus bermunculan. Perekonomian global diproyeksikan akan mengalami kontraksi di tahun 2009. Pengangguran meningkat di seluruh dunia. Amerika Serikat saja telah kehilangan hampir 5 juta pekerjaan sejak resesinya dimulai pada Desember 2007 dan pada Maret 2009.¹¹⁵ Beberapa estimasi menyatakan bahwa 32 juta pekerjaan hilang di

negara-negara berkembang.¹¹⁶ Antara 53 dan 90 juta orang tidak akan dapat lolos dari kemiskinan karena kejatuhan ekonomi yang terjadi selama 2009.¹¹⁷ Bantuan pembangunan resmi—yang dari awalnya sudah jauh di bawah sasaran yang telah menjadi komitmen dari beberapa negara donor—kemungkinan besar menurun seiring dengan memburuknya pendanaan publik di negara-negara maju dan bergesernya perhatian ke arah prioritas-prioritas domestik.

Beberapa kawasan menjadi lebih rentan terhadap tantangan-tantangan masa depan sebagai konsekuensinya: perekonomian di Sub-Sahara tumbuh dengan cepat di tahun-tahun pertama abad ke-21, tetapi runtuhnya harga-harga komoditas dan aktivitas ekonomi global akan menguji tren ini. Negara-negara dan komunitas-komunitas di seluruh dunia yang bergantung pada remitansi dari warga negara yang bekerja di negara-negara maju terkena dampak yang sangat parah karena kejatuhan transfer finansial.¹¹⁸ Di Meksiko remitan jatuh sebesar \$920 juta dalam enam bulan hingga Maret 2009—penurunan sebesar 14 persen.¹¹⁹

Krisis finansial memberikan beban tambahan untuk usaha-usaha pembangunan dan pengalihan perhatian dari urgensi perubahan iklim. Kerentanan individu, komunitas, dan negara terhadap ancaman iklim akan meningkat, seiring dengan melambatnya pertumbuhan ekonomi, menghilangnya pendapatan, dan menyusutnya bantuan. Sementara pelambatan ekonomi akan diimbangi oleh perlambatan sementara dalam emisi, manusia akan tetap rentan terhadap pemanasan yang terus berjalan di jalurnya; dan tanpa usaha-usaha dengan kerja sama untuk memisahkan emisi dari pertumbuhan, emisi akan

kembali dipercepat seiring dengan pulihnya perekonomian.

Pemerintah-pemerintah di banyak negara maju dan berkembang merespons krisis ini dengan mengembangkan pembelanjaan publik. Pengeluaran sekitar \$2,4–2,8 triliun telah diajukan di beberapa rencana stimulus nasional dan regional.¹²⁰ Pemerintah berharap bahwa peningkatan pengeluaran ini akan melindungi atau menciptakan lapangan kerja dengan meningkatkan permintaan efektif—salah satu prioritas utama untuk menahan tren yang menurun. Bank Dunia telah mengajukan bahwa 0,7 persen dari paket-paket stimulus negara-negara berpendapatan tinggi disalurkan ke dalam “dana kerentanan” untuk meminimalkan biaya sosial dari krisis ekonomi di negara-negara berkembang.¹²¹

Dukungan bagi stimulus hijau

Walaupun terjadi kekacauan ekonomi, dorongan untuk melakukan tindakan segera dalam melawan perubahan iklim dengan sebaik-baiknya tetap tidak berubah. Hal tersebut malah menjadi lebih menekan dengan adanya peningkatan dalam hal kemiskinan dan kerentanan di seluruh dunia. Jadi perdebatan publik baru-baru ini telah berfokus pada kemungkinan menggunakan paket-paket fiskal untuk mendorong ekonomi yang lebih hijau, memerangi perubahan iklim sambil memulihkan pertumbuhan.

Bagaimana caranya agar kemerosotan ekonomi dan juga perubahan iklim dapat diatasi dengan stimulus fiskal? Memecahkan permasalahan perubahan iklim memerlukan intervensi pemerintah, tidak bisa tidak karena hal tersebut diciptakan oleh suatu eksternalitas negatif berskala besar. Dan bencana yang terjadi sekali seumur hidup

dalam pasar finansial dan ekonomi riil menyerukan dilakukannya pengeluaran publik.

Investasi dalam kebijakan iklim boleh jadi merupakan cara yang efisien untuk mengatasi krisis ekonomi dalam jangka pendek. Teknologi-teknologi rendah-karbon sangat mungkin akan menghasilkan peningkatan dalam lapangan kerja, karena teknologi tersebut lebih padat karya dibandingkan sektor-sektor tinggi-karbon.¹²² Beberapa perkiraan menyebutkan bahwa \$1 miliar dalam pengeluaran pemerintah pada proyek hijau di Amerika Serikat dapat menciptakan 30.000 lapangan kerja dalam satu tahun, 7.000 lebih banyak dibandingkan infrastruktur tradisional.¹²³ Perkiraan lain menyebutkan bahwa pengeluaran sebesar \$100 miliar akan menghasilkan hampir 2 juta lapangan kerja—sekitar setengahnya secara langsung.¹²⁴ Akan tetapi, sama dengan stimulus jangka pendek manapun, peningkatan jumlah lapangan kerja ini tidak dapat dijaga terus berlanjut di semua sektor.¹²⁵

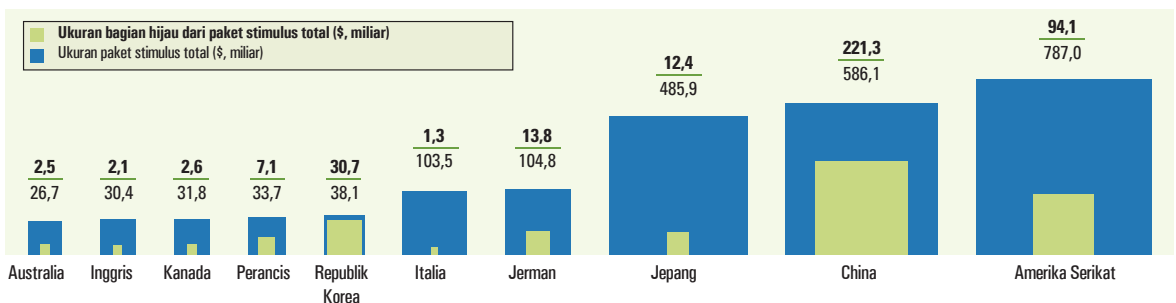
Pengeluaran hijau di seluruh dunia

Di beberapa negara, pemerintahnya telah memasukkan bagian investasi “hijau” ke dalam proposal-proposal stimulus mereka—termasuk teknologi-teknologi

rendah-karbon, efisiensi energi, penelitian dan pengembangan, dan manajemen air dan limbah (Figur 1.4). Republik Korea akan mendedikasikan 80,5 persen dari rencana fiskalnya untuk proyek-proyek hijau. Sejumlah \$100 miliar sampai \$130 miliar dari paket stimulus AS telah dialokasikan untuk investasi yang berkaitan dengan perubahan iklim. Secara keseluruhan, sejumlah \$436 miliar akan dikeluarkan untuk investasi hijau sebagai bagian stimulus fiskal di seluruh dunia, dengan setengahnya diperkirakan akan terpakai selama 2009.¹²⁶

Efisiensi dari investasi-investasi tersebut akan bergantung pada seberapa tepat waktunya investasi tersebut dapat diimplementasikan; seberapa tepat sasarannya mereka dalam menciptakan lapangan kerja dan menggunakan sumber daya yang penggunaannya jauh dari maksimal, dan seberapa banyak mereka dapat menggeser perekonomian menjadi tahan lama, infrastruktur rendah-karbon, emisi yang lebih sedikit, dan ketahanan yang lebih tinggi.¹²⁷ Investasi dalam efisiensi energi di bangunan-bangunan publik, sebagai contoh, sangatlah menarik karena mereka biasanya “siap jalan”, sangat intensif tenaga kerja, dan menghasilkan penghematan jangka panjang dalam sektor publik.¹²⁸ Kebijakan yang serupa

Figur 1.4 Pengeluaran stimulus hijau global meningkat



Sumber: Robins, Clover, dan Singh 2009.

dapat ditemukan dalam bantuan untuk mendanai tindakan-tindakan efisiensi energi lain yang mengurangi biaya sosial energi di gedung-gedung swasta, begitu juga fasilitas-fasilitas air dan sanitasi dan dalam aliran lalu lintas yang lebih baik.

Di setiap negara portofolio proyek-proyek dan investasi-investasi sangat bervariasi, berdasarkan kondisi spesifik dari ekonomi dan kebutuhan akan penciptaan lapangan kerja. Kebanyakan paket stimulus di Amerika Latin, sebagai contoh, akan dibelanjakan pada pekerjaan-pekerjaan publik—termasuk jalan raya—dengan potensi mitigasi yang terbatas.¹²⁹ Di Republik Korea, di mana 960.000 lapangan kerja diharapkan akan diciptakan dalam 4 tahun ke depan, investasi besar-besaran—\$13,3 miliar dari \$36 miliar—akan dialokasikan pada tiga proyek: restorasi sungai, pengembangan transit massal dan rel kereta, serta konservasi energi di pedesaan dan sekolah-sekolah, program-program yang diproyeksikan untuk menciptakan 500.000 lapangan kerja.¹³⁰ China akan mengabdikan \$85 miliar untuk transportasi kereta sebagai alternatif rendah-karbon terhadap transportasi jalan dan udara yang juga dapat membantu meringankan kemacetan transportasi. \$70 miliar lainnya akan dialokasikan untuk jaringan listrik baru yang meningkatkan efisiensi dan ketersediaan listrik.¹³¹ Di Amerika Serikat dua proyek yang tidak terlalu mahal—\$6,7 miliar untuk merenovasi bangunan-bangunan federal, dan \$6,2 miliar lagi untuk perumahan yang tahan terhadap cuaca—akan menciptakan sekitar 325.000 lapangan kerja dalam satu tahun.¹³²

Di kebanyakan negara berkembang, proyek-proyek dalam paket-paket stimulus tidak memiliki komponen reduksi emisi yang kuat, tetapi mereka

dapat meningkatkan ketahanan terhadap perubahan iklim dan menciptakan lapangan kerja. Sebagai contoh, memperbaiki jaringan air dan sanitasi di Kolombia menciptakan 100.000 lapangan kerja langsung per miliar dolar yang diinvestasikan, sekaligus mengurangi risiko penyakit-penyakit yang ditularkan lewat air.¹³³ Baik negara berkembang maupun negara maju harus mempertimbangkan tindakan-tindakan adaptasi seperti restorasi anak sungai dan daerah basah, yang khususnya bisa menjadi intensif tenaga kerja dan karenanya akan mengurangi kerentanan fisik dan finansial bagi beberapa kelompok. Tantangannya adalah untuk menjamin bahwa tindakan-tindakan adaptasinya berkelanjutan setelah program pengeluarannya berakhir.

Angka-angka pendahuluan ini akan sangat mungkin berubah saat krisisnya terus berlanjut. Tidak ada jaminan bahwa elemen-elemen hijau dari stimulus fiskal akan sukses baik dalam menghasilkan lapangan kerja maupun mengubah bauran karbon dalam perekonomian. Dan bahkan dalam skenario terbaik sekalipun, intervensi fiskalnya tidak akan cukup untuk mengeliminasi risiko dari penguncian karbon tinggi dan kerentanan iklim. Akan tetapi kesempatan untuk mulai menjalankan investasi hijau dan meletakkan fondasi untuk ekonomi rendah-karbon adalah sesuatu yang nyata dan harus diraih.

Transformasi fundamental dalam jangka menengah dan panjang

Menggabungkan komponen-komponen investasi berdaya tahan tinggi dan rendah karbon yang kuat dalam ekspansi fiskal untuk memerangi krisis keuangan tidak akan memadai untuk menghadapi masalah-masalah jangka panjang yang

ditimbulkan oleh perubahan iklim. Dibutuhkan banyak transformasi fundamental dalam perlindungan sosial, dalam pembiayaan karbon, dalam pengembangan dan penelitian, dalam pasar-pasar energi, dan dalam pengelolaan tanah dan air.

Pada jangka menengah dan panjang, tantangannya adalah mendapatkan jalur-jalur baru untuk meraih sasaran kembar, yaitu menjaga pembangunan tetap berkelanjutan dan juga membatasi perubahan iklim. Mencapai suatu kesepakatan global yang merata dan adil antara negara-negara yang mengeluarkan gas-gas rumah kaca paling banyak akan mencegah terjadinya skenario yang terburuk. Akan tetapi hal itu membutuhkan transformasi gaya hidup di negara-negara kaya (dan orang kaya di mana saja) yang padat karbon dan juga jalur pertumbuhan negara-negara berkembang yang juga padat karbon. Hal ini dengan demikian membutuhkan perubahan sosioekonomi yang saling melengkapi.

Modifikasi dalam norma-norma sosial yang menghargai gaya hidup rendah karbon dapat terbukti sebagai suatu elemen yang kuat bagi kesuksesan (lihat Bab 8). Akan tetapi perubahan dalam perilaku harus diikuti dengan reformasi institusional dan pembiayaan tambahan dan inovasi teknologi untuk menghindari peningkatan yang terlalu membahayakan dan tidak dapat dibalikkan dalam suhu. Dalam kasus manapun dan dalam skenario manapun, kebijakan publik yang kuat dapat membantu perekonomian menyerap guncangan-guncangan dari dampak-dampak iklim yang tidak terelakkan, meminimalkan kerugian-kerugian sosialnya, dan melindungi kesejahteraan dari mereka yang kemungkinannya paling besar untuk dirugikan.

Respons terhadap perubahan iklim dapat menimbulkan momentum untuk meningkatkan proses pembangunan dan mendorong reformasi yang meningkatkan kesejahteraan yang memang sudah waktunya terjadi. Sebagai contoh, upaya gabungan untuk meningkatkan efisiensi energi dan mendorong pembangunan dapat memperoleh suatu pernyataan kebijakan—dan juga fisik—dalam bentuk kota-kota yang lebih hijau dan lebih berdaya tahan. Memperbaiki perancangan kota untuk mendorong efisiensi energi—misalnya melalui transportasi umum yang lebih banyak dan biaya untuk kemacetan—dapat meningkatkan keamanan fisik dan kualitas hidup. Sebagian besar bergantung pada seberapa dapat diperkuatnya atau digantikannya kebijakan dan mekanisme institusional yang sudah ada tetapi masih belum memadai, berkat adanya ruang politik untuk berubah yang sekarang lebih besar, karena adanya ancaman pemanasan global, dan juga berkat meningkatnya bantuan keuangan dan teknis.

Setiap orang memiliki peranan yang besar dalam perdebatan publik dan implementasi solusi-solusi. Survei-survei opini menunjukkan bahwa orang-orang di seluruh dunia merasa prihatin dengan perubahan iklim, bahkan di tengah kekacauan finansial yang sedang terjadi sekarang¹³⁴ (meskipun bukti-buktinya mengenai tren yang baru-baru ini di Amerika Serikat masih campur aduk).¹³⁵ Banyak pemerintahan juga menyadari, setidaknya dalam diskursus, dahsyatnya bahaya ini. Dan komunitas internasional pun telah menyadari masalah ini, sebagaimana dicontohkan oleh penerima hadiah Nobel Perdamaian 2007 untuk penilaian ilmiah dan komunikasi pada publik tentang perubahan iklim.

Tantangan bagi para pengambil keputusan adalah memastikan bahwa kesadaran ini menciptakan momentum

untuk dilakukannya reformasi institusi dan perilaku dan melayani kebutuhan mereka yang paling rentan.¹³⁶ Krisis keuangan pada tahun 1990-an memicu penataan ulang jaring pengaman sosial di Amerika Latin, melahirkan Progres-Oportunidades di Meksiko dan Bolsa Escola—Bolsa Familia di Brazil, salah satu inovasi terbaik dalam kebijakan sosial selama beberapa dekade.¹³⁷

Krisis yang sedang berlangsung sekarang telah mengikis keyakinan pada pasar-pasar yang tidak teregulasi. Konsekuensinya, regulasi yang lebih baik, intervensi yang lebih banyak, dan akuntabilitas pemerintah yang lebih besar menjadi diharapkan. Untuk dapat menghadapi perubahan iklim, dibutuhkan lebih banyak lagi regulasi yang cerdas-iklim untuk merangsang pendekatan-pendekatan inovatif terhadap mitigasi dan adaptasi. Kebijakan-kebijakan seperti itu menciptakan suatu pintu gerbang bagi skala dan cakupan intervensi pemerintah yang dibutuhkan untuk memperbaiki perubahan iklim—kegagalan pasar yang terbesar dalam sejarah umat manusia.

Catatan

1. Weiss dan Bradley 2001.
2. Ristvet dan Weiss 2000.
3. Weiss 2000.
4. Harrington dan Walton 2008; IWM dan CEGIS 2007.

5. Schmidhuber dan Tubiello 2007.
6. Bates dkk. 2008.
7. WCED 1987.
8. Chen dan Ravallion 2008.
9. World Bank 2009a.
10. PBB 2008.
11. Chen dan Ravallion 2008.
12. IEA 2007.
13. PBB 2008.
14. PBB 2008.
15. UNDP2008.
16. IARU 2009.
17. Smith dkk. 2009.
18. Patriquin dkk. 2005; Patriquin, Wellstead, dan White 2007; Pacific Institute for Climate Solutions 2008.
19. Perhatikan bahwa hubungan ini tetap berlaku bahkan ketika dikendalikan terhadap fakta bahwa negara-negara miskin cenderung lebih panas secara rata-rata. Dell, Jones, dan Olken 2008.
20. Dell, Jones, dan Olken 2008.
21. Brown dkk. 2009.
22. IPCC 2007b.
23. Cruz dkk. 2007.
24. Easterling dkk. 2007.
25. Auffhammer, Ramanathan, dan Vincent 2006.
26. Guiteras 2007.
27. Ligon dan Sadoulet 2007.
28. Campbell-Lendrum, Corvalan, dan Pruss-Ustun 2003.
29. Di antara banyak kawasan dan negara yang terkena dampaknya adalah

*“Jagalah bumi kalian,
Peliharalah makhluk-makhluknya.
Jangan tinggalkan anak-anak kalian,
Di planet yang mati.”*

—Lakshmi Shree, India, umur 12



- Kolombia (Vergara 2009), kawasan Kaukasus (Rabie dkk. 2008), Ethiopia (Confalonieri dkk. 2007), dan pulau-pulau di Pasifik Selatan (Potter 2008).
30. Molesworth dkk. 2003.
 31. Confalonieri dkk. 2007.
 32. Confalonieri dkk. 2007; Morris dkk. 2002.
 33. Carter dkk. 2007.
 34. Bank Dunia 2001.
 35. Azariadis dan Stachurski 2005.
 36. Lokshin dan Ravallion 2000; Jalan dan Ravallion 2004; Dercon 2004.
 37. Dercon 2004.
 38. Mueller dan Osgood 2007.
 39. Azariadis dan Stachurski 2005.
 40. Rosenzweig dan Binswanger 1993.
 41. Jensen 2000.
 42. Alderman, Hoddinott, dan Kinsey 2006.
 43. Angka-angka ini mencakup semua gas-gas rumah kaca tetapi tidak termasuk emisi dari alih fungsi lahan. Jika estimasi-estimasi untuk emisi alih fungsi lahan diikutsertakan, maka bagian dari negara-negara berkembang dalam emisi global mendekati 60 persen.
 44. WRI 2008.
 45. Chomitz dan Meisner 2008.
 46. Perhitungan para penulis berdasarkan data dari CAIT (WRI 2008). Emisi gas-gas rumah kaca (tidak termasuk alih fungsi lahan per kapita berkisar antara 4,5 sampai 55,5 metrik ton CO₂e (7 hingga 27, jika negara-negara kepulauan kecil dan produsen-produk minyak dikecualikan) di antara negara-negara berpendapatan tinggi. Emisi per output sebesar \$1.000 pada nilai tukar pasar berkisar antara 0,15 hingga 1,72 metrik ton di negara-negara berpendapatan tinggi; mengukur output pada paritas daya beli, kisarannya adalah 0,20 hingga 1,04 metrik ton.
 47. Marcotullio dan Schulz 2007.
 48. Rosenberg 1971.
 49. IPCC 2007a.
 50. Lipovsky 1995.
 51. "Annual Brazilian Ethanol Exports" dan "Brazilian Ethanol Production," <http://english.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica/> (diakses Desember 2008).
 52. Ummel dan Wheeler 2008.
 53. Hill dkk. 2009.
 54. Mitchell 2008.
 55. Ivanic dan Martin 2008.
 56. Ng dan Aksoy 2008; Bank Dunia 2008.
 57. Cramton dan Kerr 1999.
 58. Ekins dan Dresner 2004.
 59. Brenner, Riddle, dan Boyce 2007.
 60. Benitez dkk. 2008.
 61. Estache 2009.
 62. Andriamihaja dan Vecchi 2007.
 63. Komives dkk. 2005.
 64. Johnson dkk. 2008.
 65. Pindyck 2007; Weitzman 2009a; Hallegatte, Dumas, dan Hourcade 2009.
 66. Yohe 1999; Toth dan Mwandosya 2001.
 67. Lempert dan Schlesinger 2000.
 68. Nordhaus 2008a. Untuk pembahasan mengenai model-model dan hasil-hasilnya, lihat, misalnya, Heal 2008; Fisher dkk. 2007; Tol 2005; serta Hourcade dan Ambrosi 2007.
 69. Estimasi sebesar 5 persen ini sebagian besar didorong oleh tingkat diskon, tetapi margin antara 5 persen dan 20 persen didasarkan pada inklusi dari dampak-dampak non-pasar (kesehatan dan lingkungan), kemungkinan sensitivitas iklim yang lebih tinggi terhadap gas-gas rumah kaca, dan penggunaan pembobotan ekuitas. Stern 2007; Dasgupta 2007; Dasgupta 2008.

70. Untuk pembahasan, lihat Dasgupta 2007; Dasgupta 2008; dan Kotak 1.4.
71. Dasgupta 2008.
72. Heal 2008; Sterner dan Persson 2008.
73. Guesnerie 2004; Heal 2005; Hourcade dan Ambrosi 2007.
74. Sterner dan Persson 2008.
75. Hourcade dkk. (2001) menjelajahi sensitivitas dari tujuh model penilaian terintegrasi yang berbeda terhadap bentuk dari fungsi kerusakan dan mendapati bahwa jalur-jalur konsentrasi optimal dapat menunjukkan perbedaan yang signifikan dari tren-tren emisi yang sekarang jika terjadi kerusakan yang signifikan dengan pemanasan sebesar 3°C atau 500 bpj konsentrasi CO₂. Secara lebih umum, mereka mengomentari bahwa tindakan dini dapat dibenarkan jika diberikan peluang yang tidak nol pada kerusakan-kerusakan yang meningkat dengan cepat seiring dengan pemanasan, sehingga kerusakan-kerusakan tumbuh lebih cepat daripada tingkat ketika diskon memangkas bobotnya.
76. Solomon dkk. 2009.
77. Mignone dkk. 2008.
78. Folger 2006; Auld dkk. 2007.
79. Teknologi penangkapan dan penyimpanan karbon dijelaskan pada Bab 4, Kotak 4.6.
80. Shalizi dan Lecocq 2009.
81. Untuk pembahasan umum, lihat Arthur 1994; untuk penerapan yang lebih spesifik dari imbal balik yang meningkat dan perlunya berinvestasi dalam inovasi di bidang efisiensi energi, lihat Mulder 2005.
82. Weitzman 2007; Weitzman 2009a; Weitzman 2009b; Nordhaus 2009.
83. Gjerde, Grepperud, dan Kverndokk 1999; Kousky dkk. 2009.
84. Hallegatte, Dumas, dan Hourcade 2009.
85. Lihat Pindyck (2007) dan Quiggin (2008) untuk ulasan-ulasan terkini.
86. O'Neill dkk. 2006.
87. Dalam model mereka, Sterner dan Persson (2008) menyertakan barang-barang lingkungan dalam fungsi utilitas mereka.
88. Portney dan Weyant 1999.
89. Fisher dkk. 2007; Hourcade dan Ambrosi 2007; Tol 2005.
90. Diamond 2005.
91. Komives dkk. 2007; Diamond 2005.
92. Diamond 2005.
93. Hof, den Elzen, dan van Vuuren 2008.
94. Bruckner dkk. 1999.
95. Yohe 1999.
96. Toth dan Mwandosya 2001.
97. Lempert dan Schlesinger 2000.
98. Savage 1951; Savage 1954.
99. Klaus, Yohe, dan Schlesinger 2008.
100. IPCC 2007a.
101. Lihat bagian gambaran umum, Figur 3 untuk emisi kumulatif relatif terhadap bagian populasi.
102. Menurut IEA (2008), negara-negara non-OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) mencapai tingkat emisi terkait energi per tahun yang sama dengan negara-negara OECD di tahun 2004 (kira-kira 13 gigaton CO₂ per tahun). Basis data indikator emisi CAIT dari World Resource Institute menunjukkan kesimpulan yang sama menggunakan definisi Bank Dunia untuk negara maju dan negara berkembang; WRI 2008.
103. Wheeler dan Ummel 2007.
104. Bab 5, kotak 5.1, menjelaskan Bali Action Plan secara terinci.

105. Untuk 2030, ini diestimasikan pada 65–70 persen dari reduksi emisi, atau 45–70 persen dari biaya investasi. Sepanjang abad tersebut (menggunakan NPV untuk 2100) estimasi bagian investasi yang harus dilakukan di negara-negara berkembang adalah 65–70 persen. Lihat bagian Gambaran Umum, Catatan 47 untuk sumber-sumbernya.
106. Edmonds dkk. 2008.
107. Nordhaus 2008b.
108. Lihat, misalnya, Edmonds dkk. 2008.
109. Lihat Catatan 108 di atas dan Bab 5, Kotak 5.1.
110. Hamilton 2009.
111. Barrett 2006; Barrett 2007.
112. Barrett dan Stavins 2003.
113. Carraro, Eykmans, dan Finus 2009; komunikasi pribadi dengan Carlo Carraro, 2009.
114. Brinsley dan Christie 2009.
115. Bureau of Labor Statistics 2009.
116. ILO 2009.
117. Bank Dunia 2009a.
118. Ratha, Mohapatra, dan Xu 2008.
119. Banco de México, <http://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CE99&locale=es> (diakses 15 Mei 2009).
120. Robins, Clover, dan Singh 2009.
121. Robert B. Zoellick, “A Stimulus Package for the World,” *New York Times*, 22 Januari 2009.
122. Fankhauser, Sehleier, dan Stern 2008.
123. Houser, Mohan, dan Heilmayr 2009.
124. Pollin dkk. 2008.
125. Fankhauser, Sehleier, dan Stern 2008.
126. Robins, Clover, dan Singh 2009.
127. Bowen dkk. 2009.
128. Bowen dkk. 2009; Houser, Mohan, dan Heilmayr 2009.
129. Schwartz, Andres, dan Dragoiu 2009.
130. Barbier 2009.
131. Barbier 2009.
132. Perhitungan para penulis berdasarkan Houser, Mohan, dan Heilmayr 2009.
133. Schwartz, Andres, dan Dragoiu 2009.
134. Accenture 2009.
135. Pew Research Center for People and the Press 2009.
136. Ravallion 2008.
137. Program-program ini memelopori penggunaan transfer-transfer berbasis insentif pada rumah tangga miskin sebagai suplemen pendapatan sementara secara langsung mendorong perilaku-perilaku yang memerangi kemiskinan. Sangat bertentangan dengan dukungan pendapatan yang tradisional, program-program ini memberikan uang tunai pada rumah tangga miskin dengan syarat mereka ikut serta dalam program-program nutrisi dan kesehatan (imunisasi, perawatan prakelahiran) atau dengan mengacu pada tingkat kehadiran anak mereka di sekolah. Fiszbein dan Schady 2009.

Referensi

- ACASIAN (Australian Consortium for the Asian Spatial Information and Analysis Network). 2004. “China Rail Transport Network database.” Griffith University, Brisbane.
- Accenture. 2009. *Shifting the Balance from Intention to Action: Low Carbon, High Opportunity, High Performance*. New York: Accenture.

- Adams, H. D., M. Guardiola-Claramonte, G. A. Barron-Gafford, J. C. Villegas, D. D. Breshears, C. B. Zou, P. A. Troch, dan T. E. Huxman. 2009. "Temperature Sensitivity of Drought-Induced Tree Mortality Portends Increased Regional Die-Off under Global-Change-Type Drought." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (17): 7063–66.
- Aguilar, L. 2006. "Climate Change and Disaster Mitigation: Gender Makes a Difference." International Union for Conservation of Nature, Gland, Switzerland.
- Alderman, H., J. Hoddinott, dan B. Kinsey. 2006. "Long-Term Consequences of Early Childhood Malnutrition." *Oxford Economic Papers* 58 (3): 450–74.
- Andriamihaja, N., dan G. Vecchi. 2007. "An Evaluation of the Welfare Impact of Higher Energy Prices in Madagascar." Working Paper Series 106, World Bank, Africa Region, Washington, DC.
- Armstrong, R., B. Raup, S. J. S. Khalsa, R. Barry, J. Kargel, C. Helm, dan H. Kieffer. 2005. "GLIMS Glacier Database." National Snow and Ice Data Center, Boulder, CO.
- Arthur, W. B. 1994. *Increasing Returns and Path-Dependence in the Economy*. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press.
- Assunção, J. J., dan F. Chein. 2008. "Climate Change, Agricultural Productivity and Poverty." Background Paper for de la Torre and others, 2008, *Low Carbon, High Growth: Latin America Responses to Climate Change*. Washington, DC: World Bank.
- Auffhammer, M., V. Ramanathan, dan J. R. Vincent. 2006. "Integrated Model Shows that Atmospheric Brown Clouds and Greenhouse Gases Have Reduced Rice Harvests in India." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103 (52): 19668–72.
- Auld, G, S. Bernstein, B. Cashore, dan K. Levin. 2007. "Playing It Forward: Path Dependency, Progressive Incrementalism, and the 'Super Wicked' Problem of Global Climate Change." Paper presented at the International Studies Association annual convention, 28 Februari, Chicago.
- Azariadis, C., dan J. Stachurski. 2005. "Poverty Traps." Dalam *Handbook of Economic Growth*, vol. 1, P. Aghion dan S. Durlauf (para editor). Amsterdam: Elsevier.
- Barbier, E. B. 2009. *A Global Green New Deal*. Nairobi: United Nations Environment Programme.
- Barrett, S. 2006. "The Problem of Averting Global Catastrophe." *Chicago Journal of International Law* 6 (2): 1–26.
- . 2007. *Why Cooperate? The Incentive to Supply Global Public Goods*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Barrett, S., dan R. Stavins. 2003. "Increasing Participation and Compliance in International Climate Change Agreements." *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 3 (4): 349–76.
- Bates, B., Z. W. Kundzewicz, S. Wu, dan J. Palutikof. 2008. "Climate Change and Water." Technical Paper, Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.
- Benitez, D., R. Fuentes Nieva, T. Serebrisky, dan Q. Wodon. 2008. "Assessing the Impact of Climate

- Change Policies in Infrastructure Service Delivery: A Note on Affordability and Access.” Background note for the WDR 2010.
- Bowen, A., S. Fankhauser, N. Stern, dan D. Zenghelis. 2009. *An Outline of the Case for a “Green” Stimulus*. London: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment and the Centre for Climate Change Economics and Policy.
- Brenner, M. D., M. Riddle, dan J. K. Boyce. 2007. “A Chinese Sky Trust? Distributional Impacts of Carbon Charges and Revenue Recycling in China.” *Energy Policy* 35 (3): 1771–84.
- Brinsley, J., dan R. Christie. 2009. “Paulson to Work Quickly with Congress to Revive Plan (Update 1).” Bloomberg, September 29.
- Brown, C., R. Meeks, Y. Ghile, dan K. Hunu. 2009. “An Empirical Analysis of the Effects of Climate Variables on National Level Economic Growth.” Background paper for the WDR 2010.
- Bruckner, T., G. Petschel-Held, F. L. Toth, H.-M. Fussel, C. Helm, M. Leimbach, dan H.-J. Schellnhuber. 1999. “Climate Change Decision Support and the Tolerable Windows Approach.” *Environmental Modeling and Assessment* 4: 217–34.
- Bureau of Labor Statistics. 2009. “Employment Situation Summary.” Washington, DC.
- Campbell-Lendrum, D. H., C. F. Corvalan, dan A. Pruss-Ustun. 2003. “How Much Disease Could Climate Change Cause?” Dalam *Climate Change and Human Health: Risks and Responses*, A. J. McMichael, D. H. Campbell-Lendrum, C. F. Corvalan, K. L. Ebi, A. Githeko, J. D. Scheraga, dan A. Woodward (para editor). Geneva: World Health Organization.
- Caney, S. 2009. “Ethics and Climate Change.” Background paper for the WDR 2010.
- Carraro, C., J. Eykmans, dan M. Finus. 2009. “Optimal Transfers and Participation Decisions in International Environmental Agreements.” *Review of International Organizations* 1 (4): 379–96.
- Carter, M. R., P. D. Little, T. Mogues, dan W. Negatu. 2007. “Poverty Traps and Natural Disasters in Ethiopia and Honduras.” *World Development* 35 (5): 835–56.
- Chan, K. W. 2008. “Internal Labor Migration in China: Trends, Geographical Distribution and Policies.” Paper presented at the Proceedings of United Nations Expert Group Meeting on Population Distribution, Urbanization, Internal Migration and Development, New York.
- Chen, S., dan M. Ravallion. 2008. “The Developing World Is Poorer than We Thought, But No Less Successful in the Fight against Poverty.” Policy Research Working Paper 4703, World Bank, Washington, DC.
- Chomitz, K., dan C. Meisner. 2008. “A Simple Benchmark for CO₂ Intensity of Economies.” Washington, DC: Background Note for the World Bank Internal Evaluation Group on Climate Change and the World Bank Group.
- Confalonieri, U., B. Menne, R. Akhtar, K. L. Ebi, M. Hauengue, R. S. Kovats, B. Revich, dan A. Woodward. 2007. “Human

- Health.” Dalam *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, dan C. E. Hanson (para editor). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Cramton, P., dan S. Kerr. 1999. “The Distributional Effect of Carbon Regulation: Why Auctioned Carbon Permits Are Attractive and Feasible.” Dalam *The Market and the Environment*, T. Sterner. Northampton (editor), UK: Edward Elgar Publishing.
- Cruz, R. V., H. Harasawa, M. Lal, S. Wu, Y. Anokhin, B. Punsalmaa, Y. Honda, M. Jafari, C. Li, dan N. Huu Ninh. 2007. “Asia.” Dalam *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, dan C. E. Hanson (para editor). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Dasgupta, P. 2007. “Comments on the Stern Review’s Economics of Climate Change.” *National Institute Economic Review* 199: 4–7.
- . 2008. “Discounting Climate Change.” *Journal of Risk and Uncertainty* 37 (2): 141–69.
- Dell, M., B. F. Jones, dan B. A. Olken. 2008. “Climate Change and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century.” Working Paper 14132, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- . 2009. “Temperature and Income: Reconciling New Cross-Sectional and Panel Estimates.” *American Economic Review* 99 (2): 198–204.
- Dercon, S. 2004. “Growth and Shocks: Evidence from Rural Ethiopia.” *Journal of Development Economics* 74 (2): 309–29.
- Diamond, J. 2005. *Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed*. New York: Viking.
- Easterling, W., P. Aggarwal, P. Batima, K. Brander, L. Erda, M. Howden, A. Kirilenko, J. Morton, J.-F. Soussana, J. Schmidhuber, dan F. Tubiello. 2007. “Food, Fibre and Forest Products.” Dalam *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, dan C. E. Hanson (para editor). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Edmonds, J., L. Clarke, J. Lurz, dan M. Wise. 2008. “Stabilizing CO₂ Concentrations with Incomplete International Cooperation.” *Climate Policy* 8 (4): 355–76.
- Ekins, P., dan S. Dresner. 2004. *Green Taxes and Charges: Reducing their Impact on Low-income Households*. York, UK: Joseph Rowntree Foundation.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute). 2002. “ESRI Data and Maps.” Redlands, CA.
- Estache, A. 2009. “How Should the Nexus between Economic and Environmental Regulation Work for Infrastructure Services?” Background note for the WDR 2010.

- Fankhauser, S., F. Sehleier, dan N. Stern. 2008. "Climate Change, Innovation and Jobs." *Climate Policy* 8: 421–29.
- Fisher, B. S., N. Nakićenovic', K. Alfsen, J. Corfee Morlot, F. de la Chesnaye, J.-C. Hourcade, K. Jiang, M. Kainuma, E. La Rovere, A. Matysek, A. Rana, K. Riahi, R. Richels, S. Rose, D. van Vuuren, dan R. Warren. 2007. "Issues Related to Mitigation in the Long-Term Context." Dalam *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, dan L. A. Meyer (para editor). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Fiszbein, A., dan N. Schady. 2009. *Conditional Cash Transfers: Reducing Present and Future Poverty*. Washington, DC: World Bank.
- Folger, T. 2006. "Can Coal Come Clean? How to Survive the Return of the World's Dirtiest Fossil Fuel." December. *Discover Magazine*.
- Gjerde, J., S. Grepperud, dan S. Kverndokk. 1999. "Optimal Climate Policy under the Possibility of a Catastrophe." *Resource and Energy Economics* 21 (3–4): 289–317.
- Guesnerie, R. 2004. "Calcul Economique et Développement Durable." *La Revue Economique* 55 (3): 363–82.
- Guiteras, R. 2007. "The Impact of Climate Change on Indian Agriculture." Department of Economics Working Paper, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.
- Hallegatte, S. 2008. "An Adaptive Regional Input-Output Model and its Application to the Assessment of the Economic Cost of Katrina." *Risk Analysis* 28 (3): 779–99.
- Hallegatte, S., P. Dumas, dan J.-C. Hourcade. 2009. "A Note on the Economic Cost of Climate Change and the Rationale to Limit it to 2°K." Background paper for the WDR 2010.
- Hamilton, K. 2009. "Delayed Participation in a Global Climate Agreement." Background note for the WDR 2010.
- Harrington, J., dan T. L. Walton. 2008. "Climate Change in Coastal Areas in Florida: Sea Level Rise Estimation and Economic Analysis to Year 2080." Florida State University, Tallahassee, FL.
- Heal, G. 2005. "Intertemporal Welfare Economics and the Environment." Dalam *Handbook of Environmental Economics, Vol. 3*, K.-G. Maler dan J. R. Vincent (para editor). Amsterdam: Elsevier.
- . 2008. "Climate Economics: A Meta-Review and Some Suggestions." Working Paper 13927, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Hill, J., S. Polasky, E. Nelson, D. Tilman, H. Huo, L. Ludwig, J. Neumann, H. Zheng, dan D. Bonta. 2009. "Climate Change and Health Costs of Air Emissions from Biofuels and Gasoline." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (6): 2077–82.
- Hof, A. F., M. G. J. den Elzen, dan D. P. van Vuuren. 2008. "Analyzing the Costs and Benefits of Climate Policy: Value Judgments and Scientific Uncertainties." *Global Environmental Change* 18 (3): 412–24.

- Houghton, R. A. 2009. "Emissions of Carbon from Land Management." Background note for the WDR 2010.
- Hourcade, J.-C., dan P. Ambrosi. 2007. "Quelques Leçons d'un Essai à Risque, l'évaluation des Dommages Climatiques par Sir Nicholas Stern." *Revue d'économie politique* 117 (4): 33–46.
- Hourcade, J.-C., M. Ha-Duong, A. Grübler, dan R. S. J. Tol. 2001. "INASUD Project Findings on Integrated Assessment of Climate Policies." *Integrated Assessment* 2 (1): 31–35.
- Houser, T., S. Mohan, dan R. Heilmayr. 2009. "A Green Global Recovery? Assessing U.S. Economic Stimulus and the Prospects for International Coordination." Policy Brief PB09-03, World Resources Institute, Washington, DC.
- Huang, Y., dan A. Magnoli, eds. 2009. *Reshaping Economic Geography in East Asia*. Washington, DC: World Bank.
- IARU (International Alliance of Research Universities). 2009. "Climate Change: Global Risks, Challenges and Decisions." IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Copenhagen.
- IEA (International Energy Agency). 2007. *World Energy Outlook 2007*. Paris: IEA.
- . 2008. *World Energy Outlook 2008*. Paris: IEA.
- ILO (International Labour Organization). 2009. *Global Employment Trends: January 2009*. Geneva: ILO.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007a. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II, and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC.
- . 2007b. "Summary for Policymakers." Dalam *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, dan C. E. Hanson (para editor). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Ivanic, M., dan W. Martin. 2008. "Implications of Higher Global Food Prices for Poverty in Low-Income Countries." Policy Research Working Paper 4594, World Bank, Washington, DC.
- IWM (Institute of Water Modelling) and CEGIS (Center for Environmental and Geographical Information Services). 2007. *Investigating the Impact of Relative Sea-Level Rise on Coastal Communities and Their Livelihoods in Bangladesh*. Dhaka: IWM, CEGIS.
- Jalan, J., dan M. Ravallion. 2004. "Household Income Dynamics in Rural China." Dalam *Insurance against Poverty*, S. Dercon (editor). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Jensen, R. 2000. "Agricultural Volatility and Investments in Children." *American Economic Review* 90 (2): 399–404.
- Johnson, T., F. Liu, C. Alatorre, dan Z. Romo. 2008. "Mexico Low-Carbon Study—México: Estudio Para la Disminución de Emisiones de

- Carbono (MEDEC).” World Bank, Washington, DC.
- Klaus, K., G. Yohe, dan M. Schlesinger. 2008. “Managing the Risks of Climate Thresholds: Uncertainties and Information Needs.” *Climatic Change* 91: 5–10.
- Komives, K., V. Foster, J. Halpern, Q. Wodon, dan R. Abdullah. 2005. *Water, Electricity, and the Poor: Who Benefits from Utility Subsidies?* Washington, DC: World Bank.
- Komives, K., V. Foster, H. Halpern, Q. Wodon, dan R. Krznaric. 2007. *Food Coupons and Bald Mountains: What the History of Resource Scarcity Can Teach Us about Tackling Climate Change*. New York: United Nations Development Programme.
- Kousky, C., O. Rostapshova, M. A. Toman, dan R. Zeckhauser. 2009. “Responding to Threats of Climate Change Catastrophes.” Background paper for the *Economics of Natural Disasters*, Global Facility for Disaster Reduction and Recovery, World Bank, Washington, DC.
- Kriegler, E., J. W. Hall, H. Held, R. Dawson, dan H. J. Schellnhuber. 2009. “Imprecise Probability Assessment of Tipping Points in the Climate System.” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (13): 5041–46.
- Lambrou, Y., dan R. Laub. 2004. *Gender Perspectives on the Conventions on Biodiversity, Climate Change and Desertification*. Rome: Food and Agriculture Organization.
- Lempert, R. J., dan M. E. Schlesinger. 2000. “Robust Strategies for Abating Climate Change.” *Climatic Change* 45 (3–4): 387–401.
- Ligon, E., dan E. Sadoulet. 2007. “Estimating the Effects of Aggregate Agricultural Growth on the Distribution of Expenditures.” Background paper for the WDR 2008.
- Lipovsky, I. 1995. “The Central Asian Cotton Epic.” *Central Asian Survey* 14 (4): 29–542.
- Lokshin, M., dan M. Ravallion. 2000. “Short-lived Shocks with Long-lived Impacts? Household Income Dynamics in a Transition Economy.” Policy Research Working Paper 2459, World Bank, Washington, DC.
- Marcotullio, P. J., dan N. B. Schulz. 2007. “Comparison of Energy Transitions in the United States and Developing and Industrializing Economies.” *World Development* 35 (10): 1650–83.
- Martin, A. 1996. “Forestry: Gender Makes the Difference.” International Union for Conservation of Nature, Gland, Switzerland.
- McKinsey & Company. 2009. *Pathways to a Low-carbon Economy: Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*. McKinsey & Company.
- Mignone, B. K., R. H. Socolow, J. L. Sarmiento, dan M. Oppenheimer. 2008. “Atmospheric Stabilization and the Timing of Carbon Mitigation.” *Climatic Change* 88 (3–4): 251–65.
- Mitchell, D. 2008. “A Note on Rising Food Prices.” Policy Research Working Paper 4682, World Bank, Washington, DC.
- Molesworth, A. M., L. E. Cuevas, S. J. Connor, A. P. Morse, dan M. C. Thomson. 2003. “Environmental

- Changes and Meningitis Epidemics in Africa.” *Emerging Infectious Diseases* 9 (10): 1287–93.
- Morris, S., O. Neidecker-Gonzales, C. Carletto, M. Munguia, J. M. Medina, dan Q. Wodon. 2002. “Hurricane Mitch and Livelihoods of the Rural Poor in Honduras.” *World Development* 30 (1): 39–60.
- Mueller, V., dan D. Osgood. 2007. “Long-term Impacts of Droughts on Labor Markets in Developing Countries: Evidence from Brazil.” Earth Institute at Columbia University, New York.
- Mulder, P. 2005. *The Economics of Technology Diffusion and Energy Efficiency*. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Neumayer, E., dan T. Plumper. 2007. “The Gendered Nature of Natural Disasters: The Impact of Catastrophic Events on the Gender Gap in Life Expectancy, 1981–2002.” *Annals of the Association of American Geographers* 97 (3): 551–66.
- Ng, F., dan M. A. Aksoy. 2008. “Who Are the Net Food Importing Countries?” Policy Research Working Paper 4457, World Bank, Washington, DC.
- Nordhaus, W. 2008a. *A Question of Balance: Weighing the Options on Global Warming Policies*. New Haven, CT: Yale University Press.
- . 2008b. “The Role of Universal Participation in Policies to Slow Global Warming.” Paper presented at the Third Atlantic Workshop on Energy and Environmental Economics, A Toxa, Spain.
- . 2009. “An Analysis of the Dismal Theorem.” Cowles Foundation Discussion Paper 1686, New Haven, CT.
- O’Neill, B. C., P. Crutzen, A. Grüber, M. Ha-Duong, K. Keller, C. Kolstad, J. Koomey, A. Lange, M. Obersteiner, M. Oppenheimer, W. Pepper, W. Sanderson, M. Schlesinger, N. Treich, A. Ulph, M. Webster, dan C. Wilson. 2006. “Learning and Climate Change.” *Climate Policy* 6: 585–89.
- Pacific Institute for Climate Solutions. 2008. “Climate Change and Health in British Columbia.” University of Victoria, Victoria.
- Parikh, J. 2008. *Gender and Climate Change: Key Issues*. New Delhi: Integrated Research and Action for Development.
- Patriquin, M., A. M. Wellstead, dan W. A. White. 2007. “Beetles, Trees, and People: Regional Economic Impact Sensitivity and Policy Considerations Related to the Mountain Pine Beetle Infestation in British Columbia, Canada.” *Forest Policy and Economics* 9 (8): 938–46.
- Pindyck, R. 2007. “Uncertainty in Environmental Economics.” *Review of Environmental Economics and Policy* 1 (1): 45–65.
- Pollin, R., H. Garrett-Peltier, J. Heintz, dan H. Scharber. 2008. *Green Recovery: A Program to Create Good Jobs and Start Building a Low Carbon Economy*. Washington, DC: Center for American Progress.
- Portney, P. R., dan J. P. Weyant. 1999. *Discounting and Intergenerational Equity*. Washington, DC: Resources for the Future.
- Potter, S. 2008. *The Sting of Climate Change: Malaria and Dengue Fever in Maritime Southeast Asia and the Pacific Islands*. Sydney: Lowy Institute for International Policy.

- Quiggin, J. 2008. "Uncertainty and Climate Policy." *Economic Analysis and Policy* 38 (2): 203–10.
- Rabie, T., S. el Tahir, T. Alireza, G. Sanchez Martinez, K. Ferl, dan N. Cenacchi. 2008. "The Health Dimension of Climate Change." Background Paper for *Adapting to Climate Change in Europe and Central Asia*, ed. M. Fay, R. I. Block, dan J. Ebinger, 2010, World Bank, Washington, DC.
- Ratha, D., S. Mohapatra, dan Z. Xu. 2008. *Outlook for Remittance Flows 2008–2010*. Washington, DC: World Bank.
- Ravallion, M. 2008. "Bailing Out the World's Poorest." Policy Research Working Paper 4763, World Bank, Washington, DC.
- Ristvet, L., dan H. Weiss. 2000. "Imperial Responses to Environmental Dynamics at Late Third Millennium Tell Leilan." *Orient-Express* 2000 (4): 94–99.
- Robine, J.-M., S. L. K. Cheung, S. Le Roy, H. Van Oyen, C. Griffiths, J.-P. Michel, dan F. R. Herrmann. 2008. "Death Toll Exceeded 70,000 in Europe during Summer of 2003." *Comptes Rendus Biologies* 331 (2): 171–78.
- Robins, N., R. Clover, dan C. Singh. 2009. *A Climate for Recovery: The Colour of Stimulus Goes Green*. London: HSBC.
- Roemer, J. 2009. "The Ethics of Distribution in a Warming Planet." Cowles Foundation Discussion Paper 1693, New Haven, CT.
- Rosenberg, N. 1971. "Technology and the Environment: An Economic Exploration." *Technology and Culture* 12 (4): 543–61.
- Rosenzweig, M. R., dan H. P. Binswanger. 1993. "Wealth, Weather Risk and the Composition and Profitability of Agricultural Investments." *Economic Journal* 103 (416): 56–78.
- Savage, L. J. 1951. "The Theory of Statistical Decision." *Journal of the American Statistical Association* 46 (253): 55–67.
- . 1954. *The Foundations of Statistics*. New York: John Wiley & Sons.
- Schmidhuber, J., dan F. N. Tubiello. 2007. "Global Food Security under Climate Change." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (50): 19703–08.
- Schmidt, G. 2006. "Runaway Tipping Points of No Return." Real Climate, 5 Juli 5 2009.
- Schwartz, J., L. Andres, dan G. Dragoiu. 2009. "Crisis in LAC: Infrastructure Investment, Employment and the Expectations of Stimulus." World Bank, LCSSD Economics Unit, Washington, DC.
- Shalizi, Z., dan F. Lecocq. 2009. "Economics of Targeted Mitigation Programs in Sectors with Long-Lived Capital Stock." Policy Research Working Paper 5063, World Bank, Washington, DC.
- Singer, P. 2006. "Ethics and Climate Change: Commentary." *Environmental Values* 15: 415–22.
- Smith, J. B., S. H. Schneider, M. Oppenheimer, G. W. Yohe, W. Hare, M. D. Mastrandrea, A. Patwardhan, I. Burton, J. Corfee-Morlot, C. H. D. Magadza, H.-M. Fussel, A. B. Pittock, A. Rahman, A. Suarez, dan J.-P. van Ypersele. 2009. "Assessing Dangerous Climate Change through an Update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 'reasons for concern.'" *Proceedings of the*

- National Academy of Sciences* 106 (11): 4133–37.
- Smyth, I. 2005. “More than Silence: The Gender Dimensions of Tsunami Fatalities and Their Consequences.” Paper presented at the WHO Conference on Health Aspects of the Tsunami Disaster in Asia, Phuket, Thailand.
- Solomon, S., G.-K. Plattner, R. Knutti, dan P. Friedlingstein. 2009. “Irreversible Climate Change due to Carbon Dioxide Emissions.” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (6): 1704–09.
- Stern, N. 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- . 2008. *Key Elements of a Global Deal on Climate Change*. London: London School of Economics and Political Science.
- Stern, T., dan U. M. Persson. 2008. “An Even Sterner Review: Introducing Relative Prices into the Discounting Debate.” *Review of Environmental Economics and Policy* 2 (1): 61–76.
- Tol, R. S. J. 2005. “The Marginal Damage Cost of Carbon Dioxide Emissions: An Assessment of the Uncertainties.” *Energy Policy* 33: 2064–74.
- Toth, F., dan M. Mwandosya. 2001. “Decision-making Frameworks.” Dalam *Climate Change 2001: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, B. Metz, O. Davidson, R. Swart, dan J. Pan (para editor). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Ummel, K., dan D. Wheeler. 2008. “Desert Power: The Economics of Solar Thermal Electricity for Europe, North Africa, and the Middle East.” Working Paper 156, Center for Global Development, Washington, DC.
- UNDP (United Nations Development Programme). 2008. *Human Development Report 2007/2008. Fighting Climate Change: Human Solidarity in a Divided World*. New York: UNDP.
- . 2009. *Resource Guide on Gender and Climate Change*. New York: UNDP.
- UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Risk Reduction). 2007. *Gender Perspective: Working Together for Disaster Risk Reduction. Good Practices and Lessons Learned*. Geneva: UNISDR.
- United Nations. 2008. *The Millennium Development Goals Report 2008*. New York: UN.
- Vergara, W. 2009. “Assessing the Potential Consequences of Climate Destabilization in Latin America.” Sustainable Development Working Paper 32, World Bank, Latin America and Caribbean Region, Washington, DC.
- WCED (World Commission on Environment and Development). 1987. *Our Common Future*. Oxford, UK: WCED.
- Weiss, H. 2000. “Beyond the Younger Dryas: Collapse as Adaptation to Abrupt Climate Change in Ancient West Asia and the Eastern Mediterranean.” Dalam *Environmental Disaster and the Archaeology of Human Response*, G. Bawden dan R. M. Reycraft (para editor). Albuquerque: Maxwell Museum of Anthropology.

- Weiss, H., dan R. S. Bradley. 2001. "What Drives Societal Collapse?" *Science* 291: 609–10.
- Weitzman, M. 2007. "A Review of the *Stern Review on the Economics of Climate Change*." *Journal of Economic Literature* 45 (3): 703–24.
- . 2009a. "On Modeling and Interpreting the Economics of Catastrophic Climate Change." *Review of Economics and Statistics* 91 (1): 1–19.
- . 2009b. "Reactions to the Nordhaus Critique." Harvard University. Cambridge, MA.
- Wheeler, D., dan K. Ummel. 2007. "Another Inconvenient Truth: A Carbon-Intensive South Faces Environmental Disaster, No Matter What the North Does." Working Paper 134, Center for Global Development, Washington, DC.
- World Bank. 2001. "Hurricane Mitch: The Gender Effects of Coping and Crises." Notes of the Development Economics Vice Presidency and Poverty Reduction and Economic Management Network 56, Washington, DC.
- . 2008. "Double Jeopardy: Responding to High Food and Fuel Prices." Working Paper 44951, Washington, DC.
- . 2009a. *Global Monitoring Report 2009: A Development Emergency*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009b. "World Bank Statement to the Tenth Session of the United Nations Human Rights Council." Geneva.
- . 2009c. *World Development Indicators 2009*. Washington, DC: World Bank.
- WRI (World Resources Institute). 2008. "The Climate Analysis Indicators Tool (CAIT)." Washington, DC.
- Yohe, G. W. 1999. "The Tolerable Windows Approach: Lessons and Limitations." *Climatic Change* 41 (3–4): 283–95.

Iklim sedang berubah—hal itu tidak dapat dipungkiri lagi. Terdapat konsensus ilmiah bahwa dunia kita sedang menjadi tempat yang lebih hangat dan penyebab utamanya adalah aktivitas umat manusia. Dalam kata-kata dari Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), dalam laporan penilaian konsensus keempatnya: “Pemanasan sistem iklim sudah mutlak.”¹ Hampir sekitar 1 juta tahun sebelum Revolusi Industri, konsentrasi karbon dioksida (CO₂) berada dalam kisaran 170 sampai 280 bagian per sejuta (bpj). Sekarang, konsentrasinya berada jauh di atas kisaran tersebut—386 bpj—lebih tinggi daripada titik tertinggi selama setidaknya 800.000 tahun terakhir, dan laju peningkatannya juga mungkin semakin cepat.² Dalam skenario emisi tinggi, konsentrasi tersebut pada akhir abad ke-21 dapat melebihi konsentrasi yang pernah dialami oleh Bumi selama puluhan juta tahun sebelumnya.

Artikel 2 dari *United Nations Framework Convention on Climate Change* (Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang Perubahan Iklim), menentukan sasaran untuk mencapai suatu “stabilisasi emisi gas-gas rumah kaca pada suatu tingkat yang akan mencegah interferensi antropogenik berbahaya dengan sistem iklim.”³ Sampai sejauh mana “berbahaya” tersebut didefinisikan dalam konvensi, hal itu dijelaskan dengan menjaga emisi pada tingkatan yang “memungkinkan ekosistem untuk beradaptasi secara alamiah terhadap perubahan iklim, untuk memastikan bahwa produksi pangan tidak terancam, dan untuk memungkinkan pembangunan ekonomi melaju dengan cara yang berkesinambungan.” Tidak jelas apakah sasaran ini dapat sepenuhnya dicapai karena pemanasan yang telah diamati saat ini telah dikaitkan dengan peningkatan dalam kejadian kekeringan, banjir, gelombang panas, kebakaran hutan, dan curah hujan yang intens yang sekarang telah mengancam umat manusia dan sistem-sistem alam.

Terdapat bukti kuat bahwa kapasitas dari masyarakat dan ekosistem untuk beradaptasi beberapa kali telah diuji melampaui pemanasan 2°C. Jika dunia mampu membatasi peningkatan suhu yang diakibatkan oleh manusia ini dapat ditoleransi pada sekitar 2°C di atas tingkat di masa praindustri, maka mungkin kita dapat membatasi mencairnya bongkahan es di Greenland dan Antartika Barat secara luar biasa dan juga membatasi kenaikan permukaan laut yang disebabkan; membatasi peningkatan kejadian banjir, kekeringan, dan kebakaran hutan di banyak kawasan; membatasi meningkatnya angka kematian dan penyakit akibat penyakit menular, diare, dan panas ekstrem; mencegah kepunahan sekitar seperempat dari seluruh spesies yang dikenal; dan mencegah penurunan yang signifikan dalam produksi pangan global.⁵

Akan tetapi bahkan menstabilkan suhu global pada 2°C di atas tingkat praindustri akan tetap mengubah dunia ini secara signifikan. Bumi telah mengalami pemanasan sebesar 0,8°C dari tingkat

praindustri, daerah-daerah pada garis lintang yang tinggi sudah mengalami gangguan dalam lingkungan dan budaya, dan dampak lanjutannya tampaknya takkan terelakkan seiring dengan meningkatnya pemanasan. Dengan pemanasan 2°C, akan terjadi peristiwa cuaca ekstrem dengan lebih keras dan lebih sering, termasuk gelombang panas; kebutuhan air akan meningkat di berbagai kawasan di dunia; produksi pangan akan jatuh di berbagai kawasan tropis; dan banyak ekosistem akan menjadi rusak, termasuk kehilangan besar-besaran dalam terumbu karang akibat pemanasan dan pengasaman lautan (*ocean acidification*).

Kecuali dunia bertindak dengan cepat untuk mengubah jalur-jalur emisinya, berbagai model memproyeksikan bahwa pada tahun 2100 nanti, suhu rata-rata global akan meningkat sekitar 2,5–7°C di atas tingkat pra-industri,⁶ bergantung pada jumlah dan laju peningkatan energi, pembatasan pada energi dari sumber bahan bakar fosil, dan laju perkembangan teknologi energi bebas karbon (lihat Bab 4).

Sementara suhu ini tampaknya merupakan suatu peningkatan yang kecil dibandingkan dengan variasi musiman, batas akhir terendah dari kisaran ini sebanding dengan pergerakan dari kota Oslo menuju Madrid. Batas teratasnya sebanding dengan pemanasan yang terjadi sejak puncak dari zaman es terakhir, yang menyebabkan melelehnya es setebal dua kilometer yang menutupi Eropa bagian utara dan Amerika Utara.⁷ Selama beberapa dekade ke depan, suhu rata-rata global diproyeksikan meningkat 0,2–0,3°C per dekade⁸, suatu laju perubahan yang mempersulit kemampuan berbagai spesies dan ekosistem untuk beradaptasi (lihat Fokus B pada Keragaman Hayati).

Mendefinisikan “campur tangan bahaya antropogenik” adalah suatu keputusan politik, bukan penentuan secara ilmiah. Satu dekade setelah Protokol Kyoto, seiring kita memasuki periode di mana emisi-emisi diperhitungkan secara ketat oleh negara-negara maju, dunia sedang menegosiasikan arahan tindakan untuk dekade-dekade mendatang yang akan menentukan apakah anak-anak kita akan mewarisi planet yang telah destabilisasi pada tingkat pemanasan 2°C atau berada pada jalan yang bersuhu lebih tinggi. Istilah “berbahaya” melibatkan beberapa komponen—total besarnya perubahan, laju perubahan, risiko perubahan yang mendadak atau tak diharapkan, dan sangat mungkin melewati suatu batasan yang sangat berbahaya baginya dan tidak dapat dibalikkan. Apa yang dianggap sebagai perubahan iklim yang sudah berbahaya dapat diharapkan

bergantung pada dampak-dampaknya pada sistem alam dan umat manusia, dan pada kapasitasnya untuk beradaptasi. Fokus ini melihat pada bagaimana cara kerja sistem iklim, pada perubahan yang teramati hingga saat ini, bagaimana keadaan dunia dengan pemanasan dunia 2°C versus 5°C atau pemanasan dunia, risiko-risiko apabila dunia melampaui batasan yang tidak dapat dibalikkan lagi, dan tantangan yang ada dalam membatasi pemanasan hingga 2°C.

Bagaimana Sistem Iklim Bekerja

Iklim Bumi ditentukan oleh energi yang masuk yang berasal dari Matahari, keluaran energi yang diradiasikan oleh Bumi, dan pertukaran energi antara atmosfer, daratan, lautan, permukaan es, dan makhluk hidup. Komposisi atmosfer khususnya penting karena beberapa gas dan aerosol (partikel yang sangat kecil) memengaruhi aliran radiasi matahari yang datang dan radiasi inframerah yang dipancarkan. Uap air, CO₂, metana (CH₄), ozon (O₃), dan nitrogen oksida (N₂O) adalah gas-gas rumah kaca yang memang ada secara alamiah. Gas-gas ini menghangatkan permukaan Bumi dengan cara mencegah kaburnya energi panas (inframerah) ke luar angkasa. Efek pemanasan yang diciptakan oleh gas-gas pada tingkat yang alamiahnya adalah “efek gas rumah kaca alamiah.” Efek ini menghangatkan dunia sekitar 33°C dibandingkan jika tidak ada gas-gas tersebut, menjaga sebagian besar air di dunia berada dalam wujud cair, dan memungkinkan terjadinya

kehidupan dari daerah khatulistiwa hingga ke daerah kutub.

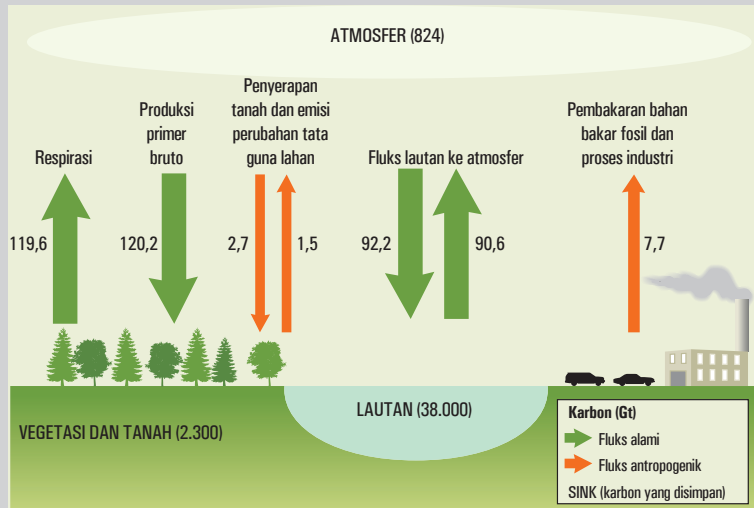
Gas-gas yang dihasilkan dari aktivitas manusia telah memperkuat efek gas rumah kaca alamiah ini dengan begitu dahsyatnya. Konsentrasi rata-rata CO₂ di atmosfer secara global telah meningkat dengan signifikan sejak awal dari revolusi industri, dan khususnya dalam 50 tahun terakhir. Lebih dari 20 abad, konsentrasi CO₂ meningkat dari sekitar 280 bpj hingga mendekati 387 bpj—hampir 40 persen—sebagian besar karena pembakaran bahan bakar fosil berbasis karbon dan, yang lebih sedikit pengaruhnya, deforestasi dan perubahan dalam pemanfaatan lahan (kotak FA.1). Pembakaran batu bara, minyak, dan gas alam sekarang menyumbang sekitar 80 persen dari total CO₂ yang diemisikan per tahunnya, sementara perubahan dalam tata guna lahan dan deforestasi menyumbang 20 persen sisanya. Di tahun 1950, kontribusi dari bahan bakar fosil dan pemanfaatan lahan dapat dikatakan hampir sama; sejak saat itu, penggunaan energi telah meningkat 18 kali lipat. Konsentrasi dari gas-gas lainnya yang menyimpan panas, termasuk metana dan nitrogen oksida juga telah meningkat dengan signifikan, sebagai akibat dari pembakaran bahan bakar fosil, aktivitas peternakan dan industri, serta perubahan pemanfaatan lahan (lihat Figur FA.1).⁹

Beberapa polutan yang diciptakan oleh manusia memanaskan Bumi, sementara sebagian lainnya mendinginkannya (Figur FA.2). Sebagian masa hidupnya panjang, sebagian lagi pendek. Dengan

KOTAK FA.1 Siklus karbon

Jumlah karbon dioksida (CO_2) di atmosfer dikendalikan oleh siklus-siklus biogeokimia yang mendistribusikan karbon di antara lautan, daratan, makhluk hidup, dan atmosfer. Saat ini atmosfer mengandung sekitar 824 gigaton (Gt) karbon. Emisi karbon yang disebabkan oleh manusia tahun 2007 mencapai 9 Gt karbon dari sejuta 7,7 Gt (atau 28,5 Gt CO_2) di mana berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dan sisanya dari perubahan dalam tutupan lahan (1 gigaton sama dengan 1 miliar metrik ton). Untuk mengonversi emisi karbon dan fluks ke kandungan CO_2 , kalikan kandungan karbon dengan 3,67.

Konsentrasi atmosferik dari karbon dioksida sedang meningkat pada laju sekitar 2 bpj per tahun, yang ekuivalen dengan peningkatan dalam pemuatan karbon ke dalam atmosfer sebesar 4 gigaton karbon per tahun (artinya, sekitar setengah dari emisi CO_2 dari bahan bakar fosil mengarah pada peningkatan jangka panjang dari konsentrasi atmosferik). Sisa dari emisi CO_2 yang diambil dari “carbon sink”—ekosistem lautan dan daratan. Lautan mengambil sekitar 2 Gt karbon per tahunnya (perbedaan antara 90,6 dan 92,2 ditandai pada gambar, termasuk fluks daratan kecil ke lautan). Jaring penangkap karbon di lautan dan sistem daratan (respirasi tanpa fotosintesis) dan estimasi emisi dari perubahan lahan dan pembakaran bahan bakar fosil akan menghasilkan konsentrasi atmosfer yang lebih tinggi dari yang pernah terekam. Tampaknya ekosistem daratan saat ini sedang kewalahan. “Residual sink (penanaman sisa buangan)” yang disebut dengan A.27, diasumsikan sebagian



Sumber: Diadaptasi dari IPCC 2007b

besar berasal dari karbon yang disimpan dalam hutan-hutan dunia (jaring bertambah dalam tutupan hutan akibat penghijauan kembali atau penanaman kembali sebagai akibat dari pengundulan hutan) dan bertambah penangkapan karbon karena pertumbuhan hutan dunia sebagai respons atas tingginya konsentrasi CO_2 (diketahui sebagai efek penyuburan CO_2).

Ekosistem daratan menyimpan sekitar 2.300 Gt karbon—500 gigaton dalam biomassa di atas permukaan tanah, dan sekitar tiga kali lipatnya di dalam tanah. Pengurangan pengundulan hutan dibutuhkan sebagai komponen penting untuk mengurangi pertumbuhan emisi. Sementara segala usaha harus dilakukan untuk menambah lahan penyimpanan karbon, terdapat tantangan

sebagai akibat adanya perubahan iklim dan peningkatan frekuensi kebakaran hutan, serangan wabah, kekeringan, dan serangan panas. Jika emisi bahan bakar fosil dilanjutkan dalam jalur bisnis-seperti-biasanya (*business-as-usual*), penangkapan karbon oleh hutan dan ekosistem darat lainnya akan menjadi lebih lambat bahkan mundur, dengan ekosistem yang akan menjadi sumber jaring emisi di akhir abad, berdasarkan pada beberapa model. Dan lautan yang lebih hangat akan menyerap CO_2 lebih lambat sehingga sebagian besar emisi bahan bakar fosil akan tetap berada di atmosfer.

Sumber: Fischlin dkk. 2007; IPCC 2000; IPCC 2001; Canadell dkk. 2007; Houghton 2003; Prentice dkk. 2001; Sabine dkk. 2004.

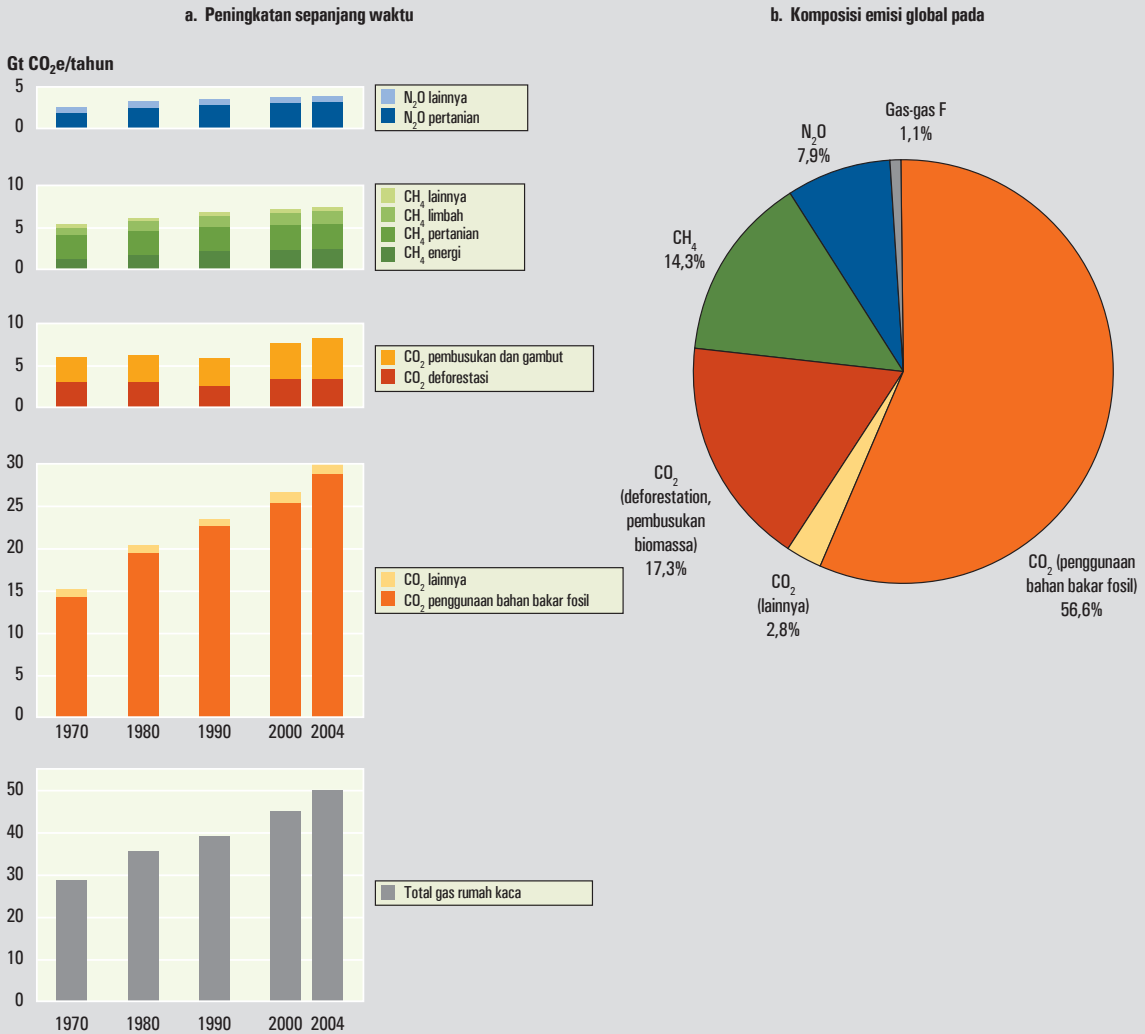
menyimpan radiasi inframerah, karbon dioksida, nitrogen oksida, dan halokarbon¹⁰ menghangatkan Bumi, dan karena peningkatan konsentrasi gas-gas ini akan bertahan hingga beberapa abad ke depan, efek penghangatannya menyebabkan perubahan iklim jangka panjang. Sebaliknya, efek penghangatan dari emisi metana akan bertahan hanya selama beberapa dekade saja, dan pengaruh iklim dari aerosol—yang

dapat menyimpan panas seperti jelaga (karbon hitam), atau mengurangi panas seperti sulfat-sulfat reflektif¹¹—bertahan hanya selama beberapa hari hingga minggu.¹⁹ Jadi, meskipun penurunan tajam dari emisi CO_2 dari pembakaran batu bara dalam beberapa dekade ke depan akan mengurangi pemanasan global jangka panjang, berkurangnya efek pendinginan akibat emisi sulfur yang terkait yang sebagian besar

dihasilkan dari pembakaran batu bara akan menghasilkan pemanasan lagi sekitar 0,5°C.

Suhu hari ini sudah mencapai 0,8°C di atas tingkat praindustri (Figur FA.3). Jika bukan karena pengaruh pendinginan dari partikel-partikel reflektif (aerosol sulfat) dan dekade-dekade yang dibutuhkan oleh suhu lautan untuk mencapai keseimbangan dengan meningkatnya penyimpanan radiasi inframerah,

Figur FA.1 Emisi global gas rumah kaca telah meningkat



Sumber: Diolah dari Barker dkk. 2007.

Catatan: Figur tersebut menunjukkan sumber daya dan tingkat pertumbuhan beberapa gas rumah kaca jangka menengah dan jangka panjang. Bahan bakar fosil dan perubahan tata guna lahan yang tidak dimasukkan dalam figur adalah karbon hitam (jelaga), tropospheric ozone, dan halocarbon. Perbandingan emisi ekuivalen gas-gas berbeda didasarkan pada penggunaan 100-year Global Warming Potential; lihat catatan 9 untuk penjelasannya.

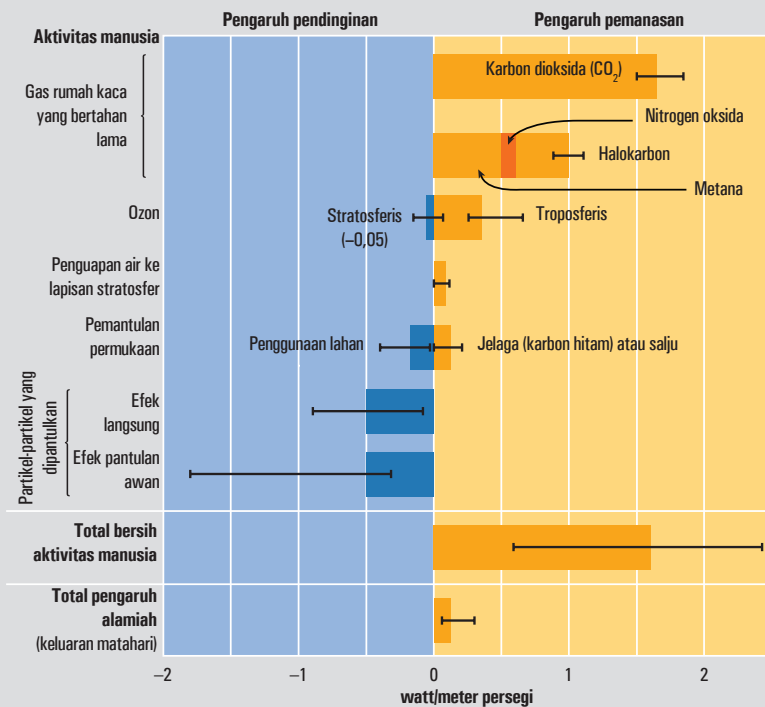
maka suhu rata-rata global akibat aktivitas manusia yang ada akan mencapai 1°C lebih hangat daripada yang kita alami sekarang. Oleh karena itu, meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca di masa sekarang saja sudah hampir memanaskan dunia sebesar 2°C, dan jika lebih dari itu maka dunia akan mengalami konsekuensi-konsekuensi yang sangat mengganggu, bahkan “berbahaya”.¹³

Perubahan yang teramati hingga saat ini dan implikasinya terhadap pemahaman kita yang berubah mengenai ilmu pengetahuannya

Dampak-dampak perubahan dalam iklim sejak pertengahan abad ke-19 khususnya tampak sekarang ini dalam pengamatan tingginya suhu rata-rata udara dan lautan; pelelehan salju dan es secara besar-besaran di seluruh

dunia, khususnya di daerah Arktik dan Greenland (Figur FA.4), dan naiknya permukaan laut dunia. Hari-hari yang dingin, malam-malam yang dingin, dan pembentukan es sekarang lebih jarang terjadi, sementara frekuensi dan intensitas dari gelombang panas telah meningkat. Baik banjir maupun kekeringan terjadi lebih sering dewasa ini.¹⁴ Daerah-daerah bagian dalam dari semua benua telah cenderung mengering, meskipun curah hujan

Figur FA.2 Faktor-faktor utama yang memengaruhi iklim sejak masa Revolusi Industri



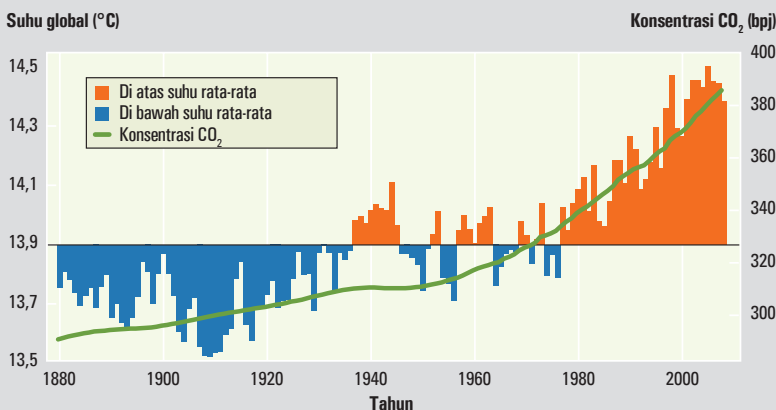
Sumber: Diadaptasi dari Karl, Melillo, dan Peterson 2009.

Catatan: Figur di atas menunjukkan jumlah pengaruh pemanasan (warna oranye) atau pengaruh pendinginan (warna biru), yaitu faktor-faktor berbeda yang terjadi pada iklim Bumi sejak dimulainya era perindustrian (sekitar 1750 tahun yang lalu). Hasilnya ditunjukkan dalam watt per meter persegi. Bagian atas kotak menyertakan semua faktor umum yang disebabkan oleh manusia, sementara kotak yang satunya menyertakan Matahari, satu-satunya faktor alami yang mempunyai efek jangka panjang terhadap iklim. Efek pendinginan individu gunung berapi juga alamiah tetapi relative berjangka pendek (2 sampai 3 tahun), sehingga pengaruhnya tidak disertakan dalam figur ini. Bagian bawah kotak menunjukkan bahwa total bersih efek (pengaruh pemanasan dikurangi pengaruh pendinginan) aktivitas manusia adalah penyebab pemanasan yang kuat. Garis tipis pada masing-masing batang adalah estimasi rentang ketidakpastian.

intens dan lebih sering. Hujan besar dan banjir telah menjadi lebih sering, dan terdapat bukti bahwa intensitas badai dan angin topan tropis telah meningkat.¹⁵

Dampak-dampak ini tidak terdistribusi secara merata di seluruh dunia (Peta FA.1). Seperti yang diperkirakan, perubahan suhu terasa paling dashyat di daerah-daerah kutub sementara sebagian kawasan Arktik meningkat $0,5^\circ\text{C}$ dalam waktu 30 tahun terakhir.¹⁶ Pada lintang yang rendah—yang lebih dekat dengan ekuator—bagian yang lebih besar dari energi inframerah yang terperangkap dalam atmosfer berubah menjadi penguapan, sehingga membatasi pemanasan, tetapi membuat jumlah uap air bertambah dan menjadi hujan yang jauh lebih intens akibat badai konvektif dan angin topan tropis.

Ketahanan berbagai ekosistem mungkin akan terlampaui dalam dekade-dekade mendatang oleh gabungan antara efek-efek perubahan iklim dan tekanan-tekanan lainnya, termasuk degradasi habitat, spesies penyerbu, serta polusi udara dan air. Perubahan-perubahan besar diproyeksikan dalam ekosistem seiring daerah geografis ideal untuk spesies tumbuhan dan hewan menjadi tergeser oleh karena perubahan iklim. Produktivitas pertanian, kehutanan, dan perikanan akan dipengaruhi, begitu pula layanan-layanan ekologis lainnya.¹⁷ Sebanyak 20.000 set data telah menunjukkan bahwa sejumlah besar spesies berpindah, dengan rata-rata perubahannya sekitar 6 kilometer per dekade, ke arah kutub-kutub, atau enam meter per dekade ke daerah pegunungan yang lebih tinggi, sebagai akibat dari naiknya suhu.¹⁸ Perubahan-perubahan yang cepat

Figur FA.3 Suhu rata-rata global dan konsentrasi CO_2 yang terus naik, 1880–2007

Sumber: Diadaptasi dari Karl, Melillo, dan Peterson 2009.

Catatan: Batang oranye menunjukkan suhu di atas rata-rata tahun 1901–2000, batang biru menunjukkan di bawah rata-rata. Garis hijau menunjukkan peningkatan konsentrasi CO_2 . Sementara terdapat tren pemanasan global jangka panjang yang pasti, setiap tahun tidak menunjukkan peningkatan suhu relatif terhadap tahun sebelumnya, dan beberapa tahun menunjukkan perubahan yang lebih dibandingkan tahun-tahun lainnya. Fluktuasi suhu dari tahun ke tahun disebabkan oleh proses alami, seperti efek El Niño, La Niña, dan ledakan gunung api.

total meningkat. Secara global, curah hujan telah meningkat, karena siklus air planet ini telah dipercepat oleh suhu

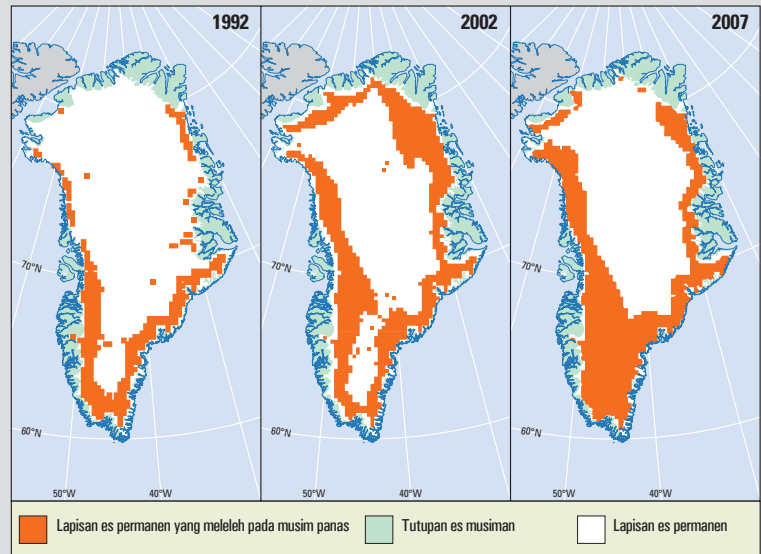
yang lebih tinggi, bahkan sementara daerah Sahel dan Mediterania telah mengalami kekeringan yang lebih

ini menyebabkan ketidaksinkronan dalam banyak hubungan predator-mangsa yang sudah lama ada, karena sebagian spesies mungkin tiba di suatu tempat lebih awal atau terlalu terlambat untuk mendapatkan sumber makanannya.

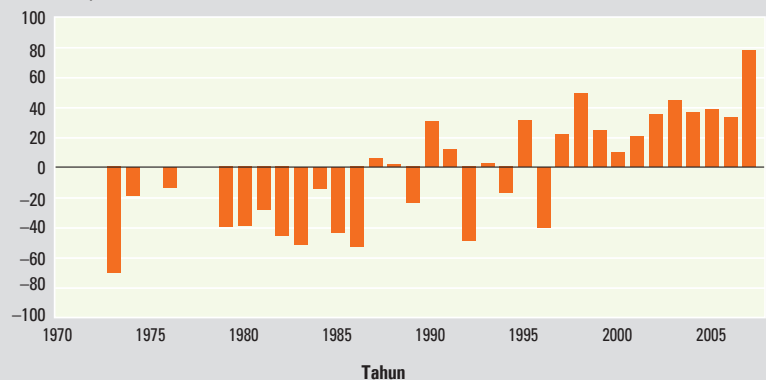
Lebih dari 20 tahun terakhir, pemahaman kita mengenai ilmu pengetahuan dari perubahan iklim telah sangat meningkat. Tahun 1955, sebagai contoh, IPCC menyimpulkan: “Keseimbangan bukti-bukti menunjukkan pengaruh manusia yang jelas pada iklim global.” IPCC 2001 menyimpulkan: “Terdapat bukti baru dan lebih kuat bahwa sebagian besar pemanasan yang diamati selama 50 tahun terakhir disebabkan oleh aktivitas-aktivitas manusia”.²⁰ Enam tahun kemudian, tahun 2007, IPCC menyimpulkan: “Pemanasan sistem global tidak diragukan lagi. Sebagian besar peningkatan yang diamati dalam suhu global rata-rata sejak pertengahan abad ke-20 sangat mungkin disebabkan oleh peningkatan yang diamati dalam konsentrasi gas-gas rumah kaca akibat aktivitas manusia (antropogenik).”²¹

Di tahun 2001 dan 2007 komunitas ilmiah merangkum pemahaman terbaik mengenai dampak-dampak dalam lima kategori: ekosistem yang terancam/spesies yang unik, episode ekstrem, luasnya pengaruh dari dampak, total dampak ekonomi, diskontinuitas skala besar. Pada diagram “bara yang membara,” tingkat kemerahannya menunjukkan derajat perhatian kita mengenai dampak yang sedang diamati (lihat Figur FA.5). Membandingkan kolom B di sebelah kiri dan kanan dari tampilan panel menunjukkan bagaimana perubahan di dalam

Figur FA.4 Pelelehan lapisan es Greenland



Permulaan pelelehan musiman ($\times 1000 \text{ km}^2$)



Sumber: Panel atas: Diadaptasi dari ACIA 2005 dan Cooperative Institute for Environmental Sciences (CIRES), <http://cires.colorado.edu/steffen/greenland/melt2005/> (diakses Juli 2009). Panel bawah: Diolah dari Mote 2007.

Catatan: Area berwarna oranye pada peta Greenland menunjukkan perluasan pelelehan es, yang telah meningkat secara drastis di tahun terakhir. Sepuluh persen lebih es telah hilang pada 2007 dibandingkan dengan 2005. Grafik batang menunjukkan selain variasi penutupan es tahunan, kehilangan yang signifikan terjadi pada lebih dari satu dekade.

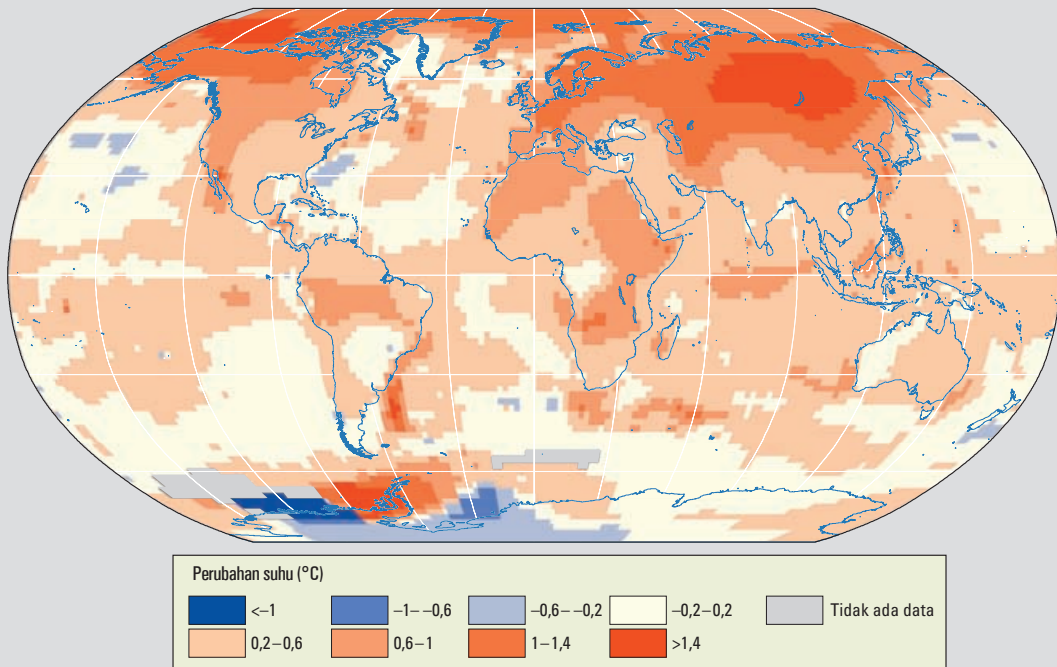
informasi tersedia paling baik dari 2001 hingga 2007 menggerakkan daerah berwarna merahnya lebih dekat ke garis nol derajat untuk episode-episode ekstrem—ini berarti pada suhu global saat ini, episode-episode ekstrem telah meningkat frekuensinya. Perbandingan kedua kolom E menunjukkan ancaman dari kejadian-kejadian diskontinu, seperti perubahan sistem distribusi panas conveyor-belt lautan atau kekacauan luar biasa di Arktik yang menyebabkan pelepasan gas metana

secara besar-besaran, akan menjadi jauh lebih besar jika dunia ini menjadi lebih panas 2°C dari tingkatan hari ini.

Sejak finalisasi dari laporan penilaian IPCC keempat tahun 2007, informasi baru telah memperdalam lagi pemahaman ilmiah kita. Observasi yang lebih mutakhir mengenai perubahan-perubahan terbaru dalam iklim, atribusi yang lebih baik pada perubahan iklim yang diamati pada faktor-faktor kausal alamiah maupun yang

Peta FA.1 Variasi regional dalam tren iklim global selama lebih dari 30 tahun terakhir

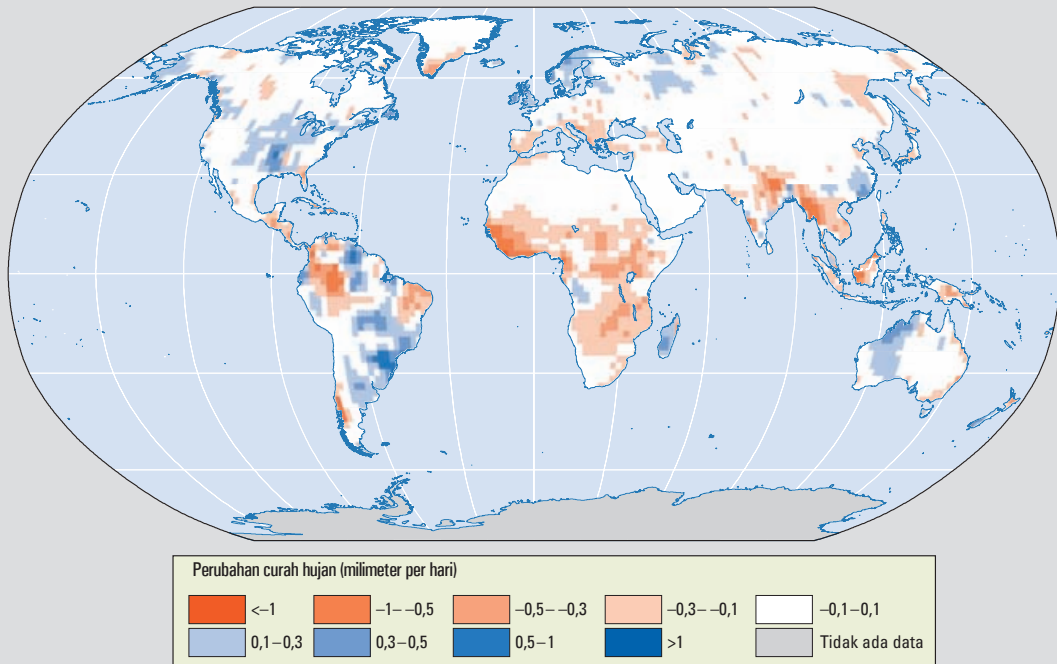
a. Suhu



Sumber: Goddard Institute for Space Studies, http://data.giss.nasa.gov/cgi-bin/gistemp/do_nmap.py?year_last=07&sat=4&sst=1&type=anoms&mean_gen=07&year1=1990&year2=2008&base1=1951&base2=1980&radius=1200&pol=reg (diakses Juli 2009).

Catatan: Warna kuning, oranye, dan merah menandakan kenaikan rata-rata suhu (°C) dari 1980 sampai saat ini dibandingkan dengan tiga dekade sebelumnya. Pemanasan menjadi yang terpanas pada lintang yang lebih tinggi, terutama di Hemisfer bagian Utara.

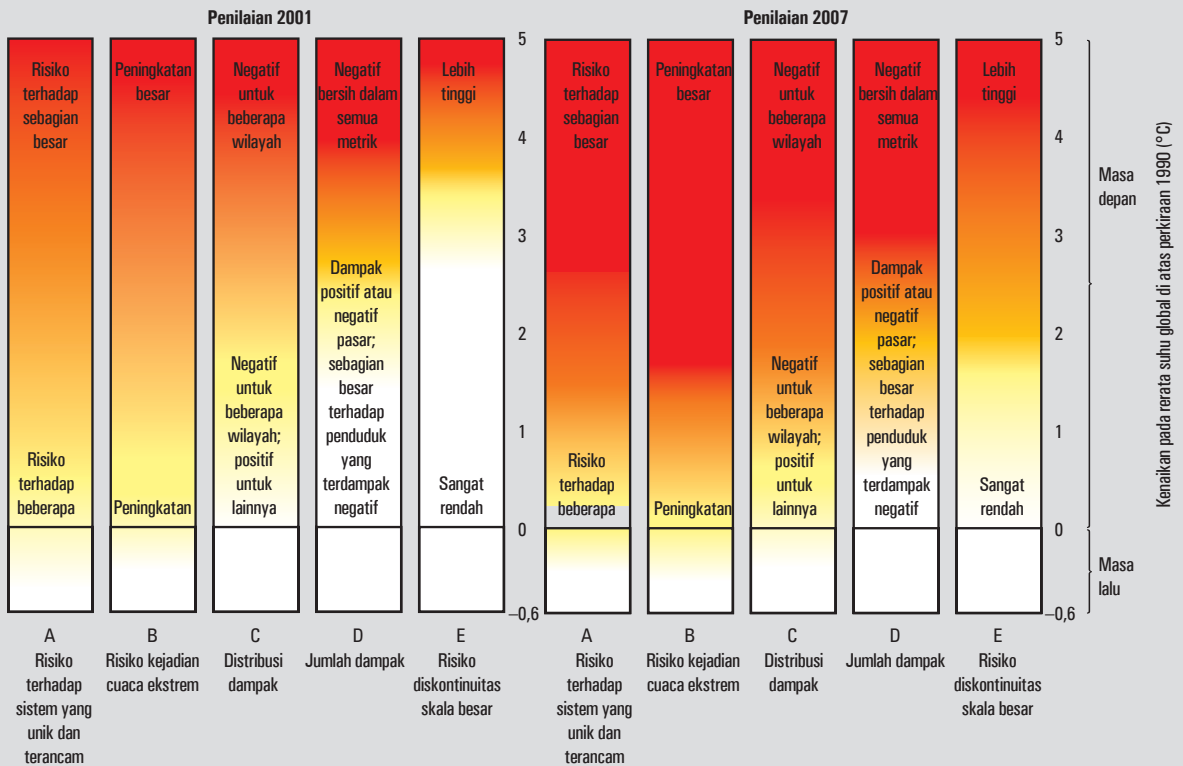
b. Curah hujan



Sumber: Goddard Institute for Space Studies, http://data.giss.nasa.gov/cgi-bin/precipcrui/do_PRCmap.py?type=1&mean_gen=0112&year1=1980&year2=2000&base1=1951&base2=1980 (diakses Mei 2009).

Catatan: Warna oranye menandakan penurunan curah hujan dalam milimeter per hari; biru menandakan peningkatan dari tahun 1980 sampai saat ini dibandingkan dengan tiga dekade sebelumnya. Kejadian kekeringan adalah yang terburuk pada interior benua, sedangkan curah hujan menjadi lebih sering di beberapa area pesisir pantai. Perubahan distribusi geografis curah hujan mempunyai implikasi serius terhadap pertanian.

Figur FA.5 Bara terbakar semakin panas: Penilaian terhadap risiko-risiko dan kerusakan-kerusakan telah meningkat dari 2001 ke 2007



Sumber: Diolah dari Smith dkk. 2009.

Catatan: Figur menunjukkan risiko dari perubahan iklim, seperti yang dijabarkan pada 2001 (kiri) dibandingkan dengan data terkini (kanan). Konsekuensi-konsekuensi perubahan iklim ditunjukkan dengan bentuk batang dan peningkatan dalam rerata suhu global (°C) di atas level saat ini (0 derajat sampai 5 derajat). Setiap kolom terhubung dengan macam dampak yang spesifik. Sebagai contoh, "sistem yang unik dan terancam," seperti padang rumput alpen atau ekosistem arktik, adalah yang paling rentan (dilustrasikan oleh pewarnaan pada kolom A) dan hanya perubahan kecil dalam suhu mungkin mengakibatkan kehilangan yang besar. Warna pada skema menunjukkan tingkat kenaikan secara progresif dari kuning menuju merah. Antara 1900 dan 200, rata-rata suhu global meningkat ~0,6°C (dan mendekati 0,2°C pada dekade ini menyebabkan) dan telah menyebabkan beberapa dampak. Sejak 2001, penilaian risiko kerusakan telah ditingkatkan bahkan untuk suhu dengan tambahan 1°C di atas tingkat saat ini, atau sekitar 2°C di atas total tingkat praindustri.

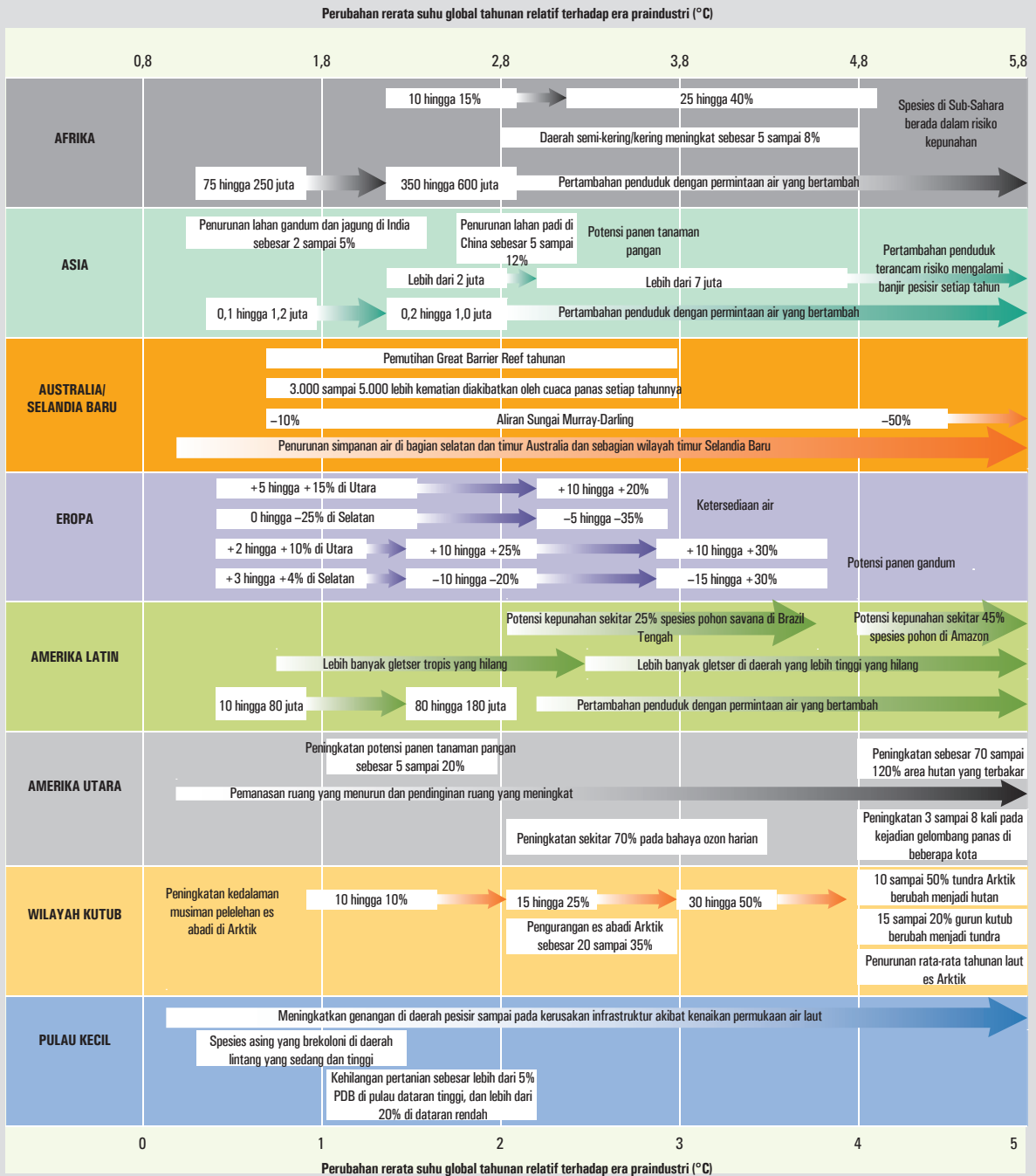
disebabkan manusia, peningkatan pemahaman mengenai umpan balik siklus karbon, dan proyeksi-proyeksi baru dari perubahan-perubahan di masa mendatang dalam peristiwa-peristiwa cuaca ekstrem dan potensi terjadinya perubahan yang sangat merusak.²² Banyak risiko sekarang dinilai lebih besar daripada yang disangka sebelumnya, khususnya risiko meningkatnya permukaan laut secara besar-besaran dalam abad sekarang, dan juga risiko dari peningkatan dalam peristiwa-peristiwa cuaca yang ekstrem.

Perubahan-perubahan di masa depan jika suhu meningkat melebihi 2°C

Dampak-dampak fisik dari perubahan iklim masa depan terhadap manusia dan lingkungan akan meliputi tekanan yang meningkat pada ekosistem dan bahkan kehancuran ekosistem itu sendiri, hilangnya keragaman hayati, waktu musim tanam yang berubah-ubah, erosi pantai dan salinisasi akuifer, pelelehan es abadi, asidifikasi lautan²³ dan bergesernya daerah berkembangnya berbagai wabah dan penyakit. Dampak-dampaknya ditunjukkan untuk berbagai suhu dan

kawasan di dunia dalam Figur FA.6. Efek fisik dari perubahan iklim di masa depan akan memberikan dampak yang bervariasi pada masyarakat dan lingkungan pada penambahan suhu yang berbeda dan lokasi yang berbeda pula (lihat Figur FA.6). Jika suhu mencapai 2°C di atas tingkat praindustri, ketersediaan air akan menjadi berkurang untuk tambahan masyarakat sebanyak 0,4–1,7 miliar jiwa di daerah lintang menengah dan daerah lintang yang rendah tetapi beriklim semi-kering. Sekitar seperempat spesies tanaman dan hewan seperti akan mengalami

Figur FA.6 Dampak terproyeksi perubahan iklim dengan wilayah



Sumber: Diadaptasi dari Parry dkk. 2007.

peningkatan risiko menuju kepunahan (lihat Fokus B).²⁴ Komunitas akan lebih menderita karena tekanan panas, dan daerah pesisir akan lebih sering mengalami banjir.²⁵

Bagaimana jika suhu meningkat hingga 5°C di atas tingkat praindustri? Akan ada 3 miliar orang baru yang akan mengalami kesulitan air, terumbu karang hampir semuanya

akan mati, sekitar 50 persen spesies di seluruh dunia akan mengalami kepunahan, produktivitas tanaman di zona iklim subtropis dan tropis akan jatuh, sekitar 30 persen lahan

KOTAK FA.2 *Kesehatan lautan: Terumbu karang dan asidifikasi lautan*

Lautan akan menjadi semakin asam dalam beberapa dekade dan abad mendatang sebagai konsekuensi kimiawi langsung dari meningkatnya konsentrasi CO₂ di atmosfer. Penyerapan sekitar sepertiga dari emisi CO₂ akibat aktivitas manusia selama 200 tahun terakhir telah mengurangi pH permukaan air laut sebesar 0,1 unit (pH, ukuran derajat keasaman atau kebasaan, diukur pada skala logaritma dan berkurangnya 0,1 pH berarti kenaikan 30 persen dalam keasaman lautan). Turunnya pH yang diproyeksikan dari permukaan lautan selama 100 tahun ke depan bervariasi dari 0,3 sampai 0,5 unit, yang berarti lautan akan menjadi jauh lebih asam daripada kondisinya selama puluhan juta tahun.^a Salah satu implikasi terpenting dari perubahan keasaman lautan adalah masalah yang akan menyerang berbagai binatang dan organisme fotosintetik lautan, seperti koral, bivalvia, dan beberapa spesies plankton yang membuat cangkangnya dari kalsium karbonat (CaCO₃). Proses “kalsifikasi” ini akan berkurang seiring air laut menjadi semakin asam (kurang basa). Beberapa bentuk kehidupan yang paling melimpah yang akan terpengaruh adalah plankton yang menjadi dasar dari rantai makanan dan juga sumber makanan utama bagi ikan dan mamalia laut. Dari bukti-bukti yang ada,

terdapat ketidakpastian yang besar mengenai apakah spesies, komunitas, dan ekosistem laut akan mampu menyesuaikan diri atau berevolusi sebagai respons terhadap perubahan dalam kondisi kimiawi lautan. Pada tahapan ini, penelitian mengenai dampak-dampak tingginya konsentrasi CO₂ di lautan masih sangat dini.

Untuk terumbu karang, konsekuensi buruknya sudah mulai terlihat. Terumbu karang termasuk ekosistem laut yang paling rentan terhadap perubahan iklim dan komposisi atmosfer dan terancam oleh kombinasi dampak manusia dan perubahan iklim global. Kehilangan terumbu karang akan secara langsung memengaruhi jutaan manusia. Terumbu karang, baik yang ada di daerah tropis maupun di perairan dalam dan dingin, adalah pusat-pusat keragaman hayati global. Mereka menghasilkan barang dan layanan senilai sekitar \$375 miliar per tahun bagi hampir 500 juta orang. Sekitar 30 juta masyarakat termiskin di dunia bergantung pada ekosistem terumbu karang untuk mendapatkan makanan.

Terumbu karang telah sangat mendapatkan tekanan dari segi kesanggupan termalnya oleh naiknya suhu belakangan ini. Semakin tingginya suhu permukaan laut akan semakin memberikan tekanan pada terumbu

karang dan menyebabkan pemutihan karang (rusaknya atau matinya alga simbiotik), yang akan menghasilkan kematian terumbu karang berskala besar. Suatu “titik kritis” ekologis akan terlampaui dalam berbagai bidang jika suhu lautan akan meningkat lebih dari 2°C di atas tingkat praindustri, khususnya karena asidifikasi lautan meningkatkan konsentrasi karbon, menghambat akresi terumbu karang. Jika terumbu karang mati, makroalga akan menguasai terumbu karang yang mati tersebut dan menghambat pertumbuhan kembali dari terumbu karang itu. Pengelolaan yang buruk dapat membuat dinamika ini semakin dahsyat, karena penangkapan ikan karang herbivora yang berlebihan akan membuat makroalga semakin melimpah, serta sedimen dan limpasan nutrisi dari tanah akibat deforestasi dan praktik-praktik pertanian yang buruk akan mendorong pertumbuhan makroalga dan memperparah kerusakan terumbu karang.

Sumber: Barange dan Perry 2008; Doney 2006; Fabry dkk. 2008; Wilkinson 2008.

a. Deklarasi Monako, <http://ioc3.unesco.org/oanet/Symposium2008/MonacoDeclaration.pdf> (diakses Mei 2009).

basah pesisir akan terbanjiri, dan dunia akan menyaksikan peningkatan permukaan laut setinggi beberapa meter, dan akan muncul beban yang cukup besar pada sistem-sistem kesehatan akibat meningkatnya malnutrisi, penyakit diare, jantung dan pernapasan.²⁶ Ekosistem-ekosistem daratan diperkirakan akan bergeser dari menjadi “tempat simpanan” karbon menjadi sumber karbon; entah sebagai karbon dioksida atau sebagai metana, akan mempercepat pemanasan global lebih lanjut lagi.²⁷ Banyak negara pulau kecil dan dataran pesisir akan terbanjiri oleh serangan badai dan kenaikan permukaan air laut seiring banyak permukaan es yang besar akan meleleh, dan cara-

cara tradisional untuk bertahan hidup dari penduduk di Arktik akan hilang karena es di laut akan juga menghilang.

Bukti yang paling baru menunjukkan bahwa hilangnya permukaan es di laut, pelelehan permukaan es di Greenland dan Antartika, laju kenaikan permukaan laut, serta pelelehan es abadi dan gletser pegunungan, semuanya lebih cepat daripada yang diperkirakan ketika laporan IPCC 2007 telah lengkap. Analisis-analisis baru menunjukkan bahwa kekeringan di Afrika Barat²⁹ dan pengeringan dari hutan hujan tropis Amazon³⁰ akan lebih mungkin terjadi daripada yang sebelumnya diperkirakan.³¹

Meskipun ketidakpastian ilmiah sering digunakan sebagai alasan untuk menunggu lebih banyak bukti lagi sebelum bertindak untuk mengendalikan perubahan iklim, kejutan-kejutan yang baru ini seluruhnya menunjukkan fakta bahwa ketidakpastian dapat memotong cara lainnya juga dan hasil-hasilnya nanti akan menjadi lebih buruk daripada yang diperkirakan. Sebagaimana dibahas dalam bagian Gambaran Umum dan Bab 1, keberadaan dari ketidakpastian membutuhkan suatu pendekatan yang sifatnya mencegah terhadap perubahan iklim, karena adanya potensi dampak-dampak yang tidak dapat dibalikkan dan juga inersia dari sistem iklim, dalam perputaran

infrastruktur dan teknologi, dan juga dalam sistem-sistem sosial ekonomi.

Melintasi batas-batas?

Dampak-dampak ini tidak sepenuhnya mencakup kemungkinan dan ketidakpastian dalam episode-episode ekstrem atau batasan-batasan dari peristiwa yang sangat merusak dan tidak dapat dibalikkan. Meskipun perubahan iklim sering kali dicirikan sebagai suatu peningkatan bertahap dalam suhu rata-rata global, penggambaran ini sebenarnya tidaklah memadai dan justru mengelabui, setidaknya dalam dua cara.

Pertama, catatan historis dan paleoklimatik menunjukkan bahwa perubahan yang diproyeksikan dalam iklim akan mungkin terjadi dalam bentuk loncatan dan pergeseran, alih-alih secara bertahap. Sebagaimana telah disebutkan, Permukaan es Greenland dan Antartika Barat khususnya mendapatkan risiko dari pemanasan global dan tampaknya terdapat mekanisme yang dapat menyebabkan perubahan yang besar dan cepat dalam jumlah es yang disimpan di sana.³² Hal ini penting karena jika es di sana hilang total, maka permukaan air laut pada akhirnya akan naik setinggi 12 meter. Beberapa analisis menyebutkan bahwa proses ini akan berlangsung secara perlahan dalam dunia yang semakin memanas, dalam waktu beberapa ribu tahun atau bahkan lebih. Namun, penelitian terakhir menunjukkan bahwa, karena es tersebut kebanyakan berada di bawah permukaan laut dan dikelilingi oleh air yang lebih hangat, maka pelelehannya akan terjadi jauh lebih cepat, mungkin dalam satu atau dua abad mendatang.³³ Pelelehan yang

akan berlangsung jauh lebih cepat dari salah satu atau dua permukaan es ini, dengan perubahan yang terkait dalam sirkulasi lautan, hanyalah satu dari beberapa kemungkinan “titik yang tidak dapat berbalik” dalam sistem iklim dari dunia yang memanas, di mana perubahan terjadi melewati titik tak dapat berbalik lagi—salah satu di mana sistem akan bergeser ke dislokasi sosial maupun lingkungan yang lebih meningkat secara langsung.³⁴

Kedua, tidak seorang pun hidup di dalam suhu rata-rata global. Dampak perubahan iklim akan berbeda nyata antara wilayah yang satu dengan yang lainnya dan seringnya berinteraksi dengan tekanan-tekanan lingkungan yang lain. Sebagai contoh, penguapan dan curah hujan meningkat dan akan terus meningkat di seluruh dunia, tetapi, karena sirkulasi atmosfer mengalami pergeseran, perubahannya akan berbeda-beda secara regional, sedemikian hingga beberapa tempat akan mengalami lebih banyak hujan dan beberapa lainnya lebih jarang. Di antara konsekuensi tambahan yang mungkin adalah pergeseran dalam jalur badai, lebih banyak angin topan tropis yang kuat dan peristiwa hujan yang ekstrem, garis salju yang lebih tinggi yang menyebabkan kurangnya pembentukan salju di musim semi, menghilangnya gletser-gletser di daerah pegunungan,³⁵ berkurangnya tutupan salju dan permukaan es di musim dingin, penguapan yang lebih cepat dari kelembapan tanah yang menyebabkan kekeringan dan kebakaran hutan yang jauh lebih sering dan intens, tutupan es abadi yang berkurang, dan serangan polusi udara yang kian sering. Pergeseran

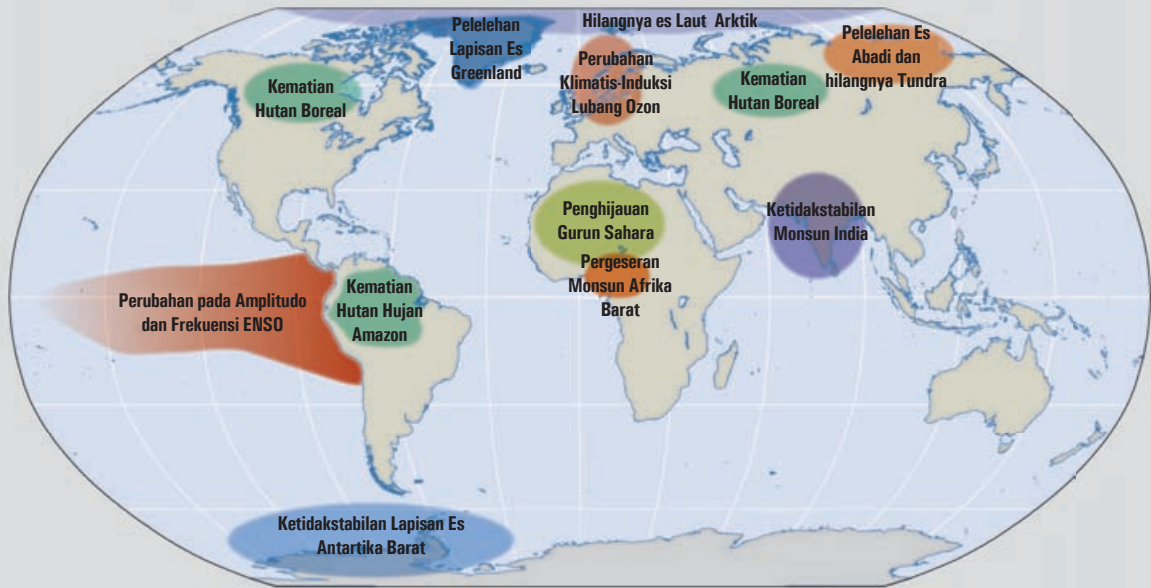
dalam waktu dan pola-pola dari osilasi monsun dan atmosfer-kelautan di dunia (seperti El Niño/Southern Oscillation dan North Atlantic Oscillation) juga menjadi mungkin. Peta FA.2 dan Tabel FA.1 menunjukkan beberapa titik kritis yang mungkin terjadi, lokasi terjadinya, dan pada suhu berapa hal tersebut akan terjadi beserta dengan dampak-dampaknya.

Dapatkah kita mengupayakan pemanasan hingga 2°C saja, dan menghindari pemanasan sebesar 5°C atau lebih?

Banyak penelitian menyimpulkan bahwa dengan membuat konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer stabil pada 450 bpj CO₂ atau ekuivalennya hanya akan menghasilkan peluang sebesar 40–50 persen untuk membatasi peningkatan suhu rata-rata global hingga 2°C di atas tingkat praindustri.³⁶ Ada banyak jalur emisi yang dapat membawa kita ke sana, tetapi semua mengharuskan emisinya memuncak di dekade mendatang dan kemudian menurun di seluruh dunia menjadi setengah dari yang sekarang pada tahun 2050, dengan reduksi emisi yang lebih banyak lagi setelahnya. Akan tetapi, untuk keyakinan yang lebih besar bahwa suatu nilai suhu tertentu tidak akan terlampaui, maka reduksi emisinya harus lebih besar lagi untuk meningkatkan peluangnya. Sebagaimana ditunjukkan pada Figur FA.7c, “dugaan terbaik” kita yaitu jalur 2 derajat tidak dapat mengabaikan kemungkinan kita mencapai 4°C.

Jalan berpikir yang lebih rumit adalah dalam kerangka anggaran emisi. Menjaga pemanasan akibat CO₂

Peta FA.2 Titik elemen potensial dalam sistem iklim: Distribusi global



Sumber: Diadaptasi dari Lenton dkk. 2008.

Catatan: Beberapa gambaran skala regional sistem mempunyai titik kritis, berarti bahwa gangguan iklim walaupun kecil pada titik kritis dapat memicu pergeseran yang mendadak atau tak terbalikkan pada sistem. Hal ini dapat terpicu pada abad ini bergantung pada laju dan besaran perubahan iklim.

Tabel FA.1 Elemen-elemen penting yang potensial dalam sistem iklim: Pemicu, skala waktu, dan dampak

Elemen penting	Tingkat pemanasan yang dapat		Dampak penting
	memicu	Transisi skala waktu	
Hilangnya es laut musim panas Arktik	+0,5–2°C	~ 10 tahun (cepat)	Pemanasan yang menguat, perubahan ekosistem
Pelelehan lapisan es Greenland	+1–2°C	> 300 tahun (lambat)	Peningkatan permukaan air laut 2–7 meter
Pelelehan lapisan es Antartika Barat	+3–5°C	> 300 tahun (lambat)	Peningkatan permukaan air laut 5 meter
Kegagalan sirkulasi termohalin Atlantik	+3–5°C	~ 100 tahun (bertahap)	Pendinginan regional di Eropa
Kegigihan El Niño-Southern Oscillation (ENSO)	+3–6°C	~ 100 tahun (bertahap)	Kekeringan di Asia Tenggara dan lainnya
Monsun musim panas di India	N/A	~ 1 tahun (cepat)	Kekeringan
Sahel/Sahara dan Monsun Afrika Barat	+3–5°C	~ 10 tahun	Kapasitas pembawa yang meningkat
Pengeringan dan kematian hutan hujan Amazon	+3–4°C	~ 50 tahun (bertahap)	Kehilangan keragaman hayati, curah hujan yang berkurang
Pergeseran hutan boreal ke arah utara	+3–5°C	~ 50 tahun	Pertukaran bioma
Pemanasan air bagian bawah Antartika	Belum jelas	~ 100 tahun (bertahap)	Sirkulasi laut yang berubah, simpanan karbon yang berkurang
Pelelehan tundra	Sedang berlangsung	~ 100 tahun (bertahap)	Pemanasan yang menguat, pertukaran bioma
Pelelehan es abadi	Sedang berlangsung	< 100 tahun (bertahap)	Pemanasan yang diperkuat dari pelepasan metana dan karbon dioksida
Pelepasan hidrat metan lautan	Belum jelas	1.000 sampai 10.000 tahun	Pemanasan yang diperkuat dari pelepasan metana

Sumber: Diadaptasi dari Lenton dkk. 2008.

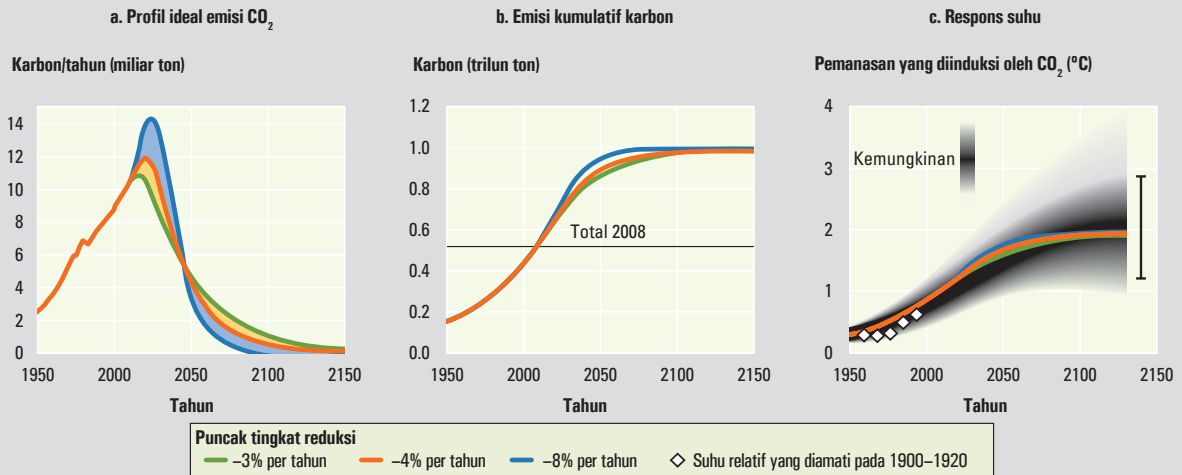
Catatan: Pendapat-pendapat ahli tentang kemungkinan melewati titik kritis dalam sebuah bagian sistem-sistem ini—pelelehan lapisan es Antartika Barat, pelelehan lapisan es Greenland, pengeringan Amazon, dan sirkulasi laut (Kriegler dkk. 2009)—diperkirakan sekitar 16 persen kemungkinan dari kejadian ini untuk pemanasan 2–4°C. Kemungkinan tersebut akan meningkat lebih dari 50 persen untuk perubahan rerata suhu global di atas 4°C relatif pada tingkat di tahun 2000. Pada beberapa kasus, jumlah ini dipertimbangkan lebih tinggi daripada kemungkinan yang dialokasikan untuk kejadian-kejadian yang merusak dalam penilaian kerusakan iklim saat ini; contohnya, Stern (2007) memperkirakan 5–20 persen kehilangan lapisan es dengan kemungkinan sebesar 10 persen untuk pemanasan 5°C.

saja pada batas 2°C akan memerlukan membatasi emisi kumulatif CO₂ sebesar 1 triliun ton (Tt) karbon (3,7 Tt CO₂).³⁷ Dunia telah mengemisikan

setengah dari jumlah itu selama dua setengah abad terakhir ini. Untuk abad ke-21, jalur “bisnis-seperti-biasanya” akan melepaskan setengah

triliun ton sisanya dalam waktu 40 tahun, membutuhkan beberapa generasi mendatang untuk hidup di dunia bebas karbon.

Figur FA.7 Cara-cara untuk membatasi pemanasan pada 2°C di atas tingkat praindustri



Sumber: Allen dkk. 2009a.

Catatan: Tiga jalur ideal CO₂ (FA.7a), masing-masing konsisten dengan emisi kumulatif total (b) dari 1 triliun ton karbon. Masing-masing jalur mencapai jangkaan yang sama dalam peningkatan suhu yang diproyeksikan (c) relatif terhadap ketidakpastian respons sistem iklim (arsir abu-abu dan garis merah), digambarkan bahwa kumulatif total tidak terpengaruh. Kurva biru, hijau, dan merah di FA.7a semuanya konsisten dengan anggaran 1 triliun ton, tetapi puncak emisi yang lebih tinggi dan lebih akhir, semakin cepat emisi harus menurun untuk bertahan pada anggaran emisi kumulatif yang sama. Titik-titik pada FA.7c mengindikasikan suhu relatif yang diamati pada 1900–1920. Sementara 2°C merupakan hasil yang diyakini, suhu meningkat sebesar 4° di atas tingkat praindustri tidak dapat dikelola.

Konsep anggaran kumulatif memberikan kerangka berpikir mengenai sasaran untuk jangka pendek dan panjang. Sebagai contoh, semakin tinggi emisi pada tahun 2020, maka emisi di tahun 2050 harus semakin rendah agar dapat menjaga anggaran yang sama. Jika emisi karbon diizinkan untuk meningkat sebanyak 20–40 persen lagi sebelum reduksi dilakukan, maka laju penurunannya haruslah berada antara 4 persen (jalur oranye dalam gambar FA.7a) dan 8 persen (jalur biru) setiap tahunnya agar dapat berada dalam anggaran karbonnya. Sebagai perbandingan, di Kyoto, negara-negara kaya sepakat untuk mengurangi emisi sebesar 5,2 persen secara rata-rata dari tingkat pada tahun 1990 selama periode 2008–12 tahun, sementara seluruh dunia perlu mengurangi emisi sebesar 4–8 persen setiap tahunnya tanpa kecuali, agar pemanasan global dapat dijaga hingga mencapai 2°C saja.

Pemanasan akibat gas-gas rumah kaca lainnya, seperti metana, karbon hitam, dan nitrogen

oksida—yang sekarang menyumbang sekitar 25 persen dari pemanasan total—berarti mungkin diperlukan batasan CO₂ yang lebih rendah untuk mencegah pemanasan sebesar 2°C dari aktivitas-aktivitas manusia. Gas-gas ini dapat setara dengan 125 miliar dari 500 miliar ton sisa CO₂ dalam anggaran emisi kita, yang berarti bahwa karbon dioksida yang boleh diemisikan sesungguhnya hanyalah total 375 miliar ton.³⁸ Upaya-upaya jangka pendek yang mengurangi emisi gas-gas yang sangat berpengaruh tetapi berusia pendek pada sampai 2020, seperti metana dan karbon hitam atau ozon troposfer, akan menghambat laju pemanasan. Bahkan, mengurangi karbon hitam sebesar 50 persen atau ozon sebesar 70 persen,³⁹ dan menghentikan deforestasi masing-masing adalah tindakan yang ekuivalen dengan emisi-emisi dari satu dekade emisi bahan bakar fosil dan akan membantu membatasi pemanasan global seiring dengan reduksi dalam emisi CO₂. Untuk benar-benar mengurangi

risiko pemanasan yang berlebihan, kita mungkin perlu juga beralih ke emisi negatif. Untuk mencapai hal ini—yakni tidak menghasilkan emisi netto dan juga mengambil CO₂ dari atmosfer—mungkin membutuhkan teknologi bahan bakar biomassa generasi kedua untuk memasok kebutuhan energi, dilanjutkan dengan penguraian karbon (lihat Bab 4).

Catatan

1. IPCC 2007 b. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) dibentuk tahun 1988 sebagai upaya bersama dari World Meteorological Organization dan UN Environment Programme untuk merangkum keadaan pengetahuan ilmiah mengenai perubahan iklim dalam serangkaian penilaian-penilaian besar secara periodik. Penilaian yang pertama diselesaikan tahun 1990, yang kedua tahun 1995, yang ketiga tahun 2001, dan yang keempat tahun 2007.

2. Raupach dkk. 2007.

3. http://unfccc.int/essential_background/convention/background/items/1353.php (diakses 30 Agustus 2009).
4. Smith dkk. 2009.
5. Parry dkk. 2007.
6. Peningkatan suhu di daerah kutub kira-kira akan bernilai dua kali lipat dari rata-rata global.
7. Schneider von Deimling dkk. 2006.
8. Peningkatan yang teramati telah mencapai rata-rata sekitar $0,2^{\circ}\text{C}$ per dekade sejak 1990, yang memberikan keyakinan pada kami mengenai proyeksi-proyeksi di masa mendatang. Lihat IPCC 2007a, tabel 3.1, yang memberikan kisaran sebesar $0,1-0,6^{\circ}\text{C}$ per dekade pada semua skenario yang ada.
9. Menurut estimasi terkini dari World Meteorological Organization, nilai konsentrasi CO_2 rata-rata tahun 2008 adalah 387 bpj. Konsentrasi metana dan nitrogen oksida juga telah meningkat, mencapai rekor sebesar 1,789 dan 321 bpm (bagian per miliar). Konsentrasi ekuivalen karbon dioksida (CO_2e) adalah suatu besaran yang menjelaskan, untuk suatu campuran dan jumlah dari gas-gas rumah kaca, jumlah CO_2 yang akan memberikan dampak potensial yang sama terhadap pemanasan global yang diukur sepanjang suatu periode yang ditentukan. Sebagai contoh, untuk massa gas yang sama, Global Warming Potential (GWP) untuk metana selama periode 100 tahun adalah 25, dan untuk nitrogen oksida adalah 298. Ini berarti emisi metana dan nitrogen oksida masing-masing sebanyak 1 metrik ton akan menyebabkan efek pemanasan yang sama dengan emisi karbon dioksida sebanyak 25 dan 298 metrik ton. Untungnya, massa dari emisi gas-gas ini tidaklah sebesar CO_2 , sehingga efek pemanasan efektifnya lebih sedikit. Akan tetapi perhatikan bahwa sepanjang periode yang berbeda-beda, GWP ini nilainya dapat berubah-ubah; misalnya, GWP jangka pendek (2 tahun) untuk metana adalah 75, yang menandakan bahwa untuk periode waktu yang singkat, emisi metana sangatlah penting, dan mengendalikan emisi metana akan sangat membantu dalam menghambat perubahan iklim.
10. Senyawa-senyawa halokarbon adalah zat-zat kimia yang mengandung atom-atom karbon yang berikatan dengan atom-atom halogen (fluorin, klorin, bromin, dan iodin). Senyawa-senyawa ini cenderung sangat sukar terurai dan non-reaktif. Hingga pada saat senyawa-senyawa ini dilarang demi menjaga lapisan ozon, banyak senyawa seperti itu yang digunakan sebagai refrigeran dan untuk bahan insulasi. Oleh karena senyawa-senyawa ini juga berkontribusi terhadap pemanasan global, pelarangannya di bawah Montreal Protocol dan amandemen-amandemen selanjutnya telah membantu membatasi pemanasan global (bahkan lebih daripada Protokol Kyoto). Meskipun senyawa-senyawa penggantinya yang berkontribusi lebih sedikit terhadap pemanasan global dan kerusakan lapisan ozon, penggunaannya secara berlebihan akan dapat menimbulkan efek pemanasan yang cukup signifikan seiring dengan waktu, sehingga emisi dari senyawa-senyawa semacam ini harus dikurangi sepanjang dekade-dekade mendatang.
11. Penguraian partikel-partikel sulfat secara alamiah dari atmosfer selama beberapa minggu setelah partikel-partikel tersebut dibentuk adalah kontributor utama terhadap asidifikasi hujan (hujan asam), yang mengurangi kesuburan tanah, merusak tumbuhan dan gedung, dan mengganggu kesehatan manusia.
12. Forster dkk. 2007.
13. Adger dkk. 2008; SEG 2007.
14. Millennium Ecosystem Assessment 2005. Perubahan-perubahan yang tampaknya kontradiktif ini memungkinkan karena, seiring suhu meningkat, baik penguapan maupun kapasitas atmosfer untuk menyimpan uap air meningkat. Dengan meningkatnya jumlah uap air di atmosfer, hujan konvektif menjadi lebih deras, dan lebih sering menimbulkan banjir. Pada saat yang bersamaan, suhu tinggi akan mempercepat penguapan dari tanah, sehingga mempercepat pengikisan kelembapan air dan mempercepat munculnya kekeringan. Akibatnya, suatu daerah akan dapat mengalami banjir yang lebih parah dan juga kekeringan yang lebih dahsyat pada saat yang tidak bersamaan.
15. Webster dkk. 2005.
16. Melelehnya salju dan es di tempat-tempat dengan lintang yang besar mengarah pada “amplifikasi kutub” dari peningkatan suhu dengan cara menggantikan permukaan reflektif dengan tanah yang gelap atau perairan terbuka, keduanya menyerap panas dan menciptakan umpan balik positif yang mempercepat pemanasan atau pelelehan.
17. Allison dkk. 2005.
18. Parry dkk. 2007.
19. IPCC 1995.
20. IPCC 2001.

21. IPCC 2007a. "Sangat mungkin" digunakan oleh IPCC untuk menunjukkan kepastian lebih besar dari 90 persen.
22. Füssel 2008; Ramanathan dan Feng 2008.
23. Brewer dan Peltzer 2009; McNeil dan Matear 2008; Silverman dkk. 2009.
24. Parry dkk. 2007.
25. Parry dkk. 2007, Tabel TS3.
26. Battisti dan Naylor 2009; Lobell dan Field 2007.
27. Global Forest Expert Panel on Adaptation of Forests to Climate Change 2009.
28. US National Snow and Ice Data Center, <http://nsidc.org> (diakses Agustus 2009); Füssel 2008; Rahmstorf 2007.
29. Shanahan dkk. 2009.
30. Phillips dkk. 2009.
31. Allan dan Soden 2008.
32. Rignot dan Kanagaratnam 2006; Steffensen dkk. 2008.
33. Füssel 2008.
34. Lenton dkk. 2008.
35. UNEP-WGMS 2008.
36. Lihat juga pembahasan pada bagian Gambaran Umum dan di Bab 4.
37. Allen dkk. 2009b.
38. Meinshausen dkk. 2009.
39. Wallack dan Ramanathan 2009.
- Allan, R. P., dan B. J. Soden. 2008. "Atmospheric Warming and the Amplification of Precipitation Extremes." *Science* 321 (5895): 1481–84.
- Allen, M., D. Frame, K. Frieler, W. Hare, C. Huntingford, C. Jones, R. Knutti, J. Lowe, M. Meinshausen, dan S. Raper. 2009a. "The Exit Strategy." *Nature Reports Climate Change* 3: 56–58.
- Allen, M., D. J. Frame, C. Huntingford, C. D. Jones, J. A. Lowe, M. Meinshausen, dan N. Meinshausen. 2009b. "Warming Caused by Cumulative Carbon Emissions towards the Trillionth Tonne." *Nature* 458: 1163–66.
- Allison, E. H., W. N. Adger, M. Budgeck, K. Brown, D. Conway, N. K. Dulvy, A. S. Halls, A. Perry, dan J. D. Reynolds. 2005. *Effects of Climate Change on the Sustainability of Capture and Enhancement Fisheries Important to the Poor: Analysis of the Vulnerability and Adaptability of Fisherfolk Living in Poverty*. London: UK. Department for International Development (DfID).
- Barange, M., dan R. I. Perry. 2008. "Physical and Ecological Impacts of Climate Change Relevant to Marine and Inland Capture Fisheries and Aquaculture." Paper presented at FAO conference on Climate Change and Fisheries and Aquaculture. Rome.
- Barker, T., I. Bashmakov, L. Bernstein, J. E. Bogner, P. R. Bosch, R. Dave, O. R. Davidson, B. S. Fisher, S. Gupta, K. Halsnaes, B. Heij, S. Khan, Ribeiro, S. Kobayashi, M. D. Levine, D. L. Martino, O. Masera, B. Metz, L. A. Meyer, G.-J. Nabuurs, A. Najam, N. Nakićenović, H.-H. Rogner, J. Roy, J. Sathaye, R. Schock, P. Shukla, R. E. H. Sims, P. Smith, D. A. Tirpak, D. Urge-Vorsatz, dan D. Zhou. 2007. "Technical Summary." Dalam *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, dan L. A. Meyer, (para editor). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Battisti, D. S., dan R. L. Naylor. 2009. "Historical Warnings of Future Food Insecurity with Unprecedented Seasonal Heat." *Science* 323 (5911): 240–44.
- Brewer, P. G., dan E. T. Peltzer. 2009. "Oceans: Limits to Marine Life." *Science* 324 (5925): 347–48.
- Canadell, J. G., C. Le Quere, M. R. Raupach, C. B. Field, E. T. Buitenhuis, P. Ciais, T. J. Conway, N. P. Gillett, R. A. Houghton, dan G. Marland. 2007. "Contributions to Accelerating Atmospheric CO₂ Growth from Economic Activity, Carbon Intensity, and Efficiency of Natural Sinks." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (47): 18866–70.
- Doney, S. C. 2006. "The Dangers of Ocean Acidification." *Scientific American* 294 (3): 58–65.
- Fabry, V. J., B. A. Seibel, R. A. Feely, dan J. C. Orr. 2008. "Impacts of Ocean Acidification on Marine Fauna and Ecosystem

Referensi

ACIA. 2005. *Arctic Climate Impact Assessment*. New York: Cambridge University Press.

Adger, W. N., S. Dessai, M. Goulden, M. Hulme, I. Lorenzoni, D. R. Nelson, L. O. Naess, J. Wolf, dan A. Wreford. 2008. "Are There Social Limits to Adaptation to Climate Change?" *Climatic Change* 93 (3–4): 335–54.

- Processes." *ICES Journal of Marine Sciences* 65 (3): 414–32.
- Fischlin, A., G. F. Midgley, J. T. Price, R. Leemans, B. Gopal, C. Turley, M. D. A. Rounsevell, O. P. Dube, J. Tarazona, dan A. A. Velichko. 2007. "Ecosystems, Their Properties, Goods and Services." In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, dan C. E. Hanson (para editor). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Forster, P., V. Ramaswamy, P. Artaxo, T. Bernsten, R. Betts, D. W. Fahey, J. Haywood, J. Lean, D. C. Lowe, G. Myhre, J. Nganga, R. Prinn, G. Raga, M. Schulz, dan R. Van Dorland. 2007. "Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing." Dalam *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, dan H. L. Miller (para editor). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Füssel, H. M. 2008. "The Risks of Climate Change: A Synthesis of New Scientific Knowledge Since the Finalization of the IPCC Fourth Assessment Report." Background note for the WDR 2010.
- Global Forest Expert Panel on Adaptation of Forests to Climate Change. 2009. *Adaptation of Forests and People to Climate Change: A Global Assessment Report*. Vienna: International Union of Forest Research Organizations.
- Houghton, R. A. 2003. "The Contemporary Carbon Cycle." In *Treatise on Geochemistry*, vol 8, *Biogeochemistry*, W. H. Schlesinger (editor). New York: Elsevier.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 1995. *Climate Change 1995: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II, and III to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC.
- . 2000. *IPCC Special Report: Methodological and Technological Issues in Technology Transfer—Summary for Policymakers*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- . 2001. *Climate Change 2001: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- . 2007a. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC.
- . 2007b. "Summary for Policymakers." Dalam *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, dan H. L. Miller (para editor). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Karl, T. R., J. M. Melillo, dan T. C. Peterson. 2009. *Global Climate Change Impacts in the United States*. Washington, DC: U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research.
- Kriegler, E., J. W. Hall, H. Held, R. Dawson, dan H. J. Schellnhuber. 2009. "Imprecise Probability Assessment of Tipping Points in the Climate System." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (13): 5041–46.
- Lenton, T. M., H. Held, E. Kriegler, J. W. Hall, W. Lucht, S. Rahmstorf, dan H. J. Schellnhuber. 2008. "Tipping Elements in the Earth's Climate System." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (6): 1786–93.
- Lobell, D. B., dan C. B. Field. 2007. "Global Scale Climate-Crop Yield Relationships and the Impacts of Recent Warming." *Environmental Research Letters* 2: 1–7.
- McNeil, B. I., dan R. J. Matear. 2008. "Southern Ocean Acidification: A Tipping Point at 450-ppm Atmospheric CO₂." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (48): 18860–64.

- Meinshausen, M., N. Meinshausen, W. Hare, S. C. B. Raper, K. Frieler, R. Knutti, D. J. Frame, dan M. R. Allen. 2009. "Greenhouse-Gas Emission Targets for Limiting Global Warming to 2°C." *Nature* 458 (7242): 1158–62.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis Report*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Mote, T. L. 2007. "Greenland Surface Melt Trends 1973–2007: Evidence of a Large Increase in 2007." *Geophysical Research Letters* 34 (22): L22507–doi:10.1029/2007GL031976.
- Parry, M., O. F. Canziani, J. P. Palutikof, dan Co-authors. 2007. "Technical Summary." Dalam *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, dan C. E. Hanson (para editor). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Phillips, O. L., L. E. O. C. Aragao, S. L. Lewis, J. B. Fisher, J. Lloyd, G. Lopez-Gonzalez, Y. Malhi, A. Monteagudo, J. Peacock, C. A. Quesada, G. van der Heijden, S. Almeida, I. Amaral, L. Arroyo, G. Aymard, T. R. Baker, O. Banki, L. Blanc, D. Bonal, P. Brando, J. Chave, A. C. A. de Oliveira, N. D. Cardozo, C. I. Czimczik, T. R. Feldpausch, M. A. Freitas, E. Gloor, N. Higuchi, E. Jimenez, G. Lloyd, P. Meir, C. Mendoza, A. Morel, D. A. Neill, D. Nepstad, S. Patino, M. C. Penuela, A. Prieto, F. Ramirez, M. Schwarz, J. Silva, M. Silveira, A. S. Thomas, H. Steege, J. Stropp, R. Vasquez, P. Zelazowski, E. A. Davila, S. Andelman, A. Andrade, K. J. Chao, T. Erwin, A. Di Fiore, H. Eurlidice, H. Keeling, T. J. Killeen, W. F. Laurance, A. P. Cruz, N. C. A. Pitman, P. N. Vargas, H. Ramirez-Angulo, A. Rudas, R. Salamao, N. Silva, J. Terborgh, dan A. Torres-Lezama. 2009. "Drought Sensitivity of the Amazon Rainforest." *Science* 323 (5919): 1344–47.
- Prentice, I. C., G. D. Farquhar, M. J. R. Fasham, M. L. Goulden, M. Heimann, V. J. Jaramillo, H. S. Khesghi, C. Le Quere, R. J. Scholes, dan D. W. R. Wallace. 2001. "The Carbon Cycle and Atmospheric Carbon Dioxide." Dalam *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, dan C. A. Johnson (para editor). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Rahmstorf, S. 2007. "A Semi-Empirical Approach to Projecting Future Sea-level Rise." *Science* 315: 368–70.
- Ramanathan, V., dan Y. Feng. 2008. "On Avoiding Dangerous Anthropogenic Interference with the Climate System: Formidable Challenges Ahead." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (38): 14245–50.
- Raupach, M. R., G. Marland, P. Ciais, C. Le Quere, J. G. Canadell, G. Klepper, dan C. B. Field. 2007. "Global and Regional Drivers of Accelerating CO2 Emissions." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (24): 10288–93.
- Rignot, E., dan P. Kanagaratnam. 2006. "Changes in the Velocity Structure of the Greenland Ice Sheet." *Science* 311 (5763): 986–90.
- Sabine, C. L., M. Heiman, P. Artaxo, D. C. E. Bakker, C.-T. A. Chen, C. B. Field, N. Gruber, C. Le Quere, R. G. Prinn, J. E. Richey, P. Romero-Lankao, J. A. Sathaye, dan R. Valentini. 2004. "Current Status and Past Trends of the Carbon Cycle." Dalam *The Global Carbon Cycle: Integrating Humans, Climate, and the Natural World*, C. B. Field dan M. R. Raupach (para editor). Washington, DC: Island Press.
- Schneider von Deimling, T., H. Held, A. Ganopolski, dan S. Rahmstorf. 2006. "How Cold Was the Last Glacial Maximum?" *Geophysical Research Letters* 33: L14709, doi:10.1029/2006GL026484.
- SEG (Scientific Expert Group on Climate Change). 2007. *Confronting Climate Change: Avoiding the Unmanageable and Managing the Unavoidable*. Washington, DC: Sigma Xi and the United Nations Foundation.
- Shanahan, T. M., J. T. Overpeck, K. J. Anchukaitis, J. W. Beck, J. E. Cole, D. L. Dettman, J. A. Peck,

- C. A. Scholz, dan J. W. King. 2009. "Atlantic Forcing of Persistent Drought in West Africa." *Science* 324 (5925): 377–80.
- Silverman, J., B. Lazar, L. Cao, K. Caldiera, dan J. Erez. 2009. "Coral Reefs May Start Dissolving When Atmospheric CO₂ Doubles." *Geophysical Research Letters* 36 (5): L05606–doi:10.1029/2008GL036282.
- Smith, J. B., S. H. Schneider, M. Oppenheimer, G. W. Yohe, W. Hare, M. D. Mastrandrea, A. Patwardhan, I. Burton, J. Corfee-Morlot, C. H. D. Magadza, H.-M. Füßel, A. B. Pittock, A. Rahman, A. Suarez, dan J.-P. van Ypersele. 2009. "Assessing Dangerous Climate Change through an Update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 'Reasons for concern.'" *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (11): 4133–37.
- Steffensen, J. P., K. K. Andersen, M. Bigler, H. B. Clausen, D. Dahl-Jensen, H. Fischer, K. Goto-Azuma, M. Hansson, S. J. Johnsen, J. Jouzel, V. Masson-Delmotte, T. Popp, S. O. Rasmussen, R. Rothlisberger, U. Ruth, B. Stauffer, M. L. Siggaard-Andersen, A. E. Sveinbjornsdottir, A. Svensson, dan J. W. C. White. 2008. "High-Resolution Greenland Ice Core Data Show Abrupt Climate Change Happens in Few Years." *Science* 321 (5889): 680–84.
- Stern, N. 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- UNEP-WGMS (United Nations Environment Programme–World Glacier Monitoring Service). 2008. *Global Glacier Changes: Facts and Figures*. Chatelaine, Switzerland: DEWA/GRID-Europe.
- Wallack, J. S., dan V. Ramanathan. 2009. "The Other Climate Changers." *Foreign Affairs* 5 (88): 105–13.
- Webster, P. J., G. J. Holland, J. A. Curry, dan H. R. Chang. 2005. "Changes in Tropical Cyclone Number, Duration, and Intensity in a Warming Environment." *Science* 309 (5742): 1844–46.
- Wilkinson, C., ed. 2008. *Status of Coral Reefs of the World 2008*. Townsville: Australian Institute of Marine Science.

BAGIAN 1



Mengurangi Kerentanan Umat Manusia: Membantu Masyarakat Menolong Diri Sendiri

Sejumlah keluarga di Bangladesh sedang memutuskan apakah harus membangun kembali rumah dan mata pencaharian mereka setelah terjadinya bencana banjir yang lain lagi—dulunya terjadi sesekali, tetapi saat ini setiap beberapa tahun sekali—atau mengambil risiko untuk hidup di Dhaka, ibu kotanya yang padat penduduk. Dan di dalam hutan-hutan berpohon tinggi di Australia selatan, sejumlah keluarga memutuskan apakah akan membangun rumah mereka kembali setelah terjadinya bencana kebakaran yang paling hebat sepanjang sejarah—dengan menyadari bahwa mereka masih berada dalam cengkeraman masa kekeringan yang terpanjang dan terbesar dalam sejarah. Dengan kerugian yang tidak terelakkan yang diakibatkan oleh kejadian iklim yang ekstrem, secara eksplisit atau

implisit masyarakat telah memilih risiko yang akan mereka tanggung dan strategi-strategi penanggulangannya untuk menghadapi kerugian-kerugian itu. Beberapa kerugian sangatlah besar dan proses penanggulangannya sangatlah sederhana sehingga pembangunan menjadi terhambat. Dan seiring iklim berubah, semakin banyak lagi masyarakat yang berisiko terperosok ke dalam apa yang disebut dengan “defisit adaptasi.”

Mengurangi kerentanan dan meningkatkan ketangguhan terhadap iklim secara tradisional telah menjadi tanggung jawab rumah tangga dan komunitas¹ melalui pilihan-pilihan mereka akan mata pencaharian, alokasi aset, dan preferensi lokasi. Pengalaman menunjukkan bahwa pengambilan keputusan, keanekaragaman, dan pembelajaran sosial dalam skala lokal adalah faktor-faktor kunci dalam komunitas yang fleksibel dan tangguh² dan bahwa komunitas yang rentan dapat menjadi badan-badan inovasi dan adaptasi yang efektif³. Namun, perubahan iklim membawa ancaman yang akan membuat usaha-usaha lokal kewalahan, sehingga dibutuhkan lebih banyak struktur pendukung secara nasional dan global.

Kerentanan penduduk tidaklah statis, dan dampak dari perubahan iklim akan memperparah banyak

Pesan Kunci

Perubahan iklim yang lebih lanjut merupakan hal yang tidak terhindarkan. Perubahan tersebut akan menekan penduduk baik secara fisik maupun ekonomi, khususnya di negara-negara miskin. Adaptasi memerlukan pengambilan keputusan yang kokoh—yang merencanakan sepanjang horizon waktu dan mempertimbangkan skenario-skenario iklim dan sosioekonomi dalam rentang yang luas. Negara-negara dapat mengurangi risiko fisik dan finansial yang digabungkan dengan cuaca yang bervariasi dan ekstrem. Mereka juga dapat melindungi yang paling rentan. Beberapa praktik yang didirikan akan harus dikembangkan—seperti asuransi dan perlindungan sosial—dan lainnya harus dilakukan dengan cara yang berbeda—seperti perencanaan infrastruktur dan perkotaan. Aksi-aksi adaptasi ini akan mempunyai manfaat walaupun tanpa adanya perubahan iklim. Menjanjikan inisiatif adalah penting, tetapi menerapkannya pada skala yang perlu akan membutuhkan uang, usaha, kecerdikan, dan informasi.

bentuk dari kerentanan umat manusia. Kota-kota yang padat penduduk berkembang menjadi zona-zona yang berbahaya. Sistem-sistem alami ditransformasikan melalui pertanian modern. Pembangunan infrastruktur—bendungan dan jalan raya—menciptakan sejumlah kesempatan baru tetapi dapat pula menciptakan sejumlah risiko baru bagi penduduk. Perubahan iklim, yang ikut berdampak pada proses-proses ini, menyebabkan tekanan tambahan bagi sistem alam, manusia, dan sosial. Mata pencaharian penduduk haruslah berfungsi pada kondisi yang hampir pasti akan berubah tetapi tidak dapat diprediksi secara pasti.

Apapun jalan utama mitigasi yang diikuti, suhu dan perubahan iklim lainnya selama beberapa dekade akan sangat serupa. Saat ini keadaan suhu adalah sekitar 1°C di atas suhu pada era praindustri, dan seluruh skenario mitigasi yang realistis menunjukkan bahwa kita dapat juga memperkirakan bahwa suhu dunia akan naik lagi sebesar 1°C pada pertengahan abad ini. Walaupun demikian, kondisi dunia pada tahun 2050 dan setelahnya akan menjadi sangat berbeda dari kondisi saat ini—bagaimana perbedaannya bergantung pada mitigasi yang dilakukan. Pertimbangkan dua kemungkinan bagi anak dan cucu dari generasi saat ini. Kemungkinan pertama, dunia dapat membatasi peningkatan suhu sebesar 2 sampai 2,5°C di atas tingkat praindustri. Dalam kemungkinan kedua, berbagai emisinya lebih besar, dan pada akhirnya suhu dunia menjadi sekitar 5°C atau lebih di atas tingkat praindustri.⁴

Bahkan pada lintasan suhu yang lebih rendah, banyak ekosistem akan semakin tertekan, pola hama dan penyakit akan terus berubah, dan pertanian akan memerlukan modifikasi yang signifikan

dalam hal praktik atau relokasi. Pada lintasan suhu yang lebih tinggi, sebagian besar tren negatifnya bahkan akan menjadi lebih buruk, dan beberapa tren positif, seperti peningkatan dalam produktivitas pertanian pada bagian wilayah yang lebih dingin, akan berbalik. Dunia pertanian akan mengalami perubahan yang transformatif dalam hal praktik dan lokasi. Intensitas badai akan meningkat. Dan kedudukan permukaan laut akan mengalami kenaikan sekitar satu meter.⁵ Banjir, kekeringan, dan suhu ekstrem akan lebih menjadi hal biasa.⁶ Dekade yang lalu merupakan masa dengan cuaca terpanas sepanjang sejarah, namun pada tahun 2070, bahkan tahun-tahun yang paling dingin sekalipun mungkin akan lebih panas dibandingkan pada saat ini, sehingga akan menjadi ketegangan sosial.

Pada lintasan yang lebih tinggi, pemanasan dapat memicu timbulnya umpan balik dalam sistem-sistem Bumi yang selanjutnya akan mempersulit pembatasan peningkatan suhu, terlepas dari dilakukannya mitigasi atau tidak. Kondisi ini dapat menghancurkan banyak ekosistem dengan cepat, sebagaimana yang diprediksikan oleh sebagian orang untuk Amazon dan lahan rawa-rawa di belahan utara (lihat Fokus A). Penduduk dalam dunia pada lintasan yang lebih tinggi tersebut akan menyaksikan kerugian dan biaya yang semakin hari semakin parah melalui masyarakat dan ekonominya—sehingga diperlukan adaptasi dengan skala yang belum pernah terjadi dalam sejarah manusia. Ketegangan internasional mengenai sumber daya dapat diperkirakan meningkat, dan migrasi keluar dari area-area yang paling banyak terkena imbasnya akan turut meningkat.⁷

Pada lintasan yang lebih rendah, proses adaptasi akan menjadi menantang

dan juga mahal, dan pembangunan sebagaimana adanya sekarang tidaklah akan mencukupi. Perluasan dan percepatan implementasi kebijakan yang telah terbukti berhasil adalah sangat membutuhkan adaptasi yang memanfaatkan kreativitas masyarakat, institusi, dan pasar. Pada lintasan yang lebih tinggi, pertanyaannya adalah apakah kita akan mendekati, atau bahkan telah melampaui, batasan-batasan di mana kita dapat beradaptasi.⁸ Beberapa pihak dengan yakin berpendapat bahwa etika, budaya, pengetahuan, dan sikap terhadap risiko lebih membatasi proses adaptasi daripada batasan-batasan fisik, biologis, atau ekonomis.⁹ Usaha adaptasi akan dibutuhkan oleh generasi mendatang dalam rangka menentukan seberapa efektifnya perubahan iklim dapat dimitigasi.

Dampak-dampak lingkungan yang meningkat menunjukkan batasan-batasan fisik yang lebih kuat pada pembangunan di masa mendatang. Kebijakan yang cerdas iklim haruslah dapat mengatasi tantangan-tantangan dari lingkungan yang lebih berisiko dan kompleks. Praktik pembangunan haruslah lebih adaptif terhadap patokan yang bergeser, dan didasarkan pada strategi-strategi yang tahan terhadap pengetahuan yang tidak sempurna.¹⁰ Strategi pertanian yang dipilih haruslah yang dapat bertahan pada kondisi cuaca yang mudah berubah, dengan berusaha menjaga konsistensi dalam hasil jangka panjang alih-alih menjaga tingkat produksi maksimum. Para perencana kota-kota pantai haruslah mengantisipasi perkembangan demografis dan risiko-risiko baru yang timbul dari meningkatnya permukaan laut atau banjir. Dan pekerja bidang kesehatan masyarakat haruslah siap menghadapi perubahan iklim secara tiba-tiba terkait dengan pola wabah penyakit.¹¹ Informasi bersifat

krusial dalam mendukung perencanaan dan strategi yang berbasis risiko—hal ini merupakan dasar dari kebijakan yang baik dan manajemen risiko yang lebih baik.

Pengelolaan ekosistem dan berbagai layanannya akan menjadi lebih penting dan sulit. Lanskap yang terkelola dengan baik dapat mengatur air banjir. Tanaman bakau pesisir pantai dapat menjadi penyangga terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh badai. Namun, pengelolaan sumber daya alam akan menghadapi iklim yang berubah-ubah dengan cepat, dengan episode ekstrem yang lebih banyak dan dengan ekosistem yang semakin terancam oleh berbagai tekanan yang bukan dari iklim (tata guna lahan dan perubahan demografis).¹² Pengelolaan risiko fisik semacam ini merupakan bagian integral dari pembangunan yang cerdas iklim—sebuah langkah esensial untuk menghindari pengaruh-pengaruh yang dapat dielakkan yang berdampak kepada penduduk.

Bagimanapun, tidak semua pengaruh fisik dapat dihindari, khususnya yang berhubungan dengan episode ekstrem dan bencana besar yang probabilitasnya sulit diperkirakan dalam perubahan iklim. Mengurangi risiko dari episode paling ekstrem adalah tidak mungkin, dan jika kita mencoba untuk melakukannya maka akan diperlukan biaya yang sangat besar akibat ketidakpastian dari lokasi dan waktu timbulnya pengaruh tersebut. Penting bagi rumah tangga dan pemerintah untuk siap secara finansial dalam mengatasi dampak-dampak iklim. Ini memerlukan mekanisme penyebaran risiko yang fleksibel.

Seperti yang dibahas pada Bab 1, penduduk miskin mempunyai kapasitas terkecil untuk mengelola risiko secara fisik dan finansial, dan untuk membuat

keputusan adaptasi dalam jangka yang lebih panjang. Kehidupan mereka lebih banyak dipengaruhi oleh iklim, apakah mereka bertani untuk menyambung hidup atau penghuni liar yang tidak punya tempat tinggal pada dataran banjir di pinggir kota. Kelompok sosial lain yang berbagi banyak kerentanan dari ketidakmampuan mereka akan keterbatasan hak kepemilikan, aset yang produktif, dan suara.¹³ Kebijakan sosial, sebuah pelengkap yang penting bagi pengelolaan risiko fisik dan finansial, menyediakan sejumlah perangkat untuk mengelola risiko yang memengaruhi komunitas yang paling rentan dan memberdayakan komunitas-komunitas yang rentan untuk menjadi badan dalam pengelolaan perubahan iklim.

Bab ini memfokuskan pada pengukuran yang akan membantu penduduk dalam menangani variabel iklim dan perubahan iklim yang akan terjadi untuk beberapa dekade berikutnya. Hal ini pertama kali menggambarkan kerangka kerja kebijakan yang didasarkan pada strategi yang kuat untuk ketidakpastian iklim dan praktik pengelolaan yang beradaptasi dalam menghadapi kondisi yang dinamis. Hal ini yang diperhatikan dalam pengelolaan risiko fisik, risiko finansial dan risiko sosial.

Manajemen adaptif—Hidup dengan perubahan

Perubahan iklim menambahkan suatu sumber dari hal-hal tidak dikenal lainnya bagi pengambil keputusan untuk dikelola. Pengambil keputusan dunia nyata membuat keputusan dalam kondisi ketidakpastian setiap hari, bahkan tanpa adanya perubahan iklim sekalipun. Perusahaan manufaktur melakukan investasi pada fasilitas produksi fleksibel yang menguntungkan pada semua volume produksi untuk mengimbangi

permintaan yang tidak dapat diprediksi. Komandan militer sangat membutuhkan superioritas dalam jumlah sangat besar. Investor finansial melindungi diri mereka terhadap fluktuasi pasar dengan diversifikasi. Semua bentuk investasi ini mungkin menghasilkan hasil yang tidak optimal untuk serangkaian ekspektasi tertentu di masa depan, namun hasilnya kokoh di tengah ketidakpastian.¹⁴

Serangkaian gangguan beberapa ketidakpastian—mengenai demografi, teknologi, pasar, dan iklim—membutuhkan kebijakan dan keputusan investasi yang didasarkan pada pengetahuan yang tidak sempurna dan tidak lengkap. Pengambil keputusan lokal dan nasional bahkan menghadapi ketidakpastian yang lebih besar karena proyeksi cenderung kehilangan presisinya pada skala yang lebih kecil—sebuah masalah yang muncul pada proses penurunan skala dari model proses yang tidak beraturan dan menyeluruh. Jika parameter keputusan tidak dapat diamati dan diukur,¹⁵ strategi yang kokoh (lihat Bab 1)—yang secara langsung ditujukan kepada realitas dunia dengan sejumlah pergeseran garis acuan dan gangguan-gangguan yang sporadis¹⁶ adalah kerangka yang tepat dalam konteks probabilitas yang tidak diketahui.

Menerima ketidakpastian sebagai suatu hal yang selalu ada pada suatu sistem yang kompleks dan kekokohan sebagai sebuah kriteria keputusan berimplikasi pada pengubahan strategi pengambilan keputusan bagi investasi dan perencanaan jangka panjang. Proses ini mengharuskan kita untuk mempertimbangkan kembali pendekatan-pendekatan tradisional yang mengasumsikan suatu dunia yang deterministik, di mana masa depan dapat diramalkan.

Pertama, prioritas seharusnya diberikan untuk pilihan tanpa penyesalan:

pilihan investasi dan kebijakan yang dapat memberikan manfaat bahkan tanpa perubahan iklim. Pilihan semacam ini ada dalam hampir setiap bidang: dalam pengelolaan air dan tanah (lihat Bab 3), dalam sanitasi untuk mengurangi penyakit yang disebabkan oleh air (mengontrol kebocoran saluran air), dalam pengurangan risiko bencana (menghindari zona yang berisiko tinggi), dalam proteksi sosial (menyediakan bantuan bagi kaum miskin). Namun, pilihan semacam ini kerap kali tidak dapat diimplementasikan, sebagian karena kurangnya informasi dan biaya transaksinya, tetapi juga karena kegagalan kognitif dan politik (lihat Bab 8).¹⁷

Kedua, pembelian “batas keselamatan” dalam investasi baru dapat meningkatkan ketangguhan iklim, kerap kali berbiaya yang rendah. Sebagai contoh, biaya marginal untuk membuat sebuah bendungan yang lebih besar atau memasukkan kelompok tambahan ke dalam sebuah skema proteksi sosial dapat bernilai kecil.¹⁸ Batas keselamatan tidak hanya bertanggung jawab dalam dampak-dampak yang dimungkinkan dari perubahan iklim (lebih banyak kejadian yang lebih parah) tetapi juga bagi ketidakpastian dalam pembangunan sosioekonomi (perubahan dalam permintaan).

Ketiga, pilihan yang berkebalikan dan fleksibel haruslah diutamakan, dengan menerima bahwa keputusan dapat saja salah dan oleh karena itu kita harus menjaga biaya untuk membalikkannya sekecil mungkin. Adanya banjir yang tidak dapat diprediksi yang menyebabkan perencanaan kota yang ketat dapat dibalikkan dengan mudah dan lebih murah daripada pilihan untuk menyerah atau perlindungan di masa depan. Asuransi menyediakan cara-cara yang fleksibel untuk mengelola risiko dan

memproteksi investasi yang penting ketika arah dan besaran perubahan tidak pasti.¹⁹

Petani yang beralih ke varietas-varietas yang tahan kekeringan (alih-alih berinvestasi pada irigasi) dapat menggunakan asuransi untuk memproteksi investasi benih baru musimannya dari suatu musim kekeringan yang luar biasa hebat. Bagi daerah yang mudah terkena badai, kombinasi serangkaian sistem peringatan dini, rencana evakuasi, dan asuransi properti (yang mungkin mahal) asuransi properti dapat menyediakan fleksibilitas yang lebih besar untuk menyelamatkan kehidupan dan menggantikan rumah daripada memproteksi daerah pantai secara keseluruhan dengan infrastruktur atau mengosongkan daerah tersebut ketika tidak dibutuhkan.²⁰

Keempat, membakukan perencanaan jangka panjang memerlukan analisis skenario yang berorientasi ke depan dan suatu penilaian strategi untuk sejumlah besar kemungkinan di masa depan. Proses ini akan menghasilkan penilaian ulang investasi secara periodik (dan, jika perlu, revisi). Dan proses ini memperbaiki banyak kebijakan dan praktik dengan cara terus-menerus belajar dari hasil yang didapatkan. Perluasan cakupan spasial dalam perencanaan sebanding kritis untuk disiapkan untuk perubahan yang dipicu oleh jarak yang jauh, seperti pencairan gletser yang mengubah suplai air untuk kawasan permukiman yang ratusan kilometer jauhnya, kekeringan yang semakin meluas akan memengaruhi pasaran pangan biji-bijian regional atau mempercepat migrasi pinggir kota yang disebabkan oleh degradasi lingkungan. Akan tetapi membutuhkan perubahan struktural yang mungkin saja sulit karena adanya inersia dalam

dalam praktik-praktik pengelolaan yang berlaku sekarang.²¹

Mengimplementasikan strategi-strategi semacam ini melalui manajemen adaptif memerlukan pengembangan informasi secara terus-menerus, perencanaan dan desain yang fleksibel dan kokoh, implementasi yang partisipatif, serta pengawasan dan evaluasi umpan balik. Proses ini menyusun ulang keputusan dan manajemen dengan skala konteks dan proses ekologi dan sosial, seperti batas air dan daerah ramah lingkungan, dan proses ini dikendalikan oleh sistem manajemen lokal atau masyarakat.²² Proses ini menekankan pengelolaan dibekali informasi pengetahuan lokal dan ilmiah memperoleh, sebanyak percobaan kebijakan yang membangun pemahaman, menentukan pembelajaran sebagai suatu sasaran, dan meningkatkan kemampuan masyarakat untuk bertahan dalam situasi ketidakpastian (Kotak 2.1)²³

Melibatkan pihak-pihak berkepentingan dalam perencanaan akan meningkatkan kepemilikan dan kemungkinan bahwa tindakan-tindakan akan dapat terus terpelihara.²⁴ Boston dan London sama-sama mempunyai

strategi perubahan iklim. Di Boston, prosesnya didorong oleh riset, dengan peran serta pihak-pihak berkepentingan yang tidak konsisten. Penelitian yang telah diselesaikan, dipandang terlalu teknis, hanya memiliki pengaruh kecil. London menggunakan pendekatan dari bawah ke atas, melibatkan banyak pihak berkepentingan. Dan setelah *London Warning Report* dikeluarkan, *Climate Change Partnership* dibentuk dari organisasi pihak-pihak yang berkepentingan dan melanjutkan perencanaan adaptasinya.²⁵

Model pengambilan keputusan yang berbasis risiko mendahulukan kekokohan dan perencanaan jangka panjang, dan mengutamakan lokal, struktur pemerintahan nasional yang penting untuk adaptasi perubahan iklim.²⁶ Meningkatnya tekanan pada sumber-sumber daya yang langka (tanah, air), dan mengombinasikannya dengan transformasi sosio-demografis yang utama (pertumbuhan populasi, urbanisasi, globalisasi), dan iklim yang bergeser, menyebabkan sempitnya peluang untuk membiarkan sejumlah risiko tidak terkelola. Sebuah badai yang menghantam kota pantai modern yang berkembang pesat berpotensi menyebabkan kerusakan yang lebih banyak daripada yang terjadi di masa lalu, ketika penduduk daerah pantai lebih sedikit dan kurang terbangun. Dalam berhadapan dengan munculnya ketidakpastian dari perubahan iklim, strategi-strategi kokoh dan manajemen adaptif menyajikan kerangka kerja yang sesuai untuk pengelolaan risiko fisik, finansial, dan sosial yang lebih baik.

Mengelola risiko fisik— Menghindari yang dapat dihindari

Sistem-sistem alamiah, jika dikelola

KOTAK 2.1 *Karakteristik manajemen adaptif*

Manajemen adaptif adalah pendekatan untuk memandu intervensi dalam menghadapi ketidakpastian. Ide terpenting adalah tindakan pengelolaan dibekali informasi dengan pembelajaran eksplisit dari percobaan kebijakan dan penggunaan informasi ilmiah dan pengetahuan teknologi baru untuk meningkatkan pemahaman, menginformasikan keputusan masa depan, memantau hasil-hasil intervensi, dan mengembangkan praktik-praktik baru. Kerangka kerja ini menetapkan mekanisme untuk mengevaluasi skenario alternatif serta pengukuran struktural dan nonstruktural, memahami dan menantang asumsi-asumsi, dan mempertimbangkan ketidakpastian secara eksplisit. Manajemen

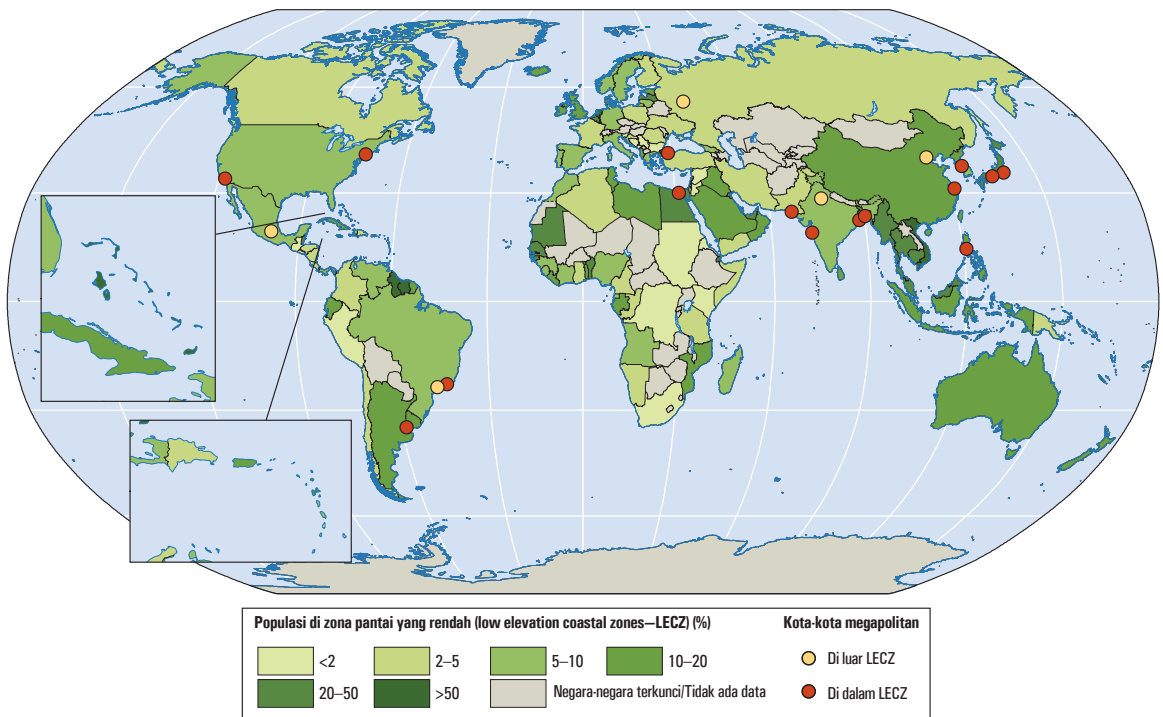
adaptif memiliki horizon jangka panjang untuk perencanaan dan pembangunan kapasitas, dan penyesuaian dengan proses ekologi dalam skala spasial yang penting. Hal ini menciptakan kerangka kerja yang memungkinkan untuk kerja sama antara tingkat administrasi, sektor-sektor, dan departemen terkait; partisipasi pihak yang berkepentingan (termasuk pusat penelitian dan organisasi non-pemerintah) di dalam pemecahan permasalahan dan pengambilan keputusan; dan menyesuaikan perundang-undangan untuk mendukung aksi lokal dan merespons informasi baru.

Sumber: Diadaptasi dari Raadgever dkk 2008; Olsson, Folke, dan Berkes 2004.

dengan baik, dapat mengurangi kerentanan manusia terhadap risiko iklim dan memberikan bantuan tambahan yang bersifat membangun, mengurangi kemiskinan, melestarikan keragaman hayati, dan menangkap karbon. Adaptasi berbasis ekosistem—memelihara atau memperbaiki ekosistem alamiah untuk mengurangi kerentanan umat manusia—merupakan pendekatan yang efektif dalam hal biaya dan banyak manfaatnya untuk mengurangi risiko iklim dan salah satunya menawarkan keuntungan berganda (lihat Fokus B). Sebagai contoh, daerah tangkapan air di hutan menyangga aliran air dari curah hujan yang menengah lebih baik daripada daerah tangkapan air di tempat yang bukan hutan, namun curah hujan yang lebih besar dengan cepat dapat memenuhi sponsnya, dan sebagian besar

air mengalir dengan cepat di atas tanah.²⁷ Dataran basah bervegetasi padat di bagian hilir mungkin membutuhkan aliran air penyangga lebih jauh jika sistem drainase alam membawa aliran itu. Namun, tanah basah yang diubah menjadi lahan pertanian atau infrastruktur dan sistem drainase yang disederhanakan pasti gagal, dan menyebabkan banjir. Respons yang menyeluruh terhadap pengelolaan banjir adalah melindungi hutan, mengelola tanah basah dan saluran sungai, dan menempatkan infrastruktur dengan tepat. Dengan cara yang sama, hutan bakau di daerah pantai melindungi dari gelombang badai, sebagian dengan cara menyerap aliran airnya dan sebagian lagi dengan menjaga agar pemukiman manusia berada di belakang hutan bakau yang berada jauh dari laut.

Peta 2.1 Berada dalam risiko: Populasi dan kota-kota megapolitan yang berada di zona pantai yang rendah terancam oleh kenaikan permukaan laut dan badai



Sumber: United Nations 2008a.

Catatan: Kota-kota megapolitan pada 2007 termasuk Beijing, Bombay, Buenos Aires, Kairo, Calcutta, Dhaka, Istanbul, Karachi, Los Angeles, Manila, Mexico City, Moskow, New Delhi, New York, Osaka, Rio de Janeiro, São Paulo, Seoul, Shanghai, dan Tokyo. Kota-kota megapolitan didefinisikan sebagai daerah perkotaan yang berpenduduk lebih dari 10 juta.

Membangun kota yang cerdas iklim

Setengah dari umat manusia di bumi saat ini hidup di perkotaan. Bagian ini akan meningkat menjadi 70 persen pada tahun 2050.²⁸ Dari pertumbuhan populasi kota (5 juta penduduk baru setiap bulannya), 95 persen akan berada di negara-negara berkembang, dengan kota-kota kecil berkembang paling cepat.²⁹ Area perkotaan mengonsentrasikan lebih banyak penduduk dan aset ekonomis, seringnya pada area rawan bahaya karena telah berkembangnya kota yang terletak di sepanjang pantai atau kota yang terletak pada pertemuan sejumlah sungai. Kenyataannya, daerah pantai yang rendah yang berisiko terhadap naiknya permukaan air dan gelombang pantai merupakan tempat tinggal bagi sekitar 600 juta penduduk dunia dan 15 dari 20 kota besar di dunia (Peta 2.1).³⁰

Perubahan iklim hanyalah salah satu dari banyak faktor yang menentukan kerentanan daerah perkotaan. Bagi banyak kota pantai, migrasi menjadikan populasi semakin tidak terlindungi terhadap naiknya permukaan air laut, gelombang badai, dan banjir,³¹ seperti di Shanghai, di mana jumlah bersih migrasi penduduk masuk per tahunnya empat kali lipat daripada tingkat pertumbuhan alamiahnya.³² Dan ada banyak kota di muara-muara sungai tenggelam karena ekstraksi air tanah dan penurunan deposit endapan yang diakibatkan oleh daerah tangkapan air. Sementara turunnya permukaan tanah telah menjadi permasalahan pada banyak kota pantai pada waktu tertentu (New Orleans, Shanghai), sekarang hal itu menjadi ancaman bagi Jakarta, Manila, dan Hanoi.³³ Pembangunan kota yang lebih jauh ke daerah pedalaman meningkatkan permintaan air di bagian

hulu, termasuk sungai Nil, tidak lagi akan mencapai muaranya.

Urbanisasi, yang dilakukan dengan baik, meningkatkan ketahanan terhadap risiko yang terkait dengan iklim. Kepadatan populasi yang lebih besar memperkecil biaya per kapita untuk menyediakan pipa pengolahan air, sistem pembuangan air, pengumpulan limbah, dan sebagian besar infrastruktur dan fasilitas publik lainnya. Pengumuman perencanaan kota yang membatasi pembangunan di daerah rawan banjir dan memberikan akses penting bagi berbagai layanan. Pembangunan infrastruktur (tanggul atau embung) dapat memberikan perlindungan fisik bagi banyak hal, namun memerlukan batas keselamatan tambahan seiring perubahan iklim meningkatkan risikonya. Dan sistem komunikasi yang baik, transportasi, dan sistem peringatan dini membantu mengevakuasi penduduk secara cepat, seperti kasus di Kuba ketika hampir 800.000 penduduk dievakuasi secara teratur dalam 48 jam ketika topan mendekat.³⁴ Semua cara ini dapat meningkatkan ketahanan penduduk kota terhadap guncangan jangka pendek dan menyesuaikan diri terhadap perubahan iklim dalam jangka panjang.³⁵

Kota-kota bersifat dinamis dan merupakan wilayah yang sangat adaptif, yang menawarkan sejumlah besar solusi kreatif bagi tantangan lingkungan. Saat ini sejumlah negara berpaling pada strategi pembangunan kota baru yang bertujuan pemerataan kesejahteraan daerah. Republik Korea Selatan telah memulai sebuah program ambisius untuk membangun "Kota-kota Inovasi" sebagai sebuah cara untuk mendesentralisasikan aktivitas perekonomian negaranya.³⁶ Usaha-usaha ini berfokus pada inovasi teknologi dan menawarkan kesempatan baru untuk merancang ulang kota-

KOTAK 2.2 *Perencanaan bagi kota yang lebih hijau dan aman—Kasus Curitiba*

Meskipun pertumbuhan populasinya meningkat tujuh kali lipat antara tahun 1950 dan 1990, Curitiba, Brazil, telah membuktikan dirinya sebagai kota yang bersih dan efisien, berkat tata kelola pemerintahan dan kerja sama sosialnya yang baik. Landasan keberhasilan Curitiba terletak pada *Plano Diretor*-nya yang inovatif, yang diadopsi pada tahun 1968 dan diimplementasikan oleh *Instituto de Pesquisa Planejamento Urbano de Curitiba* (IPPUC). Alih-alih menggunakan solusi berteknologi tinggi untuk infrastruktur kota, seperti kereta bawah tanah untuk transportasi publik yang besar dan pabrik pemisahan sampah mekanik yang mahal untuk mengelola limbah, IPPUC mempunyai

teknologi yang tepat dan efektif baik dari segi biaya maupun penerapannya.

Penggunaan lahan dan mobilitas direncanakan dalam sebuah gaya yang terintegrasi, dan tata letak sistem radial (atau aksial) dirancang untuk mengalihkan lalu lintasnya dari bagian yang ramai (tiga perempat penduduk kota menggunakan sistem bis yang efisiensinya tinggi). Pusat industri dibangun dekat dengan pusat kota untuk meminimalisasi arus pulang pergi para pekerja. Sejumlah wilayah pemeliharaan alam ditempatkan di sekeliling daerah industri untuk menahan banjir.

Hal lain dari keberhasilan kota adalah pengelolaan limbahnya dan 90 persen dari

penduduknya mendaur ulang dua pertiga dari sampah mereka. Pada wilayah yang berpenghasilan rendah, di mana usaha pembersihan sulit dilakukan dengan sistem pengelolaan limbah yang konvensional, program “Pembelian Sampah” menukarkan sampah dengan tiket bis, makanan tambahan, dan buku tulis sekolah.

Replikasinya sedang dijalankan, seperti di Juarez, Meksiko, di mana *Municipal Planning Institute* sedang mengembangkan hunian baru dan mengubah daerah banjir yang sebelumnya tidak berpenghuni menjadi sebuah taman kota.

Sumber: Roman 2008.

kota masa depan untuk menghadapi tantangan-tantangan perubahan iklim.

Usaha-usaha untuk memengaruhi pola keruangan dari wilayah-wilayah perkotaan melalui intervensi kebijakan publik, bagaimanapun juga, menunjukkan hasil. Republik Mesir Arab berupaya membangun kota-kota satelit untuk mengurangi kepadatan Kairo tidak pernah memperkecil proyeksi populasinya dan tidak terlalu berpengaruh dalam menghentikan pertumbuhan populasi di Kairo, sebagian karena kurangnya kebijakan untuk mengenalkan integrasi regional.³⁷ Kebijakan yang sukses memfasilitasi konsentrasi dan migrasi selama tahap awal proses urbanisasi dan hubungan antarkota pada tahap-tahap berikutnya. Investasi publik dalam infrastruktur sangatlah efektif ketika investasi tersebut meningkatkan keadilan sosial (melalui akses yang lebih besar terhadap layanan) dan mengintegrasikan ruang kota (melalui sistem transportasi).³⁸

Urbanisasi jarang berlangsung harmonis, menghasilkan polusi dan kantong-kantong kemiskinan dan dislokasi sosial yang merusak. Saat ini,

wilayah perkotaan di negara berkembang menjadi tempat tinggal untuk sekitar 746 juta penduduk yang berada di bawah garis kemiskinan (seperempat dari penduduk miskin di dunia),³⁹ dan penduduk miskin menderita lebih dari sekadar pendapatan dan konsumsi yang rendah. Kepadatan yang sangat tinggi, kondisi yang tidak aman, perkampungan ilegal di daerah longsor, sanitasi yang buruk, tempat tinggal yang tidak aman, nutrisi yang tidak memadai, dan kesehatan yang buruk, yang menjadi ciri-ciri dari kerentanan 810 juta penduduk pada perkampungan miskin di kota.⁴⁰

Sejumlah kerentanan ini memerlukan perbaikan yang menyeluruh dalam perencanaan dan pengembangan kota. Badan-badan pemerintah, khususnya lokal, dapat menentukan kapasitas yang adaptif bagi rumah tangga dan perusahaan (Kotak 2.2). Namun, tindakan dari komunitas berbasis masyarakat dan organisasi non-pemerintah (LSM) juga penting, khususnya pada tempat di mana mereka membangun rumah dan menyediakan layanan, seperti yang dilakukan oleh organisasi penduduk di perkampungan

KOTAK 2.3 Beradaptasi terhadap perubahan iklim—Alexandria, Casablanca, dan Tunis

Alexandria, Casablanca, dan Tunis, masing-masing berpenduduk 3 juta sampai 5 juta orang, sedang memperkirakan meluasnya dampak-dampak dari proyeksi perubahan iklim dan sedang merencanakan skenario adaptasi untuk tahun 2030 melalui suatu penelitian regional yang sedang berjalan. Respons awal kota-kota tersebut terhadap meningkatnya kerentanan kota memperlihatkan adanya jalan yang tidak mulus menuju proses adaptasi.

Di Alexandria, konstruksi "*corniche*" terbarunya, jalan raya enak jalur yang dibangun di tepi pantai, memperparah erosi pantai dan membuat profil dasar laut menjadi semakin curam, menyebabkan serangan badai menerjang lebih jauh ke daratan. Pertahanan laut dibangun tanpa penelitian kerekayasaan yang memadai dan tanpa koordinasi antara institusi-institusi yang berwenang. Sebuah danau dekat kota, sebuah wadah alam untuk saluran air, mengalami polusi akut dan tekanan dari real estat yang ingin mereklamasinya untuk tujuan konstruksi.

Casablanca merespons terhadap bencana banjir yang menghancurkan kota tersebut

beberapa tahun yang lalu dengan berupaya memperbaiki pengelolaan aliran air ke bagian hulu dan memperluas kanal saluran air utamanya. Kebocoran air dalam jaringan distribusi telah teratasi oleh adanya perbaikan, melalui proses penghematan air yang sama dengan konsumsi air dari sekitar 800.000 penduduk. Namun, pengelolaan wilayah pantai masih harus diperhatikan, dengan terbatasnya perangkat untuk mengendalikan konstruksi dan mengawasi ekstraksi pasir dari pantai secara ketat.

Tunis juga sedang memusatkan perhatiannya pada risiko banjir di daerah perkotaan dengan memperbaiki kanal saluran air dan mengendalikan konstruksi nonformal di sekeliling beberapa waduk air alam. Dinding laut sedang dibangun untuk melindungi lingkungan pantai yang paling terancam, dan rencana induk baru mengarahkan agar pembangunan daerah perkotaan dilaksanakan sejauh mungkin dari laut. Namun, dataran pusat kota, yang telah berada di bawah permukaan laut, saat ini semakin menurun, dan fasilitas pelabuhan dan logistiknya, seperti juga pembangkit listrik

dan pengolahan airnya, berada dalam kondisi terancam. Sejumlah proyek utama pembangunan ulang daerah perkotaan, jika dilaksanakan, juga meningkatkan risiko kerentanan kota terhadap peningkatan permukaan laut.

Beradaptasi terhadap perubahan iklim di Alexandria, Casablanca, dan Tunis terutama harus dilakukan dengan memperbaiki perencanaan kota, mengidentifikasi skenario penggunaan tanah dan perluasannya yang akan meminimalisasi kerentanan, memusatkan perhatian pada kerentanan aset-aset infrastruktur yang penting, seperti pelabuhan, jalan raya, jembatan, tempat pengolahan air, dan memperbaiki kapasitas institusi yang bertanggung jawab untuk mengoordinasikan respons dan mengelola hal-hal yang mendesak. Selain itu, pembangunan perkotaan yang tahan terhadap iklim dan efisiensi energi dalam sistem bangunan dan perkotaan dapat memperbaiki proses adaptasi kota terhadap perubahan iklim seraya mengurangi emisi gas-gas rumah kaca.

Sumber: Bigio 2008.

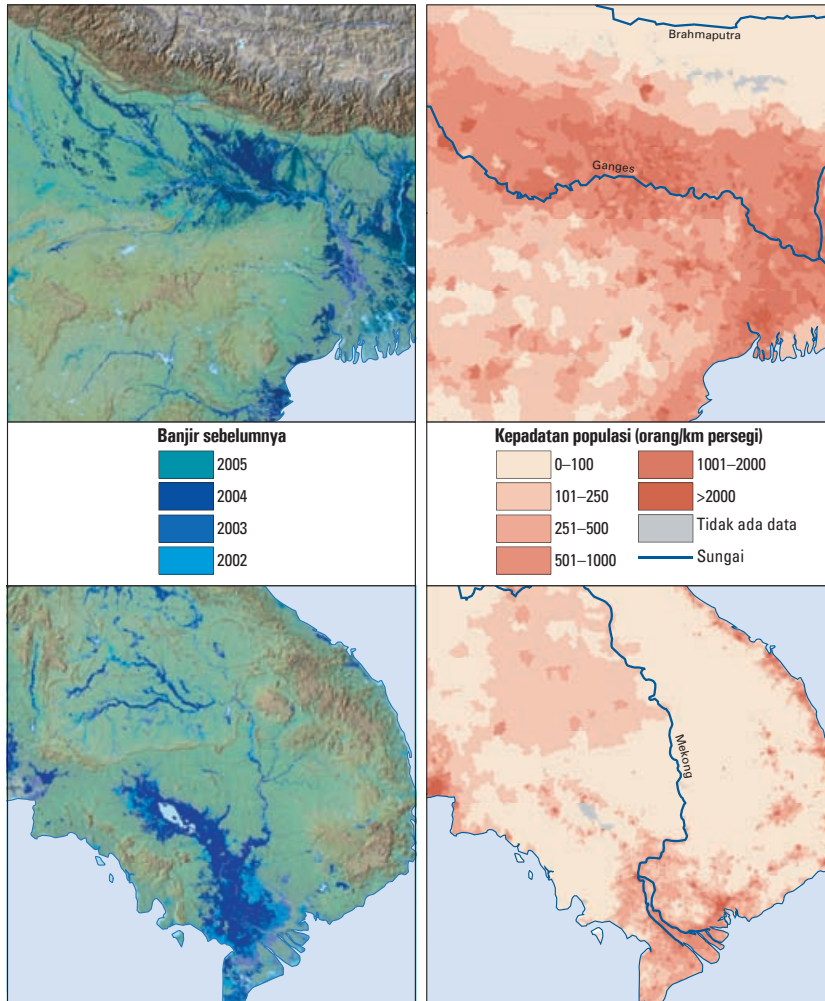
kumuh.⁴¹ Perencanaan dan peraturan yang baik dapat mengidentifikasi daerah berisiko tinggi pada wilayah kota dan membantu kelompok berpenghasilan rendah untuk menemukan tempat tinggal yang aman dan kokoh, seperti yang terjadi di Ilo, Peru di mana otoritas lokalnya dengan tepat mengakomodasi pertumbuhan populasinya yang meningkat sebesar lima kali sejak tahun 1960.⁴² Namun, investasi yang kuat dalam infrastruktur mungkin juga diperlukan untuk memproteksi daerah kota dengan dinding laut dan tanggul, seperti yang dilakukan di kota-kota pantai di Afrika Utara (Kotak 2.3).

Sebuah risiko utama bagi daerah perkotaan adalah banjir—sering kali diakibatkan oleh bangunan, infrastruktur, dan daerah beraspal yang menghambat proses infiltrasi, yang diperparah oleh

sistem saluran air yang terlalu penuh. Pada kota-kota yang terkelola dengan baik, banjir jarang merupakan suatu masalah karena saluran di atas permukaan tanah dibangun ke dalam struktur kota untuk menampung air banjir yang berasal dari kejadian ekstrem yang melebihi kapasitas infrastruktur pelindung (lihat Kotak 2.3). Ketidalcukupan pengelolaan limbah padat dan kurangnya perawatan, sebaliknya, pengelolaan limbah padat dan pemeliharaan saluran yang tidak memadai dapat menyumbat saluran air dengan cepat dan menyebabkan banjir lokal bahkan saat curah hujan rendah, seperti yang terjadi di Georgetown, Guyana, yang menyebabkan 29 kali banjir lokal di antara tahun 1990 dan 1996.⁴³

Kota-kota juga perlu melihat ke luar perbatasan mereka untuk

Peta 2.2 Tantangan yang kompleks: mengelola pertumbuhan kota dan risiko banjir dalam sebuah iklim yang berubah di Asia Selatan dan Tenggara



Sumber: Analisis tim Laporan Pembangunan Dunia. Data banjir: Dartmouth Flood Observatory 2009. Data populasi: CIESIN 2005.

Catatan: Kehidupan dengan banjir telah berurat akar dalam aktivitas ekonomi penduduk di Asia Selatan dan Tenggara. Dataran banjir dari beberapa aliran sungai (Gangga, atas; Mekong, bawah) dihuni oleh banyak orang dan mempunyai lahan pertanian dan pusat pertumbuhan kota untuk risiko banjir musiman. Perubahan iklim tampaknya akan mendatangkan banjir yang lebih sering, sebagian disebabkan oleh pelelehan gletser di tangkapan atas wilayah Himalaya dan sebagian lagi oleh hujan monsoon yang lebih intens dan sering, yang akan mengubah pola banjir di wilayah tersebut. Pada saat yang sama, pusat kota melanggar daerah pertanian yang berfungsi sebagai zona retensi alamiah untuk air banjir, menyebabkan kompleksitas baru dalam pengelolaan banjir dan ekspansi kota di masa depan.

mempersiapkan diri terhadap perubahan iklim. Banyak kota di daerah Andean sedang merencanakan ulang pasokan airnya untuk memecahkan masalah berkurangnya gletser dan pada akhirnya, mungkin, menghilangnya gletser. Pelelehan berarti bahwa pasokan air selama musim kering tidak lagi dapat diandalkan, dan penampungan air akan perlu berkompensasi terhadap hilangnya simpanan air dan fungsi regulasi gletser.⁴⁴

Pada delta di Asia Tenggara, cepatnya penyebaran daerah suburban dari kota-kota seperti Bangkok dan Ho Chi Minh City telah menghabiskan lahan padi, mengurangi kapasitas tampungan air dan menambah risiko banjir.⁴⁵ Risiko dapat menjadi lebih buruk ketika area simpanan arus hulu mencapai kapasitasnya dan membutuhkan air pengganti. Aliran air sungai-sungai yang mencapai puncaknya di lembah-lembah

sungai Asia Tenggara dan Asia Selatan diperkirakan akan meningkat seiring dengan perubahan iklim, memerlukan lebih banyak usaha besar di bagian hulu untuk melindungi pusat kota di bagian hilir (Peta 2.2).⁴⁶

Pemerintah kota dapat semakin mengurangi risiko dan meningkatkan perencanaan berbasis risikonya. Membuat sebuah basis data informasi risiko, yang dilakukan bersama dengan penduduk, dunia usaha, dan pemerintah, merupakan langkah pertama untuk menetapkan prioritas bagi intervensi dan mengidentifikasi tempat-tempat yang penting. Dan membuat suatu otorisasi kota melalui arahan dari eksekutif dan perundang-undangan dari legislatif/dewan dapat memfasilitasi penyebaran otorisasinya, seperti pada daerah yang rawan badai dan banjir di Makati, Filipina, di mana *Disaster Coordination Council*-nya merencanakan pengelolaan risiko bencana dari kota tersebut.⁴⁷

Sejumlah tindakan pemerintah kota yang mendorong pembangunan lokal dan ketahanan terhadap episode ekstrem dan bencana tumpang tindih dengan tindakan adaptasi, di antaranya pemasokan dan sanitasi air, saluran air,

perawatan kesehatan yang berfokus pada pencegahan, dan kesiapan terhadap bencana (Kotak 2.4). Sejumlah intervensi mungkin berada dalam kepentingan jangka pendek pembuat keputusan pada daerah perkotaan (lihat Bab 8).⁴⁸ Jelas lebih mudah untuk memandang inisiatif-inisiatif yang berorientasi pada adaptasi sebagai suatu kepentingan kota yang mendesak, sehingga memecahkan kebuntuan ekonomi dan politik tindakan yang berhubungan dengan iklim.⁴⁹

Membangun kota-kota yang cerdas iklim akan sangat membutuhkan pemanfaatan teknologi baru. Bagaimanapun juga, sebagian besar keahlian teknis pada sebagian besar negara berkembang terkonsentrasi di pemerintah pusat, yang membuat otoritas lokal hanya mendapatkan akses ke sekelompok kecil tenaga ahli yang tersisa.⁵⁰ Universitas di daerah perkotaan dapat memainkan peranan penting dalam upaya-upaya kota untuk mengadopsi dan mengimplementasikan praktik-praktik yang cerdas secara iklim melalui perubahan dalam kurikulum dan metode pengajaran yang memungkinkan para mahasiswa untuk menghabiskan waktu yang lebih banyak untuk memecahkan

KOTAK 2.4 *Membangun sinergi antara mitigasi dan adaptasi*

Pengaturan ruang dari kota-kota, atau bentuk perkotaan mereka, menentukan penggunaan dan efisiensi energi. Konsentrasi populasi dan konsumsi cenderung meningkat cepat pada tahap awal dari urbanisasi dan pembangunan. Daerah perkotaan yang lebih padat populasinya mempunyai efisiensi energi yang lebih besar dan jarak tempuh yang lebih pendek (lihat Bab 4, Kotak 4.7). Akan tetapi, meningkatkan kepadatan penduduk, aktivitas perekonomian, dan massa cenderung akan memperkuat efek iklim pada kota. Sebagai contoh, ruang hijau dapat mengurangi efek panas-pulau pada kota, tetapi dapat juga menjadi korban

untuk pengembangan bangunan. Dengan cara yang sama, kepadatan yang meningkat dikombinasikan dengan pengaspalan daerah serapan air mengurangi kemampuan saluran air kota untuk memitigasi bencana banjir.

Desain kota cerdas iklim dapat mendorong sinergi antara mitigasi dan adaptasi. Meningkatkan sumber energi yang dapat didaur ulang cenderung membantu desentralisasi pasokan energi. Ruang hijau memberikan keteduhan dan kesejukan, mengurangi kebutuhan gedung akan alat pendingin (AC) atau mendinginkan kota pada saat terjadi gelombang panas. Dan penghijauan atap dapat menghemat energi, mengurangi jumlah air

dari badai, dan memberikan kesejukan. Sinergi antara adaptasi dan mitigasi kerap kali berkaitan dengan ketinggian gedung, tata letak, lanskap, bahan, peneduhan, ventilasi, dan alat pendingin (AC).

Sejumlah desain cerdas iklim, yang mengombinasikan prinsip lingkungan, kepekaan sosial, dan efisiensi energi, sedang dirancang di China, seperti di Dongtan, dekat Shanghai, namun rencana tersebut sampai sekarang masih berupa cetak biru belaka.

Sumber: Girardet 2008; Laukkonen dkk. 2009 Yip 2008; McEvoy, Lindley, dan Handley 2006; Wang dan Yaping 2004; World Bank 2008g; Yip 2008.

masalah perkotaan di dalam praktik dunia nyata memecahkan permasalahan lokal.

Menjaga agar penduduk tetap sehat

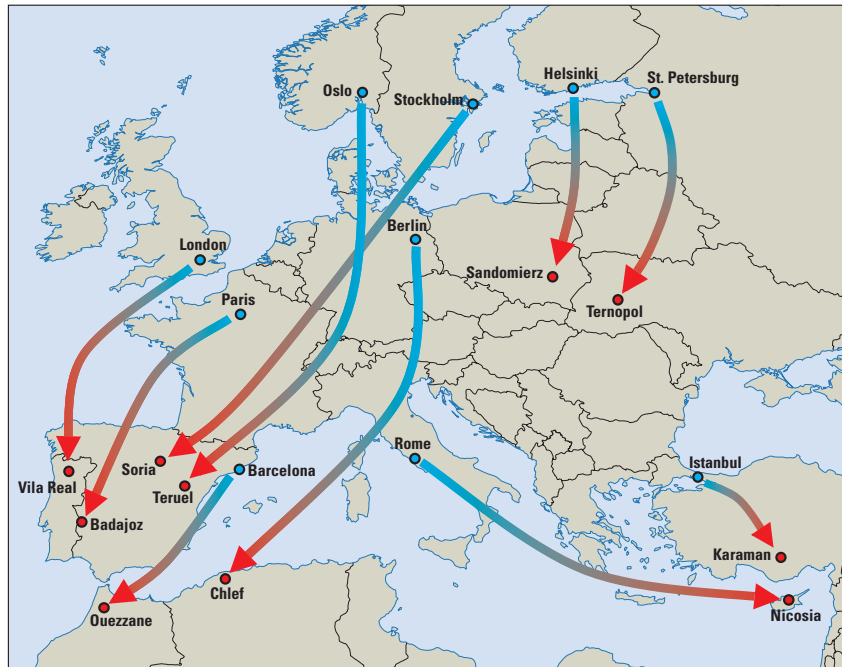
Penyakit-penyakit yang berkaitan dengan iklim, yaitu kekurangan gizi, diare, dan penyakit yang menular melalui perantara (khususnya malaria) telah memunculkan suatu masalah kesehatan yang sangat besar pada sejumlah wilayah, khususnya Afrika dan Asia Selatan. Perubahan iklim akan memperbesar efek masalah tersebut terhadap proses pembangunan dan akan sangat berpengaruh bagi kaum miskin (lihat Bab 1).⁵¹ Perkiraan tambahan dari angka kematian sebesar 150.000 jiwa per tahun yang disebabkan perubahan iklim pada dekade belakangan ini mungkin hanyalah bagian puncak dari gunung es.⁵² Efek tidak langsung dari perubahan iklim yang dimediasi oleh air dan sanitasi, ekosistem, dan habitat manusia dapat jauh lebih besar. Anak-anak sangatlah rentan terhadap kekurangan gizi dan penyakit menular (sebagian besar diare), yang merupakan bagian dari suatu lingkaran setan yang menyebabkan ketidakmampuan kognitif dan belajar yang secara permanen memengaruhi produktivitas di masa mendatang. Di Ghana dan Pakistan, besarnya biaya yang berkaitan dengan kekurangan gizi dan diare diperkirakan sebesar 9 persen dari produk domestik bruto (PDB) setelah memperhitungkan kerugian pada produktivitas jangka panjang pada tahun-tahun belakangan. Angka ini hanya akan bertambah seiring kondisi iklim berubah, jika proses adaptasi terhadap kondisi ini berjalan lambat.⁵³

Berbagai gelombang panas yang terjadi baru-baru ini, seperti yang terjadi pada tahun 2003 yang membunuh sekitar

70.000 orang di Eropa, menunjukkan bahwa negara-negara Eropa tidak siap untuk melindungi penduduknya dari suhu yang ekstrem.⁵⁴ Frekuensi dan intensitas gelombang panas mungkin meningkat (Peta 2.3),⁵⁵ dengan adanya pemanasan pulau pada perkotaan menyebabkan suhu meningkat sampai 3,5–4,5°C di atas suhu di daerah pedesaan.⁵⁶ Untuk kesiapan yang lebih baik, beberapa negara dan daerah metropolitan saat ini memiliki sistem peringatan kesehatan terkait pemanasan (Kotak 2.5).

Penyakit-penyakit yang dibawa oleh vektor, yang semakin menyebar secara geografis dan bermunculan kembali di Eropa Timur dan Asia Tengah.⁵⁷ Malaria telah merusak perekonomian di daerah tropis,⁵⁸ membunuh hampir 1 juta penduduk setiap tahunnya (sebagian besar anak-anak), dan perubahan iklim diproyeksikan akan membawa penyakit bagi 90 juta penduduk lainnya (meningkat 14 persen) pada tahun 2030, hanya di Afrika saja.⁵⁹ Demam berdarah juga mungkin meluas secara geografis (Peta 2.4) dan perubahan iklim dimungkinkan akan membahayakan penduduk sebesar dua kali lipat, dari 30 persen menjadi 60 persen secara global (atau 5–6 miliar jiwa) pada tahun 2070.⁶⁰ Untuk mendeteksi dan mengawasi penyakit yang mudah menjadi epidemik, sistem kesehatan nasional memerlukan sistem pengawasan dan peringatan dini yang lebih baik.⁶¹ Saat ini, pengawasan di berbagai belahan dunia gagal untuk mengantisipasi tekanan penyakit baru, seperti di Afrika, saat malaria sampai kepada penduduk kota akibat perluasan perkampungan di daerah kota ke wilayah transmisi malaria.⁶² Satelit penginderaan jarak jauh dan biosensor dapat memperbaiki akurasi dan presisi sistem pengawasan dan

Peta 2.3 Kota-kota di bagian utara perlu bersiap untuk menghadapi iklim Mediterania—sekarang



Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia, diolah dari Kopf, Ha-Duong, dan Hallegatte 2008.

Catatan: Dengan suhu global yang semakin meningkat, zona iklim akan bergeser ke utara, dan pada pertengahan abad ke-21, banyak kota-kota di Eropa bagian tengah dan utara akan "merasakan" Mediterania. Hal ini bukan berita baik dan mempunyai banyak implikasi: utilitas air akan perlu disesuaikan dengan rencana pengelolaan, dan pelayanan kesehatan akan perlu dipersiapkan untuk episode panas yang lebih ekstrem (mirip dengan gelombang panas Eropa pada 2003). Sementara pemanasan beberapa derajat tampak akan muncul pada musim dingin di Oslo (skenario ditunjukkan pada peta berkorespondensi secara perkiraan dengan suhu global sebesar 1,2°C relatif terhadap suhu saat ini), kebutuhan untuk berubah dalam perencanaan, manajemen kesehatan publik, dan infrastruktur perkotaan merupakan hal yang substansial. Bangunan yang didesain dan dirancang untuk musim dingin yang kejam akan perlu untuk berfungsi pada keadaan iklim yang lebih kering dan lebih panas, dan bangunan bersejarah akan mengalami kerusakan yang tidak dapat diperbaiki. Bahkan tantangan yang lebih berat adalah pada konstruksi bangunan baru saat ini karena desainnya harus fleksibel terhadap penyesuaian secara bertahap pada kondisi yang berbeda secara drastis selama dekade-dekade yang akan datang.

mencegah berjangkitnya penyakit melalui deteksi dini terhadap faktor perubahan iklim.⁶³ Saat ini model-model peramalan iklim musiman yang canggih dapat memprediksi waktu puncak dari transmisi malaria dan memberikan informasi kepada otoritas setempat di Afrika untuk menjalankan suatu sistem peringatan dini dan waktu tunggu yang lebih lama untuk memberikan respons yang lebih efektif.⁶⁴

Sebagian besar upaya untuk mencegah penyakit-penyakit ini bukanlah hal baru, namun perubahan iklim membuat perbaikan implementasi dari berbagai pendekatan kesehatan publik yang tertata dengan baik menjadi lebih penting.⁶⁵ Memutus jalur penyebaran penyakit memerlukan pengelolaan air

yang lebih baik (saluran air perkotaan), sanitasi dan kesehatan yang lebih baik (sistem pembuangan, fasilitas sanitasi, kebiasaan mencuci tangan yang lebih baik), dan pengendalian vektor yang lebih baik untuk membatasi atau melenyapkan serangga yang menyebarkan penyakit menular.⁶⁶

Intervensi semacam ini memerlukan tindakan intersektoral dan pembelanjaan umum yang terkoordinasi. Untuk penyakit yang disebarkan oleh air, intervensinya berasal dari badan kesehatan, pekerjaan umum, dan sarana publik.⁶⁷ Bersama-sama mengelola air, sanitasi, kebersihan, dan keamanan makanan—digabung dengan pengelolaan kesehatan dan bencana—dapat memberikan hasil yang besar.

KOTAK 2.5 *Bersiap menghadapi gelombang panas*

Setelah terjadinya gelombang panas pada tahun 2003, Menteri Kesehatan Spanyol dan CatSalut (layanan kesehatan wilayah Catalan) menjalankan sebuah rencana tindakan antarkementerian dan antardewan yang lengkap untuk mengurangi efek-efek gelombang panas terhadap kesehatan di masa depan.^a Rencana tersebut menggabungkan respons-respons dan komunikasi kesehatan (pada semua tahapan perawatan kesehatan) yang dipicu oleh suatu sistem peringatan kesehatan yang terkait dengan pemanasan.

Tiga tahap tindakannya adalah:

- Tahap 0 dimulai pada tanggal 1 Juni dan berfokus pada keadaan siap sedia.
- Tahap 1 dimulai sepanjang bulan Juli dan Agustus dan berfokus pada penilaian meteorologi (termasuk pencatatan suhu dan kelembapan harian), pengawasan penyakit, penilaian tindakan preventif, dan proteksi terhadap populasi yang berisiko.

- Tahap 2 diaktifkan hanya jika suhu naik di atas ambang batas (35°C pada wilayah pantai dan 40°C pada wilayah daratan), pada batas perawatan kesehatan dan sosial, maupun pada saat dimulainya respons layanan darurat.

Rencana tindakan dan respons sistem kesehatannya bergantung pada penggunaan pusat perawatan kesehatan primer (termasuk jasa layanan sosial) pada setiap wilayah. Pusat perawatan tersebut mengidentifikasi dan melokalisasi populasi yang rentan untuk meningkatkan jangkauan kepada populasi tersebut dan menyebarkan informasi kesehatan kepada publik selama musim panas. Mereka juga mengumpulkan data kesehatan untuk mengawasi dan mengevaluasi akibat-akibat gelombang panas terhadap kesehatan dan efektivitas dari intervensinya.

Tindakan serupa juga dilakukan di tempat-tempat lain. Wales memiliki sebuah kerangka

kerja untuk bersiap sedia untuk menghadapi dan merespons gelombang panas. Wales mempunyai kerangka kerja untuk kesiapan dan respons terhadap gelombang panas. Kerangka tersebut membuat panduan untuk mencegah dan mengobati penyakit yang berhubungan dengan pemanasan, menjalankan sistem peringatan dini pada bulan-bulan di musim panas, dan mempunyai mekanisme komunikasi dengan kantor meteorologi.^b Di kota metropolitan Shanghai, sistem peringatan kesehatan yang berkaitan dengan pemanasan merupakan bagian dari rencana pengelolaan beragam bahaya di kota tersebut.^c

Sumber:

a. CatSalut 2008.

b. Welsh Assembly Government 2008.

c. Shanghai Multi-Hazard Early Warning System Demonstration Project, <http://smb.gov.cn/SBOXWebInEnglish/TemplateA/Default/index.aspx> (diakses 13 Maret 2009).

Begitu pula halnya dengan melibatkan sektor swasta, jika hal ini meningkatkan kinerja sektor. Privatisasi layanan air di Argentina pada tahun 1990-an secara dramatis mengurangi angka kematian anak-anak yang berkaitan dengan penyakit yang disebarkan oleh air.⁶⁸

Pemantauan dan pengelolaan dampak-dampak kesehatan dari perubahan iklim akan memerlukan lebih banyak penggunaan perangkat-perangkat diagnostik baru. Kemajuan dalam genomika dan teknologi informasi mempercepat perancangan dari sejumlah besar peralatan diagnostik yang dapat membantu memantau penyebaran penyakit dan kemunculan penyakit baru. Peralatan komunikasi baru akan lebih memudahkan untuk mengumpulkan, menganalisis, dan menyebarkan informasi kesehatan secara tepat waktu.⁶⁹ Namun, memiliki peralatan semacam ini tidak akan memadai tanpa adanya program lanjutan untuk melatih pekerja

bidang perawatan kesehatan. Dengan cara serupa, reformasi institusional yang utama harus diperkenalkan untuk mengintegrasikan perawatan kesehatan ke dalam berbagai aktivitas lainnya. Sekolah, sebagai contoh, merupakan pusat utama bagi penyediaan perawatan kesehatan dasar dan juga sumber informasi dan pendidikan medis.

Bersiap untuk kejadian ekstrem

Bencana alam semakin hari semakin memakan korban secara ekonomis, dan mengelola bencana dengan lebih baik sangatlah penting untuk beradaptasi dengan perubahan iklim. Meskipun angka kematian yang disebabkan oleh bencana alam yang berkaitan dengan cuaca menurun,⁷⁰ kerugian ekonomi yang disebabkan oleh badai, banjir, dan kekeringan, semuanya meningkat (dari sekitar \$20 miliar per tahun pada awal tahun 1980-an menjadi \$70 miliar pada awal tahun 2000-an di negara yang

Peta 2.4 Perubahan iklim mengimbangi kembalinya demam berdarah di Amerika



Sumber: PAHO 2009.

Catatan: Penyakit infeksi dan yang disebabkan oleh vektor telah meluas hingga ke daerah geografis yang baru di seluruh dunia. Di Amerika, kejadian demam berdarah telah meningkat karena meningkatnya kepadatan populasi dan menyebarnya jalur perjalanan dan perdagangan. Perubahan kelembapan dan suhu yang disebabkan oleh perubahan iklim memperkuat penyakit yang diakibatkan vektor (nyamuk) menjadi lebih berkembang di daerah yang sebelumnya tidak cocok untuk perkembangan penyakit tersebut; lihat Knowlton, Solomon, dan Rotkin-Ellman 2009.

berpenghasilan tinggi, dan dari \$10 miliar per tahun menjadi \$15 miliar di negara berpenghasilan rendah dan menengah).⁷¹ Namun, kenaikan ini jelas didasari oleh keterpaparan yang lebih tinggi dari nilai ekonomi per area alih-alih dari perubahan iklim.⁷² Jumlah penduduk yang terpengaruh terus-menerus meningkat, dengan bagian yang terbesar di negara berpenghasilan menengah ke bawah yang dicirikan oleh pertumbuhan kota yang cepat (Figur 2.1).⁷³ Sekitar 90 persen kerugian ekonomi di negara berkembang ditanggung oleh rumah tangga, dunia usaha, dan pemerintah,

dan sisanya ditalangi oleh asuransi atau dana bantuan.

Kecuali dampak-dampak bencana dikurangi secara sistematis, hasil-hasil pembangunan di masa lampau akan terancam. Jadi fokusnya sekarang berpindah dari kejadian bencana pada risiko bencana, dan lebih banyak ke arah usaha pencegahan dibandingkan tindakan penyembuhan. Sejalan dengan *Hyogo Framework of Action*—Kerangka Aksi Hyogo untuk pengurangan risiko bencana (kerangka kebijakan yang didefinisikan oleh PBB pada tahun 2005), pemulihan dan rekonstruksi

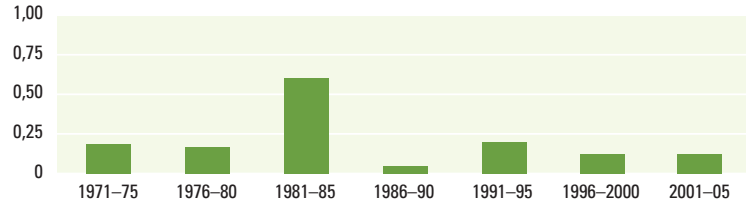
tengah dirancang sedemikian rupa untuk mengurangi risiko bencana di masa depan, menjembatani agenda kemanusiaan dan pembangunan.⁷⁴ Sektor swasta sangatlah penting dalam kerangka ini, sebab mereka menyediakan solusi-solusi finansial (asuransi, penilaian risiko) dan teknis (komunikasi, konstruksi, dan perlengkapan jasa layanan).⁷⁵

Perubahan iklim sangat meningkatkan kebutuhan akan pengelolaan yang efektif dari kejadian cuaca ekstrem dan pengelolaan risiko bencana yang meningkatkan kesiapan dan mencegah kerugian (Kotak 2.6).⁷⁶ Pada sejumlah tempat, risiko yang sebelumnya tidak lazim menyebar lebih luas, seperti yang terjadi di Afrika, di mana banjir meningkat dengan cepat (Figur 2.2), dan di Brazil, yang mengalami topan pertamanya di tahun 2004.⁷⁷

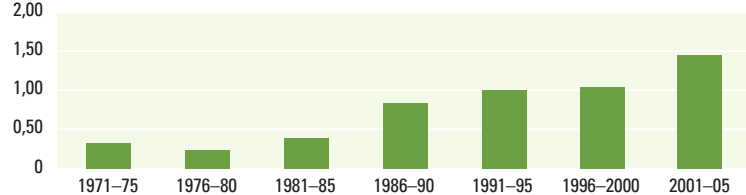
Pengumpulan informasi mengenai di mana pengaruh cuaca yang ekstrem mungkin terjadi dan konsekuensinya yang mungkin timbul, dibutuhkan data sosioekonomi (peta-peta yang menunjukkan kepadatan populasi atau nilai lahan) dan juga informasi fisik (catatan curah hujan atau episode ekstrem).⁷⁸ Akan tetapi, dalam suatu iklim yang berubah, kejadian di masa lalu tidaklah lagi merupakan suatu prolog (kejadian langka yang sesekali terjadi mungkin akan lebih sering terjadi) dan ketidakpastian iklim di masa depan merupakan suatu elemen yang penting dalam penilaian risiko dan evaluasi keputusan perencanaan. Hal yang sama pentingnya adalah pemantauan dan pembaruan data sosioekonomi secara periodik (untuk menggambarkan perubahan dalam pemanfaatan lahan dan demografi). Teknologi satelit dan informasi geografis memberikan cara-

Figur 2.1 Jumlah penduduk yang terpengaruh oleh penyakit yang berkaitan dengan iklim meningkat

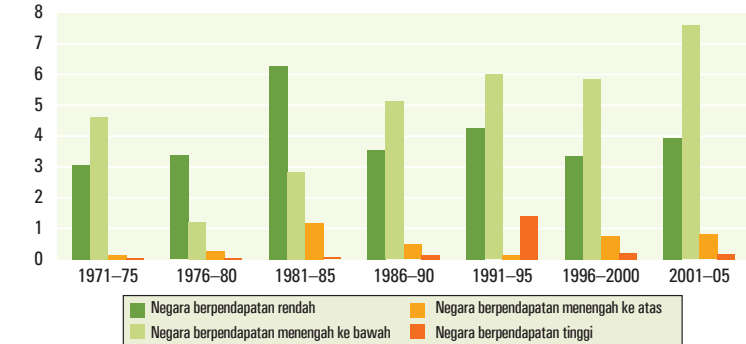
Jumlah penduduk yang meninggal per periode lima tahunan (juta)



Jumlah penduduk yang terpengaruh per periode lima tahunan (miliar)



Jumlah penduduk yang terpengaruh sebagai perbandingan dari populasi (%)



Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia; CRED 2009.

Catatan: Selama lebih dari 40 tahun, jumlah kematian berkurang tetapi jumlah penduduk yang terpengaruh berlipat setiap dekade. (Penduduk yang terpengaruh adalah penduduk yang memerlukan bantuan selama periode masa darurat dan juga termasuk penduduk yang direlokasi atau dievakuasi.) Di negara-negara berpendapatan rendah dan menengah, hampir 8 persen populasi terpengaruh setiap tahunnya. Kenaikan ini tidak hanya disebabkan oleh perubahan iklim; kebanyakan disebabkan oleh kenaikan populasi, infrastruktur yang terekspos secara berlebihan dan laporan kerusakan yang diperbaiki. Walau bagaimanapun juga, dampak pada penduduk merupakan hal yang nyata dan menunjukkan betapa pentingnya untuk mulai berfokus pada kekurangan adaptasi saat ini selagi bersiap menghadapi tekanan iklim di masa depan.

cara yang canggih untuk menghasilkan informasi fisik dan sosioekonomi secara cepat dan efektif dari segi biaya (Kotak 2.7; lihat juga Bab 3 dan Bab 7).

Banyak negara maju menyediakan peta risiko banjir yang terinci sebagai suatu layanan umum bagi para pemilik rumah, dunia usaha, dan otoritas lokal.⁷⁹ Di China, pemerintahnya telah mengembangkan peta semacam ini sejak tahun 1976, dan mengeluarkan peta risiko banjir yang menunjukkan zona-zona berisiko tinggi pada lembah-lembah sungai yang paling padat. Dengan sejumlah perangkat dari usaha ini, saat

ini para penduduk dapat memperoleh informasi mengenai kapan, bagaimana, dan ke mana mereka harus melakukan evakuasi. Peta ini juga dapat digunakan bagi perencanaan tata guna lahan dan desain gedung.⁸⁰ Dalam komunitas lokal, seperti di Bogota, jasa layanan semacam ini mendukung tindakan lokal,

KOTAK 2.6 *Menghadapi kemustahilan dan bergerak mendahului dampak-dampak: Mengelola risiko-risiko episode ekstrem sebelum mereka menjadi bencana*

Episode ekstrem iklim yang berulang—badai, banjir, kekeringan, kebakaran—menjadi ciri dari banyak tempat di dunia dan merupakan bagian dari sistem iklim. Perubahan iklim kemungkinan besar mengubah pola-pola episode ekstrem, namun dampak-dampak negatifnya dapat dikurangi melalui pengelolaan risiko yang sistematis. Langkah-langkah dasarnya adalah penilaian risiko, pengurangan risiko, dan mitigasi risiko.^a

Penilaian risiko, sebuah prasyarat awal bagi pengelolaan risiko, merupakan dasar bagi pengambilan keputusan yang jelas. Langkah ini berfokus pada tindakan dan sumber daya. Mengidentifikasi risiko-risiko yang melekat merupakan langkah pertama dan pada umumnya tidak memerlukan teknik yang rumit. Petani padi di Asia dengan mudah akan menunjuk lahan sawah mereka yang paling rentan terkena banjir. Manajer penyimpanan air mengenali kesulitan dalam pengelolaan permintaan listrik dan pasokan air yang bersaing ketika tingkat air rendah. Dan masyarakat dapat mengidentifikasi kelompok sosial dan orang-orang yang cenderung terpengaruh pertama kali ketika timbul kejadian cuaca yang tidak diharapkan.

Pengukuran risiko merupakan langkah selanjutnya dan terdapat beragam pendekatan, bergantung pada ruang lingkup penilaian risikonya. Berbagai komunitas menggunakan teknik partisipatif sederhana yang didasarkan pada indikator yang mudah diamati (seperti harga pasar untuk hasil panen bahan pokok selama musim kering) untuk memicu tindakan pada tingkat rumah tangga dan komunitas, atau menggunakan pemetaan berbasis komunitas untuk menentukan daerah rawan banjir. Penilaian risiko pada tingkat sektor (pertanian atau tenaga air), atau untuk suatu negara, pada umumnya memerlukan analisis data yang lebih sistematis dan kuantitatif (pemetaan luasan pertanian atau hidrologi regional).

Pemahaman risiko memerlukan investasi dalam kapasitas ilmiah, teknik, dan institusi untuk

mengamati, mencatat, meneliti, menganalisis, meramalkan, memodelkan, dan memetakan bahaya dan kerentanan alam. Sistem informasi geografis dapat mengintegrasikan sumber-sumber informasi ini dan memberikan suatu perangkat yang andal bagi para pengambil keputusan untuk memahami risiko—baik pada badan-badan nasional maupun pada tingkat lokal. Sejumlah negara berpenghasilan rendah dan menengah saat ini sedang menjalankan penilaian risiko dan secara sistematis memperkuat kapasitas mereka untuk mengelola bencana dengan lebih baik.^b

Pengurangan risiko memerlukan penempatan risiko secara lebih umum di dalam seluruh kerangka strategi pembangunan, yang lebih penting daripada sebelumnya seiring kepadatan penduduk dan infrastruktur meningkat. Sejak akhir tahun 1990-an, semakin diakui perlunya menangani risiko-risiko yang berasal dari bahaya alam dalam kerangka pembangunan strategis jangka menengah, dalam struktur legislasi dan institusional, dalam strategi dan kebijakan sektoral, dalam proses pembuatan anggaran, dalam proyek-proyek tersendiri, serta dalam pemantauan dan evaluasi. Pengarusutamaan memerlukan analisis tentang potensi kejadian bahaya terhadap kebijakan-kebijakan, program-program, dan proyek-proyek, demikian sebaliknya.

Inisiatif pembangunan tidaklah pasti akan mengurangi kerentanan terhadap bahaya alam, dan tanpa disadari mereka dapat menciptakan kerentanan baru atau memperparah kerentanan yang sudah ada. Solusi-solusi untuk secara bersama mempertahankan pembangunan, mengurangi kemiskinan, dan memperkuat ketahanan terhadap bahaya, oleh karena itu, haruslah diupayakan secara eksplisit. Pengurangan risiko bencana harus meningkatkan ketahanan dan membantu masyarakat untuk beradaptasi terhadap risiko yang baru dan yang meningkat. Namun, bahkan hal ini tidak dapat dipastikan. Sebagai contoh, investasi dalam

pengendalian banjir struktural yang dirancang menurut sejumlah probabilitas masa kini mungkin akan menambah kerugian di masa depan dengan cara mendorong pembangunan di area rawan banjir saat ini, namun membiarkan area tersebut lebih rentan terhadap kerusakan yang besar di masa depan. Jadi, prediksi perubahan iklim harus dipertimbangkan dalam pengambilan keputusan di masa kini dan perencanaan untuk jangka waktu yang lebih panjang.

Mitigasi risiko meliputi tindakan-tindakan untuk meminimalisasi dampak-dampak selama berlangsungnya suatu kejadian dan juga setelahnya. Sistem peringatan dan pengawasan dini memanfaatkan sistem teknologi informasi dan komunikasi untuk memberikan peringatan terhadap kejadian ekstrem jauh sebelum kejadian tersebut terjadi. Supaya informasi tersebut dapat menyelamatkan banyak jiwa, badan-badan pengelolaan bencana membutuhkan mekanisme yang cocok untuk menerima dan mengomunikasikan informasi kepada komunitas-komunitas lokal jauh sebelum waktunya tiba. Hal ini memerlukan pelatihan kesiapan yang sistematis, pembangunan kapasitas dan peningkatan kesadaran, serta koordinasi di antara satuan-satuan nasional, wilayah, dan lokal. Pengambilan tindakan secara cepat dan terarah setelah terjadinya bencana juga sama pentingnya, termasuk perlindungan sosial bagi komunitas yang paling rentan dan suatu strategi untuk pemulihan dan rekonstruksi.

Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia, Ranger, Muir-Wood, dan Priya 2009; PBB 2007; PBB 2009; NRC 2006; Benson dan Twigg 2007.

a. Istilah mitigasi di sini mengacu pada penghindaran kerugian akibat episode ekstrem iklim, misalnya, dengan mengevakuasi penduduk dari daerah banjir, melalui usaha-usaha antisipasi jangka pendek terhadap ancaman yang segera.

b. Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (Fasilitas Global untuk Pengurangan Bencana dan Pemulihan), www.gfdrr.org (diakses 15 Mei 2009); Prevention, www.preventionconsortium.org (diakses 15 Mei 2009).

di mana informasi berbasis risiko serupa untuk zona rawan gempa buminya memperkuat ketahanan masyarakat.⁸¹

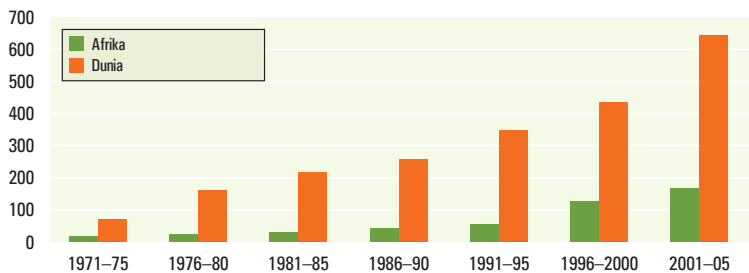
Risiko tidak pernah dapat dihilangkan, dan berada dalam kondisi siap untuk mengatasi episode ekstrem merupakan hal yang sangat penting untuk melindungi penduduk. Sistem peringatan dan rencana respons (katakanlah, untuk respons evakuasi dan darurat) menyelamatkan nyawa dan mencegah kerugian yang dapat dielakkan. Melibatkan masyarakat dalam kesiapan dan komunikasi darurat melindungi mata pencaharian mereka. Sebagai contoh, masyarakat Mozambique di sepanjang sungai Buzi menggunakan radio untuk memperingatkan komunitas di bagian hilir akan bahaya banjir.⁸² Bahkan dalam masyarakat yang sangat terisolasi, tindakan lokal dapat mengurangi risiko, menciptakan lapangan pekerjaan, dan mengatasi kemiskinan (Kotak 2.8). Pada tingkat nasional, berada dalam kondisi siap secara finansial untuk memberikan bantuan segera setelah terjadinya bencana merupakan hal yang penting untuk mencegah kerugian jangka panjang bagi masyarakat.

Mengelola risiko finansial: Instrumen yang fleksibel bagi keberlanjutan

Kebijakan publik menciptakan suatu kerangka kerja yang menentukan peranan-peranan dan tanggung jawab yang jelas dari sektor publik, sektor swasta, rumah tangga, dan individu. Inti dari kerangka kerja tersebut adalah sebuah spektrum manajemen risiko dengan tanggung jawab yang berlapis. Suatu kekeringan kecil yang menyebabkan kerugian yang kecil dalam produksi dapat dikelola oleh rumah tangga melalui pembagian risiko

Figur 2.2 Kejadian banjir meningkat, bahkan di daerah rawan kering Afrika

Kejadian per periode lima tahun



Sumber: Analisis tim Laporan Pembangunan Dunia dari CRED 2009.

Catatan: Kejadian banjir meningkat di mana-mana tetapi khususnya di Afrika, dengan wilayah baru yang terpapar banjir dan kurangnya waktu untuk pemulihan di antara kejadian banjir. Pelaporan kejadian mungkin telah diperbaiki sejak 1970-an, tetapi hal ini bukanlah hal utama yang menyebabkan peningkatan jumlah banjir yang dilaporkan, karena frekuensi kejadian bencana lainnya di Afrika, seperti kekeringan dan gempa bumi, tidak menunjukkan peningkatan yang serupa.

KOTAK 2.7 Data satelit dan informasi geologi sangatlah penting dalam pengelolaan risiko—dan murah

Data satelit dan teknologi informasi geografis kerap kali tersedia cuma-cuma atau pada biaya yang wajar, dan peranti lunak dan perangkat untuk menggunakan teknologi semacam ini dapat dioperasikan pada komputer biasa.

Satelit memantau kelembapan dan tumbuh-tumbuhan dan menyediakan informasi yang tidak ternilai bagi layanan perluasan pertanian. Satelit menelusuri badai tropis dan memberikan peringatan dini bagi komunitas daerah pantai. Dengan memetakan dampak banjir, satelit menunjang operasi pemulihan dan rekonstruksi. Satelit memetakan hutan dan kuantitas total dari organisme yang ada dan membekali penduduk asli hutan

dengan informasi. Sensor beresolusi tinggi mengidentifikasi invasi kota ke dalam zona yang berbahaya. Peralatan untuk menempatkan posisi secara geografis yang digunakan dalam penelitian dapat mengungkapkan informasi baru mengenai bagaimana rumah tangga berinteraksi dengan lingkungan alam. Sistem informasi geografis menyederhanakan manajemen data, memastikan informasi tersedia ketika dibutuhkan, dan menyediakan perangkat yang cepat dan efektif dari segi biaya untuk membuat dasar pengetahuan bagi pengambilan kebijakan yang jelas dan memahami pola risiko pada lokasi-lokasi di mana data dan pengetahuan semacam ini masih terbatas.

Untuk memanfaatkan jasa layanan dan teknologi semacam ini secara luas dan efektif di negara berkembang karena tidak dibutuhkan investasi besar—investasi dalam pendidikan yang lebih tinggi, membangun kapasitas institusional, pusat-pusat penelitian regional yang berfokus pada misi, dan mendorong upaya-upaya swasta, seluruhnya merupakan elemen yang paling utama.

Sumber: ESA 2002; NRC 2007a; NRC 2007b.

KOTAK 2.8 *Menciptakan lapangan pekerjaan untuk mengurangi risiko banjir*

Hujan deras merupakan hal biasa di Liberia, sekalipun demikian, sistem aliran airnya tidak dipelihara selama beberapa dekade karena terbelenggu oleh perang saudara. Akibatnya, banjir telah menimbulkan bencana yang berulang-ulang baik pada tatanan pedesaan maupun perkotaan. Pembersihan saluran bukanlah merupakan prioritas bagi pejabat pemerintah atau penduduk, karena tidak ada seorangpun yang memiliki sumber dayanya. Namun, setelah *Mercy Corps*, sebuah LSM internasional, menyediakan kemungkinan pilihan untuk mendapatkan

uang dari bekerja, para pejabat pemerintah mulai merangkainya. Pada bulan September 2006 sebuah proyek satu tahun diluncurkan di lima wilayah untuk membersihkan dan merehabilitasi sistem saluran air. Proyek ini secara signifikan meningkatkan aliran air hujan dan mengurangi banjir dan risiko kesehatan yang berkaitan. Proyek tersebut juga merehabilitasi sumur dan memperbaiki akses pasar dengan membersihkan jalan raya dan membangun jembatan kecil.

Sumber: Mercy Corps 2008.

secara informal dan masyarakat berbasis pembagian risiko sekurangnya beberapa kekeringan kecil yang terjadi dalam periode pendek (lihat Bab 1). Suatu kekeringan yang lebih hebat, misalnya yang terjadi setiap 10 tahun, dapat dikelola melalui instrumen pemindahan risiko dalam sektor swasta. Namun, untuk kejadian yang paling hebat dan luas, pemerintah harus bertindak sebagai penjamin terakhir. Pemerintah harus mengembangkan suatu kerangka kerja yang memungkinkan masyarakat untuk membantu mereka sendiri dan sektor swasta untuk memainkan suatu peran aktif dan layak secara komersial, sambil membuat sejumlah ketentuan untuk menutupi kewajiban-kewajiban yang timbul dari kejadian bencana yang luar biasa.

Menyediakan lapisan-lapisan perlindungan

Penggunaan dan dukungan mekanisme asuransi telah mendapatkan sejumlah perhatian dalam konteks adaptasi.⁸³ Asuransi dapat memberikan proteksi terhadap kerugian yang berkaitan dengan kejadian iklim ekstrem dan mengelola biaya yang tidak dapat ditalangi oleh bantuan internasional, oleh pemerintah,

atau oleh para warga.⁸⁴ Beberapa pendekatan yang telah dikembangkan dan diujicobakan, seperti produk mikroasuransi dan beberapa turunannya yang berbasis iklim pada pasar swasta. Mempertimbangkan asuransi indeks iklim untuk sejumlah kecil pengelola pertanian di India yang memberikan kompensasi kepada ratusan hingga ribuan petani di beberapa kasus musim kering yang parah—dan asuransi umum Karibia yang dengan cepat memberikan likuiditas kepada pemerintah setelah terjadinya bencana.⁸⁵

Namun, asuransi bukanlah sebuah peluru perak—ini hanyalah satu elemen dalam suatu kerangka manajemen risiko yang lebih luas yang mendorong pengurangan risiko (menghindari kerugian yang dapat dielakkan) dan yang memberikan imbalan bagi praktik-praktik manajemen risiko yang kokoh (seperti pemilik rumah yang menerima pengurangan premi jika mereka memasang alarm kebakaran). Jika iklim cenderung bergerak ke arah yang dapat diprediksi (ke kondisi cuaca yang lebih panas atau kering, sebagai contoh), maka asuransi tidak dapat dijalankan. Asuransi cocok ketika dampak-dampaknya acak dan terjadi sesekali, membantu rumah tangga, dunia usaha, dan pemerintah untuk menyebarkan risiko selama suatu kurun waktu (dengan membayar premi tetap alih-alih menalangi semua biaya sekaligus) dan secara geografis (dengan membagi risiko dengan pihak lain). Jadi, asuransi tidak menghapus risiko, melainkan mengurangi variansi kerugian yang berkaitan dengan kejadian cuaca jangka pendek.

Asuransi terhadap badai, banjir, kekeringan, baik yang diberikan kepada pemerintah maupun individu, merupakan hal yang sulit dikelola. Risiko iklim cenderung memengaruhi

keseluruhan wilayah atau sekelompok besar masyarakat secara simultan, seperti ribuan peternak di Mongolia yang menyaksikan peternakan mereka musnah ketika satu musim panas yang kering diikuti oleh satu musim salju yang sangat dingin di tahun 2002 (Kotak 2.9). Kedua kejadian yang saling bergantung ini merupakan ciri-ciri dari sejumlah risiko iklim dan membuat asuransi menjadi sangat sulit untuk disediakan, karena klaimnya cenderung untuk mengelompok dan memerlukan modal cadangan dan usaha administratif yang besar.⁸⁶ Ini merupakan salah satu alasan mengapa risiko iklim utama tidak ditalangi secara menyeluruh oleh asuransi, khususnya di dunia berkembang. Tentu saja, institusi keuangan mikro kerap kali membatasi bagian pinjaman pertanian dalam portofolio mereka, karena takut jika pengaruh cuaca yang

meluas menyebabkan klien mereka gagal membayar pinjamannya.⁸⁷

Penyediaan jasa layanan finansial sejak lama telah menjadi suatu tantangan yang bertahan lama dalam pembangunan, karena sejumlah alasan yang tidak berkaitan dengan perubahan iklim. Akses ke produk-produk asuransi pada umumnya jauh lebih lemah di negara berkembang (Figur 2.3), yang digambarkan oleh penetrasi jasa layanan finansial yang secara umum lebih rendah di daerah pedesaan. *Philippines Crop Insurance Corporation* menjangkau sekitar 2 persen dari kaum petani, dengan jangkauan yang lebih besar di zona yang lebih produktif dan makmur.⁸⁸ Penyediaan jasa layanan finansial bagi populasi di pedesaan adalah hal yang menantang dan berisiko, karena sejumlah rumah tangga di pedesaan bukanlah bagian

KOTAK 2.9 *Kerja sama publik dan swasta untuk berbagi risiko iklim—Asuransi peternakan mongolia*

Sebuah konsep penting dari pengelolaan risiko iklim adalah pembagian risiko oleh masyarakat, pemerintah, dan dunia usaha. Pada para peternak di Mongolia, pemerintah nasional dan perusahaan asuransi mengembangkan sebuah skema untuk mengelola risiko finansial yang timbul dari masa-masa yang sangat dingin pada episode-episode musim salju-musim semi (*dzud*) yang secara periodik menghasilkan kematian ternak yang meluas. Episode-episode ini memusnahkan 17 persen peternakan di tahun 2002 (di beberapa wilayah sampai 100 persen), dengan kerugian sebesar \$200 juta (16 persen dari PDB).

Pada skema ini para peternak mengemban tanggung jawab atas kerugian yang lebih kecil yang tidak memengaruhi jalannya usaha atau rumah tangga mereka, dan mereka biasanya menggunakan kesepakatan dengan anggota masyarakat untuk menyangga kerugian yang lebih kecil. Kerugian yang lebih besar (sekitar 10–30 persen) ditutupi oleh asuransi peternakan komersial yang disediakan oleh perusahaan asuransi Mongolia. Suatu program asuransi sosial

yang disediakan oleh pemerintah menanggung kerugian yang berkaitan dengan kematian ternak akibat bencana besar yang akan membuat para peternak dan perusahaan asuransi sama-sama kewalahan. Pendekatan bertingkat atau berlapis ini menentukan suatu kerangka yang jelas bagi asuransi diri yang dilakukan oleh para peternak, asuransi komersial, dan asuransi sosial.

Sebuah inovasi yang penting adalah penggunaan asuransi indeks, alih-alih asuransi peternakan individu, yang terbukti tidak efektif karena verifikasi kerugian individu cenderung dipenuhi dengan bahaya moral dan kerap kali biayanya sangat tinggi sehingga tidak mungkin diteruskan. Dengan asuransi jenis baru ini, para peternak diberikan kompensasi berdasarkan angka kematian ternak rata-rata pada distriknya, dan tidak lagi diperlukan penilaian kerugian masing-masing. Hal ini memberikan insentif pada perusahaan asuransi Mongolia untuk menawarkan asuransi komersial kepada para peternak, yang sebelumnya segan untuk mereka lakukan.

Skema ini memberikan keuntungan bagi semua pihak. Para peternak dapat membeli asuransi untuk menanggulangi kerugian yang tidak dapat dihindari. Perusahaan asuransi dapat memperluas usahanya ke daerah-daerah pedesaan, dengan demikian memperkuat infrastruktur layanan finansial di daerah pedesaan. Pemerintah, dengan menyediakan asuransi sosial yang terstruktur dengan baik, dapat mengelola risiko fiskalnya secara lebih baik. Meskipun sebuah kejadian bencana besar membuat pemerintah menjadi terpapar pada risiko potensial yang signifikan, pemerintah telah dipaksa secara politis untuk menyerap risiko yang bahkan lebih besar lagi di masa lalu. Oleh karena pemerintah menanggulangi akibat-akibat dari bencana yang besar, maka asuransi komersial, yang terbatas pada tingkat kematian yang menengah, dapat ditawarkan pada biaya yang rendah.

Sumber: Mahul dan Skees 2007; Meams 2004.

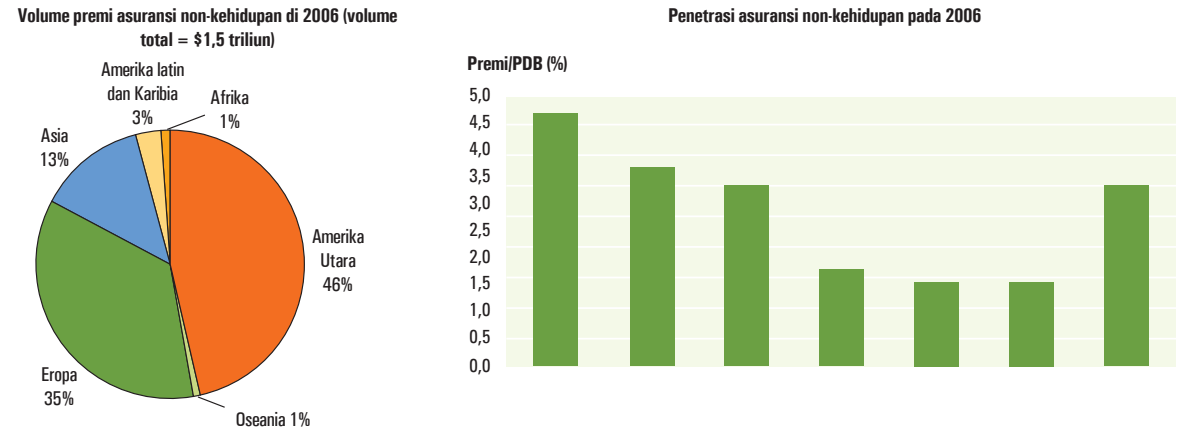
dari perekonomian yang menghasilkan uang dan bermata pencaharian yang sensitif terhadap cuaca. Pada tatanan kota, penduduk lebih terkonsentrasi, namun menjangkau kaum miskin dalam perekonomian informal tetap saja sulit.

Perubahan iklim dapat semakin mengikis kemampuan dari risiko yang terkait iklim untuk diasuransikan. Perubahan iklim yang tidak terkendali dapat menyebabkan sejumlah risiko iklim tidak lagi dapat diasuransikan atau terlalu mahal. Kemampuan untuk diasuransikan memerlukan kemampuan untuk mengidentifikasi dan mengukur (atau paling sedikit mengestimasi secara parsial) kemungkinan suatu kejadian dan kerugian yang berkaitan, untuk menentukan premi, dan untuk memvariasikan risiko di antara individu-individu atau satuan-satuan kolektif.⁸⁹ Jika dapat memenuhi ketiga syarat ini, maka sebuah risiko dapat diasuransikan, namun tidak otomatis menguntungkan, karena biaya transaksi untuk mengoperasikan sebuah program asuransi dapat cukup tinggi, seperti yang dicerminkan dalam rasio premi-terhadap-klaim yang rendah pada sejumlah program asuransi pertanian.⁹⁰ Ketidakpastian yang muncul dari perubahan iklim mengacaukan proses penaksiran asuransi yang mendasari pasar asuransi.⁹¹ Dan memvariasikan risiko akan menjadi lebih sulit karena perubahan iklim akan menyebabkan efek-efek yang lebih sinkron, meluas, dan sistemik secara global dan regional, efek-efek yang sulit untuk diseimbangkan di wilayah atau segmen pasar lainnya.

Berkurangnya kemampuan untuk diasuransikan menunjukkan sebuah ketergantungan yang kuat pada pemerintah sebagai penjamin terakhir, sebuah peran yang telah dilakukan secara implisit oleh sejumlah pemerintahan.

Namun, rekam jejak dari pemerintah tidaklah luar biasa, baik di dunia berkembang maupun dunia maju. Sebagai contoh, Badai Katrina di tahun 2005 telah membuat program asuransi banjir di AS bangkrut 10 kali lipat dengan jumlah klaim dalam satu tahun yang lebih besar dari yang pernah terjadi dalam sejarahnya selama 37 tahun. Dan sejumlah kecil program asuransi yang disponsori pemerintah secara finansial dapat berkelanjutan tanpa subsidi besar.⁹² Pada saat yang bersamaan, jika besaran kerugian diasosiasikan dengan kejadian bencana alam saat ini dengan indikasi kemampuan kerugian di masa depan untuk diasuransikan sebagai akibat dari perubahan iklim, hal ini akan menyakinkan aturan eksplisit secara lebih untuk sektor publik dalam menyerap kerusakan jauh melampaui kapasitas sektor swasta.⁹³

Asuransi bukanlah obat yang mujarab untuk beradaptasi terhadap risiko iklim dan hanyalah *satu* strategi untuk mengatasi *beberapa* dampak dari perubahan iklim. Asuransi pada umumnya tidak cocok untuk dampak iklim yang sifatnya jangka panjang dan berdampak ireversibel, seperti kenaikan permukaan laut dan perubahan menjadi padang gurun, fenomena yang akan membawa kerugian besar bagi perusahaan asuransi dan karenanya menjadi tidak dapat diasuransikan. Asuransi juga harus dipertimbangkan dalam strategi manajemen risiko dan adaptasi secara keseluruhan, yang termasuk peraturan pemanfaatan lahan dan kode etik bangunan yang kuat, untuk menghindari perilaku kontraproduktif—atau salah adaptasi (terus-menerus tinggal di daerah pantai yang rawan badai)—karena adanya keamanan dalam suatu kontrak asuransi.⁹⁴

Figur 2.3 Asuransi terbatas pada dunia berkembang

Sumber: Swiss Re 2007.

Catatan: Asuransi merupakan pasar utama negara-negara maju seperti yang ditunjukkan berdasarkan pembagian premi regional (kiri), dan penetrasi (premi sebagai persen PDB) dari asuransi non-kehidupan (kanan). Asuransi non-kehidupan meliputi asuransi properti, kecelakaan, dan penyakit (biasa disebut asuransi umum), asuransi kesehatan, dan asuransi produk yang tidak termasuk dalam asuransi kehidupan.

Mempertahankan likuiditas pemerintah

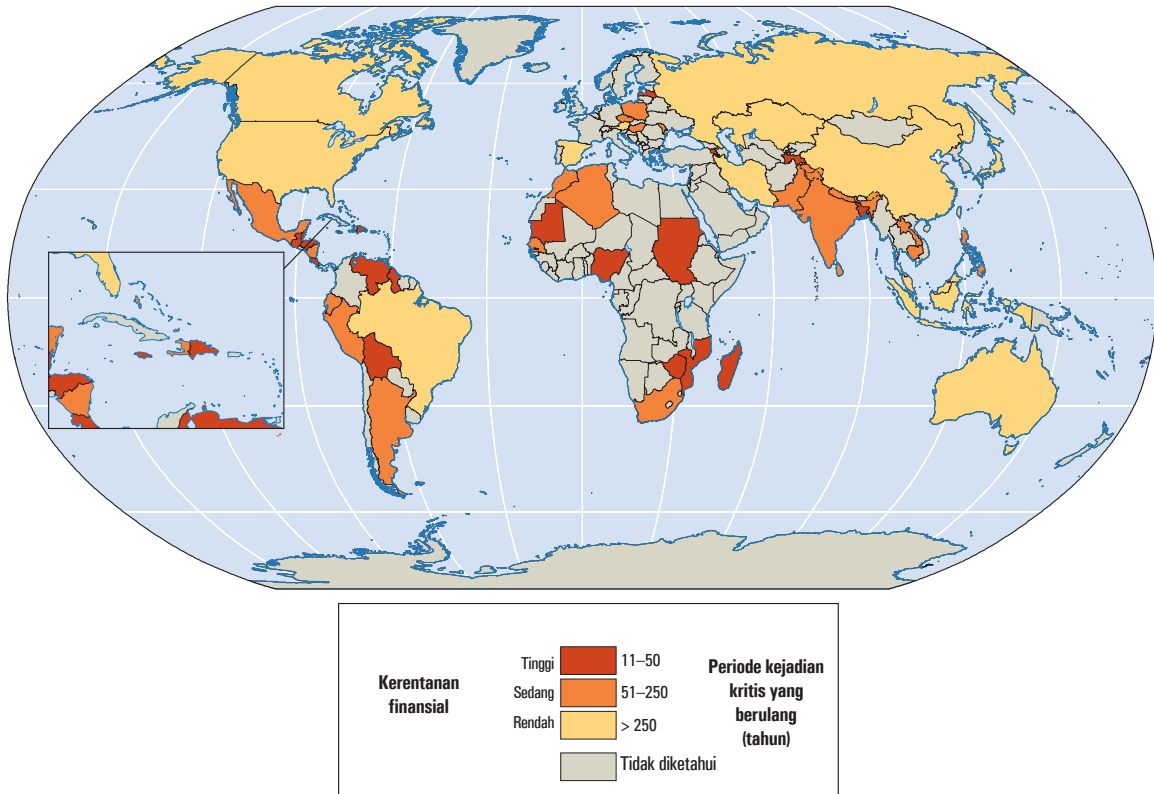
Perencanaan finansial mempersiapkan banyak pemerintahan di dunia untuk menghadapi dampak-dampak bencana iklim yang besar dan mempertahankan layanan pemerintah yang mendasar sesaat setelah terjadinya suatu bencana.⁹⁵ Kesepakatan pembiayaan yang telah disusun sebelumnya—seperti dana cadangan bencana, lini kredit kontingensi, dan obligasi bencana—memungkinkan pemerintah untuk merespons dengan cepat, memperbesar skala program perlindungan sosial, dan menghindari kerugian jangka panjang yang membebani rumah tangga dan masyarakat, ketika penduduk tidak memiliki tempat tinggal, kehilangan pekerjaan, dan mengalami kesulitan dalam mendapatkan hal-hal yang mendasar.⁹⁶ Memiliki dana segera yang dapat digunakan untuk memulai proses rehabilitasi dan pemulihan mengurangi efek-efek bencana yang lainnya terhadap pembangunan.

Sejumlah negara kecil secara finansial lebih rentan terhadap kejadian bencana besar karena besarnya kerugian yang berkaitan dengan bencana relatif terhadap ukuran perekonomiannya

(Peta 2.5); di Grenada pada tahun 2004, sebagai contoh, angin dari Badai Ivan menyebabkan kerugian yang besarnya ekuivalen dengan lebih dari 200 persen PDB negara tersebut.⁹⁷ Oleh karena bantuan dari luar tidak selalu tersedia seketika dan untuk memperlancar pendanaan darurat dan meminimalisasi gangguan layanan, 16 negara Karibia memiliki skema manajemen risiko finansial yang terstruktur dengan baik. Dioperasikan sejak tahun 2007, skema ini menyediakan likuiditas yang cepat bagi pemerintah-pemerintah pasca terjadinya badai dan gempa bumi yang destruktif, menggunakan akses yang inovatif ke pasar asuransi ulang internasional yang dapat mendiversifikasi dan menyeimbangkan risiko secara global (Kotak 2.10).

Bahkan negara-negara miskin dapat mengelola risiko-risiko iklim secara lebih efektif dengan memanfaatkan informasi, pasar, perencanaan yang baik, dan bantuan teknis dengan cara-cara yang cerdas. Dengan membangun kemitraan dengan perusahaan asuransi, pemerintah, dan institusi finansial internasional, negara-negara miskin dapat mengatasi keengganan sektor swasta untuk menyuntikkan modal dan keahlian ke

Peta 2.5 Negara-negara kecil dan miskin rentan secara finansial terhadap episode cuaca ekstrem



Sumber: Mechler dkk. 2009.

Catatan: Peta menunjukkan derajat di mana negara-negara yang rentan secara finansial terhadap banjir dan badai. Sebagai contoh, di negara-negara yang diarsir warna merah, beberapa kejadian cuaca yang akan memengaruhi kemampuan finansial sektor publik untuk memperbaiki infrastruktur yang rusak dan melanjutkan pembangunan yang direncanakan diperkirakan sekitar sekali setiap 11 sampai 50 tahun (probabilitas tahunan sebesar 2–10 persen). Kerentanan finansial yang tinggi pada ekonomi kecil menggarisbawahi keperluan perencanaan kontingensi keuangan untuk meningkatkan ketahanan pemerintah melawan bencana yang akan datang. Hanya 74 negara-negara yang sangat rawan bencana yang mengalami kerugian langsung sebesar kurang lebih 1 persen PDB karena banjir, badai, dan kekeringan selama periode 30 tahun terakhir yang dimasukkan dalam analisis.

dalam pasar yang berpenghasilan rendah ini. Di tahun 2008, Malawi mempelopori suatu kontrak manajemen risiko yang berbasis cuaca untuk melindunginya dari kekeringan yang akan menyebabkan kekurangan dalam produksi jagung nasional (yang seringkali disertai dengan perubahan besar dalam harga barang kebutuhan dan kesulitan pangan). Sebagai ganti dari sebuah premi, sebuah perusahaan reasuransi internasional berkomitmen untuk membayar suatu jumlah yang telah disepakati sebelumnya kepada pemerintah Malawi jika terjadi kondisi kekeringan hebat yang telah didefinisikan sebelumnya, sebagaimana diukur dan dilaporkan oleh layanan

cuaca Malawi. *The World Bank Treasury* bertindak sebagai perantara yang dapat dipercaya pada pasar, meningkatkan kepercayaan dalam transaksi pada kedua belah pihak. Oleh karena pembayaran dan parameter-parameter kekeringan telah ditetapkan sebelumnya, maka pembayaran dari sebuah produk finansial semacam ini dapat dilakukan dengan cepat, dan pemerintah dapat membeli jagung secara langsung dari pasar komoditas regional untuk mengamankan kondisi pangan negaranya secepat mungkin sebelum musim kering dapat memengaruhi masyarakat yang paling rentan, mengurangi biaya respons secara signifikan, dan mengurangi

ketergantungan untuk memohon kepada dunia internasional untuk memperoleh bantuan.⁹⁸

Supaya inisiatif ini menjadi terjangkau dan berkesinambungan, pengurangan risiko bencana haruslah ditingkatkan secara sistematis untuk meminimalisasi ketergantungan pemerintah terhadap sejumlah kesepakatan finansial untuk lebih banyak lagi kerugian yang sifatnya rutin. Pembiayaan yang memiliki ketergantungan memerlukan biaya kesempatan, dan harus menutupi kebutuhan finansial pemerintah yang paling mendesak serta kerugian yang paling ekstrem saja. Berbagai layanan perluasan lahan pertanian, penegakan kode etik bangunan, dan perencanaan perkotaan strategis merupakan beberapa contoh di mana tindakan pemerintah dapat mengurangi konsekuensi yang dapat dihindari dan kemungkinan hasil yang paling ekstrem. Hal-hal yang sama pentingnya adalah sistem peringatan dini untuk memberikan peringatan dan mencegah hilangnya nyawa manusia dan kerusakan ekonomis. Sistem semacam ini, yang didukung oleh pemerintah, dapat membawa efek dramatis, seperti yang terjadi di Bangladesh, di mana angka kematian penduduk akibat banjir dan badai telah dapat dikurangi, dan begitu pula kebutuhan pemerintah untuk membiayai kerugiannya.⁹⁹

Mengelola risiko sosial: Memberdayakan masyarakat untuk melindungi diri mereka sendiri

Pengaruh perubahan iklim bagi setiap orang tidaklah sama.¹⁰⁰ Bagi rumah tangga yang miskin, ketegangan iklim sedikit saja dapat mengakibatkan kehilangan yang tak terbalikkan dalam hal modal manusia dan fisik.¹⁰¹ Pengaruhnya

KOTAK 2.10

Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility: Asuransi terhadap gangguan layanan pascabencana

Di antara banyaknya tantangan yang dihadapi pemerintahan negara-negara pulau yang kecil akibat bencana alam, salah satunya adalah memperoleh akses seketika untuk mendapatkan uang tunai untuk mengimplementasikan upaya pemulihan yang mendesak dan menjaga terselenggaranya layanan dasar pemerintahan. Tantangan ini sangat penting bagi negara-negara Karibia, yang ketahanan ekonominya dibatasi oleh kerentanan yang terus meningkat dan utang yang besar.

Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility yang baru menyediakan suatu instrumen asuransi yang serupa dengan asuransi gangguan bisnis pada pemerintahan-pemerintahan dalam Komunitas Karibia. Instrumen ini menyediakan likuiditas jangka pendek jika negara-negara tersebut menderita kerugian bencana besar yang diakibatkan oleh badai atau gempa bumi.

Terdapat sejumlah instrumen untuk membiayai upaya pemulihan jangka panjang, namun fasilitas ini mengisi suatu kekosongan

dalam pembiayaan kebutuhan jangka pendek melalui asuransi parametris. Fasilitas ini mengeluarkan dana berdasarkan timbulnya suatu kejadian dengan intensitas yang telah didefinisikan sebelumnya, tanpa harus menunggu penaksiran kerugian di tempat dan konfirmasi formal. Asuransi parametris yang secara umum lebih murah ini menyelesaikan klaim dengan cepat, karena pengukuran indeks parametris hampir selalu dilakukan seketika. Fasilitas ini memungkinkan negara-negara yang berperan serta untuk mengumpulkan risiko masing-masing ke dalam satu portofolio yang terdiversifikasi lebih baik, dan memfasilitasi akses ke pasar reasuransi.

Asuransi parametris harus menjadi bagian dari strategi finansial yang komprehensif, menggunakan serangkaian instrumen untuk dapat mengatasi berbagai jenis kejadian dan probabilitasnya.

Sumber: Ghesquiere, Jamin, dan Mahul 2006; World Bank 2008e.

terhadap anak-anak dapat bersifat jangka panjang dan memengaruhi pendapatan seumur hidup melalui pendidikan (berhenti bersekolah setelah mengalami kejutan), kesehatan (efek gabungan dari sanitasi yang buruk dan penyakit yang disebarkan oleh air atau vektor), dan gangguan pertumbuhan.¹⁰² Kaum wanita di negara berkembang sangat mengalami efek-efek dari iklim karena banyak tanggung jawab rumah tangga (seperti mengumpulkan dan menjual hasil tanaman liar) dipengaruhi oleh ketidakaturan iklim.¹⁰³ Rumah tangga dan komunitas beradaptasi melalui pilihan mata pencaharian, alokasi aset, preferensi lokasi, dan sering bergantung pada pengetahuan tradisional untuk menginformasikan keputusan.¹⁰⁴ Penduduk akan lebih bersedia dan mampu untuk berubah jika mereka memiliki sistem pendukung

sosial yang mengombinasikan kegiatan saling berbagi dalam komunitas, asuransi sosial yang tersedia secara umum (seperti pensiun), keuangan dan asuransi yang dipasok oleh swasta, dan jaring pengaman yang disediakan untuk umum.

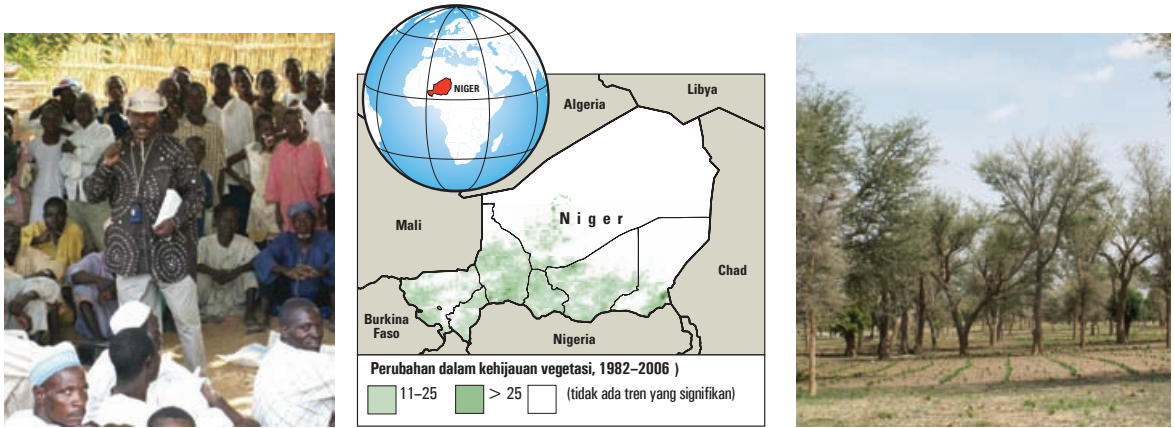
Membangun komunitas yang berketahanan

Membangun pengetahuan lokal dan tradisional mengenai pengelolaan risiko iklim adalah penting karena dua alasan.¹⁰⁵ Pertama, berbagai komunitas, terutama penduduk asli, telah memiliki pengetahuan yang relevan dengan konteks, berikut juga strategi untuk menghadapi risiko-risiko iklim. Upaya-upaya untuk mengawinkan pembangunan dan adaptasi iklim bagi komunitas yang rentan akan menjadi lebih baik jika melihat cara-cara bagaimana penduduk biasanya merespons risiko-risiko lingkungan, seperti yang terjadi di Afrika di mana komunitas-komunitas telah beradaptasi terhadap periode kekeringan yang berkepanjangan.¹⁰⁶ Namun, strategi penanggulangan dan adaptasi tradisional tersebut dapat membuat komunitas siap hanya untuk beberapa risiko yang dapat dirasakan saja, bukan terhadap berbagai risiko yang tidak pasti dan mungkin berbeda yang dibawa oleh perubahan iklim.¹⁰⁷ Dalam pengertian ini, komunitas mungkin dapat beradaptasi dengan baik terhadap iklim mereka, tetapi tidak dapat beradaptasi terhadap perubahan iklim.¹⁰⁸ Kedua, sifat lokal dari adaptasi mengandung makna bahwa kebijakan-kebijakan umum dengan hanya satu cara untuk semua kasus tidaklah akan cocok untuk melayani kebutuhan daerah perkotaan dan pedesaan yang berbeda.¹⁰⁹

Pembangunan blok ketahanan masyarakat—kapasitas untuk memelihara

fungsi-fungsi kritis, pengelolaan mandiri dan belajar saat terpapar perubahan—harus dilakukan di seluruh dunia.¹¹⁰ Di daerah pantai di Vietnam serangan badai dan permukaan laut yang naik telah memberikan ketegangan pada mekanisme penanggulangannya. Setelah dihentikannya sejumlah layanan negara pada akhir tahun 1990-an, pengambilan keputusan kolektif secara lokal serta jaringan kredit dan pertukaran telah menggantikan modal sosial dan pembelajaran bagi perencanaan dan infrastruktur oleh pemerintah. (Dalam tahun-tahun terakhir, bagaimanapun juga, pemerintah Vietnam telah menyadari perlunya menunjang ketahanan masyarakat dan pengembangan infrastruktur dan saat ini sedang mengupayakan suatu agenda yang luas untuk pengelolaan risiko bencana).¹¹¹

Di bagian barat Arktik, orang-orang Inuit, yang mengalami penyusutan es laut dan pergeseran distribusi hewan liar, menyesuaikan waktu aktivitas bertahan hidup mereka, dan memburu lebih banyak spesies. Mereka meningkatkan ketahanan dari komunitas-komunitas mereka dengan cara saling berbagi makanan, menukarkan lebih banyak makanan dengan makanan yang lain, dan mengembangkan institusi dan kesepakatan regional yang baru.¹¹² Dengan cara yang sama, komunitas-komunitas penduduk asli di negara-negara berkembang telah beradaptasi terhadap perubahan iklim untuk meringankan dampak-dampak yang merugikan dan menarik keuntungan dari kesempatan baru—sebagai contoh melalui panen yang memanfaatkan air hujan, diversifikasi hasil panen dan mata pencaharian, dan perubahan dalam migrasi musiman—untuk mengatasi dampak berikutnya dan mengambil tantangan dalam peluang terbaru.¹¹³

Figur 2.4 Mengembalikan gurun dengan pengetahuan, aksi petani, dan pembelajaran sosial

Sumber: WRI dkk. 2008; Botoni dan Reij 2009; Herrmann, Anyamba, dan Tucker 2005.

Catatan: Petani Niger telah mengembalikan gurun yang terganggu; lanskap yang digunduli pada 1980 sekarang telah ditanami dengan pohon, semak, dan tanaman pertanian. Perubahan ini, yang berlebihan sehingga pengaruhnya dapat dilihat melalui satelit, telah memengaruhi 5 juta hektar lahan (kira-kira seukuran Kosta Rika), yang berjumlah hampir setengah dari lahan olahan di Niger. Peluan ekonomi baru yang diciptakan dari penghijauan kembali telah menguntungkan jutaan orang melalui peningkatan keamanan pangan dan ketahanan terhadap kekeringan. Kunci suksesnya adalah teknik berbiaya rendah yang disebut dengan regenerasi alamiah yang dikelola petani, yang diadaptasi dari teknik lama manajemen lahan kayu yang telah berusia berabad-abad. Setelah beberapa keberhasilan awal dengan mengenalkan kembali teknik ini pada 1980, petani melihat keuntungannya dan menyebarkannya ke seluruh dunia. Efek pembelajaran sosial ditingkatkan dengan studi wisata petani donor yang mendukung dan pertukaran petani-ke-petani. Peraturan pemerintah pusat sangat penting dalam pembentukan kembali kedudukan lahan dan kebijakan-kebijakan hutan.

Secara umum, masyarakat sekarang memiliki tiga hal yang lebih baik: pengetahuan waktu, tempat, dan kejadian spesifik bahaya iklim lokal dan bagaimana bahaya semacam ini memengaruhi aset dan aktivitas produktif mereka. Masyarakat juga memiliki kapasitas lokal yang lebih besar untuk mengelola hubungan sosial dan ekologis yang akan dipengaruhi oleh perubahan iklim. Dan mereka secara khas menimbulkan biaya yang lebih rendah alih-alih para pelaku eksternal dalam mengimplementasikan proyek-proyek pembangunan dan lingkungan (Figur 2.4). Suatu tinjauan yang dilakukan baru-baru ini terhadap lebih dari 11.000 pelaku industri perikanan mendapati bahwa berkurangnya cadangan ikan dapat secara dramatis dikurangi dengan cara bergerak menjauhi batasan panen secara keseluruhan dan memperkenalkan kuota tangkapan yang dapat ditransfer secara individu dengan usaha penegakan hukum secara lokal.¹¹⁴ Partisipasi aktif dari komunitas lokal dan pihak-pihak utama

yang berkepentingan dalam manajemen bersama dalam industri perikanan adalah suatu kunci keberhasilan.¹¹⁵

Di luar manfaat meningkatkan ketahanan, manajemen sumber daya yang terdesentralisasi juga dapat bermanfaat sinergis bagi mitigasi dan adaptasi. Sebagai contoh, pengelolaan hutan bersama di wilayah tropis telah menghasilkan manfaat mata pencaharian (adaptasi) dan tambahan dalam penyimpanan karbon (mitigasi) ketika komunitas lokal memiliki hutannya, mempunyai otonomi pengambilan keputusan yang lebih besar, dan kemampuan untuk mengelola hutan yang lebih luas.¹¹⁶ Pada banyak negara berkembang, tata kelola hutan yang terdesentralisasi didasarkan pada prinsip penggunaan sumber daya bersama telah memberikan hak-hak penduduk asli atas pengelolaan hutan, menggunakan pengetahuan spesifik mereka tentang waktu dan tempat untuk menciptakan aturan penting dan institusi, dan bekerja bersama badan pemerintahan untuk menerapkan aturan yang telah mereka susun.¹¹⁷

Memajukan hak tanah penduduk lokal dan memastikan pengelolaan dalam manajemen telah menghasilkan manajemen yang berkelanjutan dan berbiaya efektif pada hutan dan keragaman hayati sumber daya, seperti yang terjadi di Meksiko dan Brazil.¹¹⁸

Adaptasi berbasis komunitas yang efektif dibentuk di atas pembelajaran sosial, suatu proses pertukaran pengetahuan mengenai pengalaman yang ada, dan penerapannya dengan informasi ilmiah yang teknis.¹¹⁹ Ketika penduduk bermigrasi di antara daerah perkotaan dan pedesaan untuk mendapatkan pekerjaan musiman atau segera setelah terjadinya bencana alam, pergerakan mereka didapati mengikuti aliran pergerakan sebelumnya yang dilakukan oleh sebagian saudara dan teman mereka.¹²⁰ Ketika para penduduk mengadopsi teknologi baru atau mengubah pola-pola penanaman, keputusan mereka bergantung pada aliran informasi dalam jaringan-jaringan sosial.¹²¹ Ketika penduduk memilih daerah-daerah yang berbeda untuk memperkuat memperkokoh keahlian dan pendidikan mereka, keputusan mereka bergantung pada keputusan rekan-rekan mereka.¹²²

Komunitas dan pembelajaran sosial berbasis pengalaman telah menjadi suatu cara yang utama untuk menanggulangi risiko iklim di masa lalu, tetapi hal tersebut tidak cukup untuk menghadapi perubahan iklim. Konsekuensinya, strategi-strategi adaptasi iklim berbasis komunitas yang efektif haruslah menyeimbangkan aset masyarakat (kapasitas lokal dan pengetahuan yang lebih besar, cadangan modal sosial yang potensial, biaya yang lebih rendah) terhadap defisit (pengetahuan ilmiah yang terbatas, jangkauan terbatas untuk bertindak).

Meskipun banyak aktivitas adaptasi berbasis masyarakat didukung oleh sejumlah besar LSM dan perantaraan lainnya, semuanya itu hanyalah menjangkau sebagian kecil dari mereka yang berada dalam risiko. Sebuah tantangan yang mendesak adalah untuk mencontoh keberhasilan mereka secara jauh lebih luas. Usaha peningkatan skala telah kerap kali dibatasi oleh hubungan yang buruk, dan kadang-kadang ketegangan, antara badan pelaksana di lapangan dan institusi pemerintah. Masalah-masalah otoritas, tanggung jawab, dan pendanaan seringnya menghalangi terciptanya kerja sama. Peningkatan skala pembangunan yang dikendalikan oleh masyarakat menunjukkan bahwa kaum pendukungnya dan pemerintah harus memikirkan proses yang ada di luar proyeknya, dan memikirkan transformasi atau transisi untuk menghindari kegagalan proyek apabila dana terhenti. Kapasitas, yang sangat penting bagi keberhasilan, meliputi motivasi dan komitmen, yang pada gilirannya memerlukan insentif yang tepat pada semua tingkatan.¹²³ Pendanaan Adaptasi yang baru dapat sangat meningkatkan dukungan untuk meningkatkan skala karena hal itu diharapkan dapat mengelola sumber daya pada kisaran senilai \$0,5 miliar sampai \$1,2 miliar di tahun 2012 dan secara langsung mendukung pemerintahan pada semua tingkatan, LSM, dan badan perantara lainnya.¹²⁴

Menyediakan jaring pengaman bagi komunitas yang paling rentan

Perubahan iklim sangat mungkin memperparah kerentanan dan menyebabkan lebih banyak penduduk yang terpapar pada ancaman iklim dengan frekuensi lebih tinggi dan

periode lebih panjang. Oleh karena itu, kebijakan-kebijakan sosial haruslah dapat menolong kelompok-kelompok yang mata pencahariannya mungkin terkikis secara perlahan oleh perubahan iklim. Episode ekstrem juga dapat secara langsung memengaruhi rumah tangga sehingga dibutuhkan jaring pengaman (bantuan sosial) untuk mencegah komunitas yang paling rentan mengalami kejatuhan secara ekonomi. Episode ketegangan iklim yang berlarut-larut (seperti yang lazim terjadi saat kekeringan) dapat berkontribusi pada kenaikan dan volatilitas harga barang komoditas, yang sangat memengaruhi penduduk yang miskin dan rentan, seperti yang terjadi pada krisis pangan di tahun 2008.¹²⁵ Harga makanan yang tinggi meningkatkan kemiskinan, memperburuk gizi, mengurangi manfaat layanan kesehatan dan pendidikan, dan menghabiskan aset produktif penduduk miskin.¹²⁶ Di beberapa bagian dari dunia berkembang, kekurangan pangan dan fluktuasi harga makanan yang terkait telah merepresentasikan suatu sumber risiko yang sistemik yang diperkirakan akan meningkat seiring dengan perubahan iklim.¹²⁷

Kejutan-kejutan iklim memiliki dua ciri penting. Pertama, terdapat ketidakpastian mengenai siapa sebenarnya yang akan terkena dampaknya dan di mana. Populasi yang terpengaruh sering kali tidak teridentifikasi sampai sebuah krisis sudah berlangsung lama, yang membuatnya sulit untuk direspons secara cepat dan efektif. Kedua, waktu terjadinya kejutan mungkin tidak diketahui jauh sebelumnya. Kedua aspek tersebut memiliki implikasi bagi pembuatan konsep dan perancangan kebijakan sosial sebagai respons terhadap ancaman iklim di masa mendatang. Perlindungan sosial yang lebih baik harus

dibayangkan sebagai sebuah sistem, alih-alih intervensi yang terisolasi dan tepat waktu, dan harus dijalankan pada waktu yang tepat. Jaring pengaman harus memiliki pembiayaan yang fleksibel dan memiliki sasaran kelompok, sehingga mereka dapat ditingkatkan untuk menyediakan respons yang efektif bagi kejutan-kejutan episodik.¹²⁸

Untuk mengatasi kerentanan kronis, sejumlah besar instrumen jaring pengaman memberikan uang tunai atau transfer barang atau jasa bagi rumah tangga miskin.¹²⁹ Digunakan secara efektif, jaring tersebut berdampak seketika dalam mengurangi ketidaksetaraan dan merupakan pendekatan pertama dan terbaik untuk mengatasi implikasi kemiskinan terhadap naiknya harga komoditas; jaring tersebut menyebabkan rumah tangga dapat berinvestasi dalam mata pencahariannya di masa depan dan mengelola risiko dengan mengurangi terjadinya strategi penganggulan negatif (seperti penjualan hewan ternak selama kekeringan). Jaring pengaman menyebabkan rumah tangga dapat berinvestasi dalam modal manusia (pendidikan, pelatihan, gizi) yang meningkatkan ketahanan untuk jangka panjang.

Sebagai respons terhadap kejutan, jaring pengaman dapat memiliki suatu fungsi asuransi jika jaring tersebut dirancang untuk dapat diskalakan dan fleksibel. Jaring seperti ini biasanya dibagi menjadi beberapa fase, dengan prioritasnya beralih dari penyediaan makanan dengan cepat, sanitasi, dan pembersihan menjadi pemulihan dan pembangunan kembali dan mungkin juga pencegahan dan mitigasi bencana. Untuk memberikan penjaminan, suatu jaring pengaman membutuhkan anggaran yang kontrasiklis dan dapat diskalakan, aturan-aturan dalam menentukan

sasaran untuk mengidentifikasi penduduk dengan kebutuhan yang sifatnya sementara, implementasi yang fleksibel yang memberikan respons cepat setelah terjadinya kejutan, dan prosedur dan tanggung jawab organisasi dasar yang disepakati dengan baik sebelum terjadinya bencana.¹³⁰ Peringatan dini yang menyediakan ramalan musiman dan buletin dapat memobilisasi jaring pengaman sebelum waktunya dan mempersiapkan logistik dan pengantaran makanan.¹³¹

Jaring pengaman, di mana mereka berada, akan perlu diperkuat, dan dikembangkan di tempat-tempat yang belum memilikinya. Sejumlah negara berpenghasilan rendah tidak dapat memberikan transfer permanen kepada penduduk miskinnya, namun jaring pengaman yang dapat diskalakan untuk memberikan suatu bentuk dasar dari penjaminan nonkontributif dapat merepresentasikan suatu perlindungan sosial inti yang mencegah terjadinya kematian dan pengurangan aset secara berlebihan, bahkan di negara miskin di mana jaring pengaman sebelumnya tidak lazim digunakan.¹³⁸

Sebagai contoh, Jaring Pengaman Produktif (*Productive Safety Net*) di Ethiopia mengombinasikan bantuan sosial permanen (sebuah program biaya kerja berjangka lebih panjang yang membidik 6 juta rumah tangga yang kekurangan pangan) dan jaring pengaman yang dapat diskalakan, yang dapat diperluas dengan cepat untuk melayani jutaan rumah tangga yang miskin sementara selama masa kekeringan yang besar. Suatu inovasi yang penting adalah penggunaan indeks berdasarkan pengaruh cuaca yang teramati dalam menyediakan bantuan yang lebih dapat diskalakan dan tepat sasaran dengan segera pada daerah-daerah yang

kekurangan pangan dan mekanisme berbasis asuransi untuk mengakses pembiayaan berkelanjutan.¹³³

Program biaya kerja dapat menjadi bagian dari sebuah respons jaring pengaman.¹³⁴ Program ini merupakan program pekerjaan umum padat karya, yang memberikan penghasilan bagi suatu populasi yang menjadi sasaran sementara membangun atau memelihara infrastruktur publik. Program ini berfokus pada aset dan aktivitas yang tingkat pengembaliannya tinggi yang dapat meningkatkan ketahanan masyarakat, seperti penyimpanan air, sistem irigasi, dan tanggul. Untuk dapat efektif secara menyeluruh, program ini membutuhkan tujuan yang jelas, proyek yang sesuai dan tersusun dengan baik, pembiayaan yang dapat diprediksi, pengarahan yang profesional dalam pemilihan dan implementasi, dan pemantauan dan evaluasi yang kredibel (Kotak 2.11).

Jaring pengaman dapat juga memfasilitasi reformasi kebijakan energi. Kenaikan harga bahan bakar menyebabkan efisiensi energi, pendapatan ekonomi, dan penghematan fiskal, tetapi juga membawa risiko politis dan sosial yang signifikan. Jaring pengaman dapat melindungi kaum miskin dari harga energi yang tinggi dan membantu menghapuskan subsidi energi yang besar, berat, regresif, dan merusak iklim (lihat Bab 1).¹³⁵ Subsidi energi, sebuah respons yang umum terhadap naiknya harga bahan bakar, sering kali tidak efisien dan tidak tepat sasaran, namun menghilangkan subsidi energi juga biasanya menghadirkan persoalan. Beberapa negara berpenghasilan menengah (Brazil, China, Kolombia, India, Indonesia, Malaysia, Turki) baru-baru ini telah menggunakan jaring pengaman untuk memfasilitasi penghapusan subsidi bahan bakar

KOTAK 2.11 *Program kerja di India di bawah Indian National Rural Employment Guarantee Act*

India telah lama mengembangkan sebuah program penjaminan kerja yang dibuat berdasarkan sebuah skema yang sebelumnya sangat berhasil di negara bagian Maharashtra. Program ini, melalui swaseleksi, memberikan hak untuk mendapatkan hingga 100 hari kerja dengan upah minimum yang sesuai undang-undang untuk setiap rumah tangga yang mau bersukarela. Rumah tangga tersebut tidak perlu menunjukkan kebutuhannya, dan upahnya akan dibayar bahkan jika pekerjaannya tidak ada.

Program ini membuka paling sedikit sepertiga pekerjaan yang ada bagi kaum perempuan, menyediakan pengasuhan anak-anak di tempat kerja, asuransi medis untuk kecelakaan kerja; dan pekerjaannya juga harus tersedia tepat

waktu dan berada dalam jarak lima kilometer dari setiap rumah penduduk, jika memungkinkan. Pelaksanaannya dilakukan secara transparan dengan adanya daftar pekerjaan, panggilan pekerja, dan kontraktor yang terbuka pada publik dan juga di situs Web programnya, sehingga publik dapat mengawasi terhadap korupsi dan inefisiensi. Sejak aturan ini disahkan pada tahun 2005, 45 juta rumah tangga telah memberikan kontribusi sebesar 2 miliar hari kerja dan melakukan 3 juta pekerjaan.^a

Dengan pengarahannya yang sesuai, program ini dapat menunjang pembangunan yang cerdas secara iklim. Program ini berjalan sesuai skala dan dapat mengarahkan tenaga kerja yang signifikan kepada pekerjaan adaptif yang sesuai,

termasuk perlindungan air, perlindungan daerah tangkapan air, dan perkebunan. Program ini menyediakan dana bagi peralatan dan hal lain yang diperlukan untuk menyelesaikan aktivitas dan pendukung teknis untuk merancang dan mengimplementasikan proyek. Program ini, dengan demikian, dapat menjadi sebuah bagian inti dari pembangunan desa melalui penciptaan dan pemeliharaan aset produktif yang tahan terhadap iklim.^b

Sumber:

a. National Rural Employment Guarantee Act—2005, <http://nrega.nic.in/> (diakses Mei 2009).

b. CSE India, http://www.cseindia.org/programme/nrml/update_january08.htm (diakses 15 Mei 2009); CSE 2007.

fosil.¹³⁶ Transfer pembayaran yang mengikuti penghapusan subsidi harus ditentukan sasarannya dengan cermat untuk menjamin bahwa kaum miskin mendapatkan kompensasi yang layak—reformasi di Indonesia memperlihatkan bahwa, bahkan dengan ketidaktepatan sasaran yang substansial, empat desil populasi yang terbawah masih mendapatkan keuntungan selama periode transfer.¹³⁷

Memfasilitasi migrasi sebagai respons terhadap perubahan iklim

Migrasi kerap kali menjadi sebuah respons yang efektif bagi perubahan iklim—dan, sungguh disayangkan, merupakan satu-satunya respons dalam beberapa kasus. Estimasi jumlah penduduk yang berisiko terhadap migrasi, pengungsian, dan relokasi di tahun 2050 berubah-ubah dari hampir 200 juta sampai 1 miliar.¹³⁸ (Namun, estimasi ini didasarkan pada penaksiran yang luas akan penduduk yang terpapar pada risiko yang meningkat, alih-alih pada analisis mengenai apakah

keterpaparan akan mendorong penduduk untuk bermigrasi.¹³⁹) Adaptasi, seperti perlindungan daerah pesisir, akan menyeimbangkan kerugian akibat dampak iklim dan mengurangi migrasi.¹⁴⁰

Pergerakan saat ini merupakan suatu petunjuk kasar bagi geografi pergerakan di masa mendatang (Kotak 2.12). Migrasi yang terkait dengan perubahan iklim mungkin sebelumnya didominasi oleh migrasi dari area pedesaan di negara berkembang ke kawasan perkotaan kecil dan besar. Hal yang penting bagi kebijakan untuk memfasilitasi migrasi adalah pertimbangan bahwa sebagian besar kaum migran dunia berpindah di dalam negara mereka sendiri, bahwa lebih kecil dari 10 persen dari kaum migran dunia merupakan pengungsi, dan bahwa terdapat ketumpangtindihan yang signifikan antara jalur migrasi dari mereka yang bermigrasi karena alasan ekonomi dan juga mereka yang bermigrasi karena terpaksa.

Terdapat sedikit bukti bahwa migrasi yang disebabkan oleh perubahan iklim memicu atau memperparah konflik,

KOTAK 2.12 Migrasi pada saat ini

Estimasi migrasi yang disebabkan perubahan iklim sangatlah tidak pasti dan ambigu. Dalam jangka pendek, ketegangan iklim mungkin memengaruhi pola migrasi yang ada (peta kiri) alih-alih menyebabkan aliran penduduk yang benar-benar baru. Mayoritas migran dunia berpindah di dalam negara mereka. Sebagai contoh, jumlah migran internal di China saja (sekitar 130 juta) setara dengan jumlah migran internasional di seluruh dunia (diperkirakan menjadi 175 juta di tahun 2000). Sebagian besar migran internal bermigrasi karena faktor ekonomi, berpindah dari area pedesaan ke area perkotaan. Terdapat juga migrasi yang signifikan, meskipun estimasinya buruk, dari pedesaan ke pedesaan, yang cenderung memperlancar permintaan dan pasokan dalam pasar tenaga kerja pedesaan, dan yang berperan sebagai sebuah langkah dalam jalur migrasi migran pedesaan.

Migrasi internasional merupakan sebuah fenomena umum di dunia maju. Sebanyak 61 persen migran internasional berada di negara-negara maju. Pertumbuhan pendatang baru adalah lebih besar di negara-negara maju daripada di negara-negara berkembang, dan sekitar setengah dari seluruh migran internasional

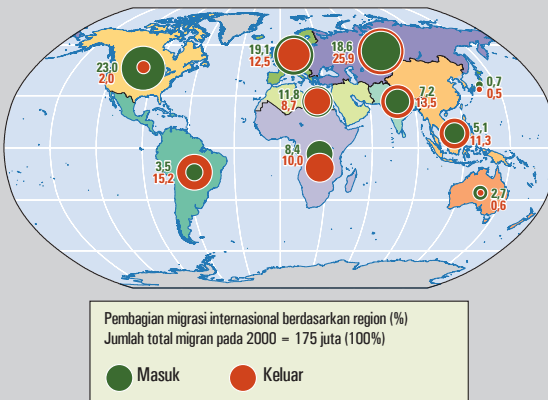
adalah kaum perempuan. Setengah jumlah migran internasional di seluruh dunia berasal dari 20 negara. Kurang dari 10 persen dari migran internasional di dunia adalah orang-orang yang terpaksa melintasi perbatasan internasional karena takut terhadap penganiayaan (pengungsi). Walaupun demikian, banyak pengungsi, yang termasuk ke dalam definisi migran internal (peta kanan), diestimasi sebanyak 26 juta orang secara global. Rute dan perantara yang digunakan oleh para migran melarikan diri dari konflik, perselisihan etnis, dan pelanggaran hak asasi manusia meningkat sama seperti yang mengungsi dengan alasan ekonomi. Statistik internasional yang tersedia tidak mengizinkan atribusi spesifik terhadap pengungsian internal karena degradasi lingkungan atau bencana alam, tetapi kebanyakan keterpaksaan migrasi yang terkait dengan perubahan iklim masih bersifat internal dan regional.

Aliran migrasi tidaklah acak, namun terpola, dengan aliran migran terkonsentrasi pada tempat di mana migran yang sudah ada menunjukkan bahwa kehidupan yang layak dapat dirintis di sana, dan dapat membantu migran selanjutnya untuk mengatasi rintangan terhadap

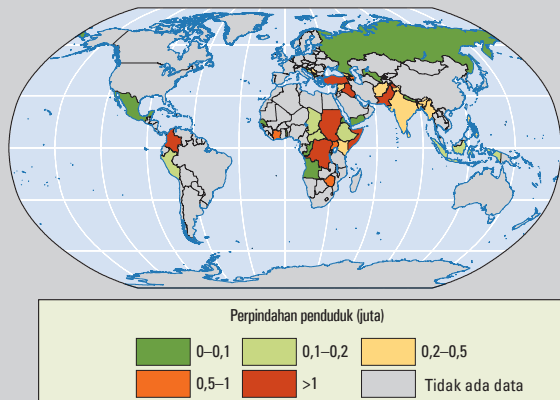
perpindahan. Pola ini sangat dijelaskan oleh rintangan terhadap perpindahan, dan persyaratan untuk mengatasinya. Terdapat beberapa rintangan finansial, yaitu biaya transportasi, penginapan saat kedatangan, dan biaya hidup selama mengembangkan aliran pendapatan yang baru. Pengamatan menunjukkan bahwa terdapat suatu 'punuk migrasi', yaitu di mana tingkat migrasi dari suatu komunitas meningkat seiring dengan meningkatnya penghasilan melebihi suatu tingkatan yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan dasar, dan kemudian migrasi bersih berkurang lagi seiring dengan menyempitnya jurang pemisah antara penghasilan di tempat asal dan di tempat tujuan utama. Punuk migrasi menjelaskan mengapa kaum termiskin dari yang miskin tidak bermigrasi atau bermigrasi ke tempat yang sangat dekat.

Sumber: Tuñón 2006; World Bank 2008; United Nations 2005; United Nations 2006; Migration DRC 2007; de Haas 2008; Lucas 2006; Sorensen, van hear, dan Engberg-Pedersen 2003; Amin 1995; Lucas 2006; Lucas 2005; Massey dan Espana 1987; de Haan 2002; Kolmannskog 2008.

Migrasi buruh internasional



Perpindahan penduduk secara internal (juta)



Sumber: Parsons dkk. 2007; IDMC 2008.

namun hal ini dapat berubah. Penduduk yang bermigrasi akibat perubahan lingkungan mungkin menjadi kurang berdaya, dengan kapasitas yang kurang untuk melawan konflik.¹⁴¹ Saat migrasi bertepatan dengan timbulnya konflik,

hubungannya mungkin bukan lagi hubungan sebab-akibat.¹⁴² Dengan cara yang sama, mata rantai antara kelangkaan sumber daya (konflik air)¹⁴³ atau degradasi telah jarang diperkuat (kemiskinan dan institusi yang terganggu

fungsinya merupakan penjelasan yang lebih tepat).¹⁴⁴ Namun, ketidakpastian mengenai rantai sebab-akibat tidak menunjukkan bahwa migrasi selanjutnya yang disebabkan oleh iklim dapat meningkatkan potensi terjadinya konflik ketika bertepatan dengan tekanan pada sumber daya, kekurangan pangan, kejadian bencana besar, dan kurangnya tata kelola dalam wilayah yang menerima arus migrasi.¹⁴⁵

Gambaran negatif dari migrasi dapat membantu mengembangkan kebijakan-kebijakan yang mencoba mengurangi dan mengendalikan jumlah kejadiannya, ketika hal ini mungkin menjadi pilihan satu-satunya bagi penduduk yang terkena dampak bahaya iklim, dan melakukan sedikit upaya untuk mengatasi kebutuhan dari penduduk yang bermigrasi. Tentu saja, kebijakan untuk membatasi migrasi jarang berhasil, dan kerap kali merupakan kebijakan yang salah, serta meningkatkan biaya bagi migran dan bagi komunitas di daerah asal dan daerah tujuan.¹⁴⁶ Untuk memfasilitasi migrasi sebagai respons terhadap pengaruh iklim, adalah lebih baik untuk merumuskan migrasi dan kebijakan pembangunan yang terintegrasi yang mengarah pada kebutuhan migran yang bersifat sukarela, dan mendukung kemampuan wirausaha dan keahlian teknisnya.

Untuk memperluas kemungkinan, kebijakan-kebijakan haruslah dapat mencegah menetapnya kaum migran di daerah-daerah yang sangat terpapar bahaya iklim yang terus-menerus (Peta 2.6). Di antara tahun 1995 dan 2005, 3 juta penduduk dipindahkan akibat pertikaian sipil di Kolombia, sebagian besar ke pusat kota kecil atau kota yang tidak terlalu besar. Sejumlah penduduk telah berpindah ke daerah marginal pada perkotaan yang rentan terhadap

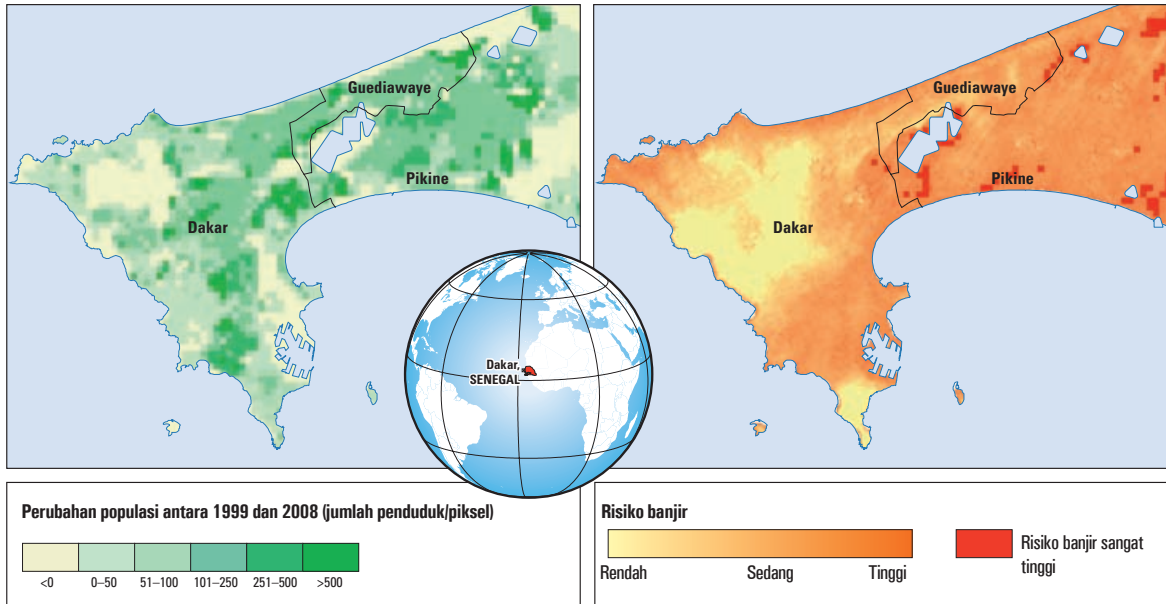
banjir, dan tanah longsor atau dekat tempat pembuangan sampah, sementara kurangnya pendidikan dan keahlian kerja mereka menyebabkan mereka hanya memperoleh 40 persen dari upah minimum.¹⁴⁷ Untuk mengantisipasi migrasi dan perpindahan lokasi yang tidak dilakukan dengan sukarela, rencana yang berorientasi ke depan haruslah mengidentifikasi lokasi alternatif, menerapkan formula kompensasi yang mendorong migran untuk pindah tempat dan mengembangkan sumber penghidupan yang baru, dan membangun infrastruktur publik dan sosial untuk kehidupan masyarakat. Sekali lagi, kebijakan semacam ini sangatlah berbeda dengan upaya-upaya yang telah ada untuk mengatasi kebutuhan kaum migran yang terpaksa dan pengungsi—bagaimanapun mereka dipindahkan secara internal atau menyeberangi perbatasan internasional.

Beberapa pelajaran yang baru-baru ini muncul. Pertama adalah untuk melibatkan komunitas yang akan dipindahkan dalam merencanakan perpindahan dan rekonstruksi—dan untuk mengandalkan kontraktor dan badan luar sampai seminimal mungkin. Penduduk yang dipindahkan harus menerima kompensasi sesuai dengan standar dan harga di wilayah penerimaan, dan mereka harus terlibat dalam perancangan dan konstruksi infrastruktur di lokasi baru. Di manapun memungkinkan, struktur pengambilan keputusan dalam komunitas yang dipindahkan harus dihormati sampai semaksimal mungkin.

Memandang ke depan menuju tahun 2050—Dunia yang mana?

Sebuah tema yang berulang pada Laporan ini adalah bahwa inersia dalam

Peta 2.6 Para migran Senegal yang bertempat di area rawan banjir di sekitar Dakar



Sumber: Geoville Group 2009.

Catatan: Pertumbuhan ekonomi yang lambat di sektor pertanian membuat Dakar menjadi tempat tujuan para eksodus dari seluruh negara. Empat puluh persen penduduk Dakar yang baru antara 1988 dan 2008 telah berpindah ke zona yang berpotensi banjir, dua kali lipat komunitas pedesaan (23 persen) dan perkotaan (19 persen) Dakar. Oleh karena ekspansi perkotaan terhambat secara geografis, influx para migran menyebabkan konsentrasi tinggi di zona perkotaan dan pinggiran (pada Peta, 16 piksel mewakili satu kilometer persegi).

sistem-sistem sosial, iklim, dan biologis, memberikan dukungan pada gagasan bahwa kita harus segera bertindak. Sejumlah anak yang hidup saat ini akan duduk sebagai pemimpin-pemimpin di tahun 2050. Dengan menuju ke arah dunia yang lebih hangat sebesar 2°C, mereka akan menghadapi tantangan dalam mengelola perubahan yang dramatis. Namun, mengelola perubahan-perubahan tersebut hanyalah akan

menjadi salah satu tantangan dari sekian banyak yang mereka hadapi. Dengan menuju ke arah dunia yang lebih hangat sebesar 5°C, harapannya akan jauh lebih suram. Akan menjadi jelas bahwa usaha mitigasi yang dilakukan selama lebih dari setengah abad tidaklah cukup. Perubahan iklim bukanlah sekadar sebuah tantangan—perubahan iklim akan menjadi tantangan yang dominan.

“Aku bersedia untuk menghubungi para pemimpin dunia kita untuk membantu mereka memulai kepedulian pendidikan dan upaya pemerintah lokal untuk membekali anak-anak melindungi dan memperbaiki lingkungan. Institusi Sosial dan Politik harus merespons dan mengadaptasi strategi untuk melindungi kesehatan publik, khususnya anak-anak. Sebagai siswa kelas 5, aku rasa hal tersebut mungkin dilakukan untuk memastikan kelangsungan hidup Bumi Pertiwi kita.”

—Dave Laurence A. Juntilla, Filipina, umur 11



Raisa Kabir, Bangladesh, umur 10

Catatan

1. WRI dkk. 2008; Heltberg, Siegel, dan Jorgensen 2009.
2. Tompkins dan Adger 2004.
3. Enfors dan Gordon 2008.
4. Paling pertama kira-kira adalah skenario B1 SRES di mana dunia berada pada jalur stabilisasi gas-gas rumah kaca pada 450–550 bpi CO₂e dan pada akhirnya suatu suhu sebesar 2,5°C di atas tingkat pra-industri, dan yang kedua di mana emisi-emisi jauh lebih tinggi daripada yang diperkirakan dalam skenario A1B SRES, yang akan menghasilkan stabilisasi pada sekitar 1.000 bpi dan pada akhirnya suatu suhu sebesar 5°C di atas tingkat pra-industri; lihat Solomon dkk. 2007.
5. Horton dkk. 2008; Parry dkk. 2007; Rahmstorf dkk. 2007.
6. Allan dan Soden 2008.
7. WBGU 2008.
8. Adger dkk. 2008.
9. Repetto 2008.
10. Lempert dan Schlesinger 2000.
11. Keim 2008.
12. Millennium Ecosystem Assessment 2005.
13. Ribot, akan terbit.
14. Lempert dan Schlesinger 2000; Lempert 2007.
15. Lewis 2007.
16. Lempert dan Schlesinger 2000; Lempert dan Collins 2007.
17. Bazerman 2006.
18. Groves dan Lempert 2007.
19. Ward dkk. 2008.
20. Hallegatte 2009.
21. Pahl-Wostl 2007; Brunner dkk. 2005; Tompkins dan Adger 2004; Folke dkk. 2002.
22. Cumming, Cumming, dan Redman 2006.
23. Olsson, Folke, dan Berkes 2004; Folke dkk. 2005; Dietz, Ostrom, dan Stern 2003.
24. Dietz dan Stern 2008.
25. Ligeti, Penney, dan Wieditz 2007.
26. Pahl-Wostl 2007.
27. FAO dan CIFOR 2005.
28. PBB 2008b.
29. PBB 2008a.
30. Balk, McGranahan, dan Anderson 2008. Zona pesisir yang rendah didefinisikan sebagai lahan pesisir dengan ketinggian di bawah 10 meter; lihat Socioeconomic Data and Application Center, <http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw/lecz.jsp> (diakses 8 Januari 2009).
31. McGranahan, Balk, dan Anderson 2007.
32. Laju migrasi netto di Shanghai adalah 4–8 persen, dibandingkan dengan kira-kira minus 2 persen yang disebabkan oleh pertumbuhan alamiah antara 1995 dan 2006; lihat PBB 2008a.
33. Nicholls dkk. 2008.
34. Simms dan Reid 2006.
35. World Bank 2008a.
36. Seo 2009.
37. World Bank 2008g.
38. World Bank 2008g.
39. Menggunakan garis kemiskinan \$2,15 per hari; lihat Ravallion, Chen, dan Sangraula 2007.
40. PBB 2008a.
41. Satterthwaite 2008.
42. Díaz Palacios dan Miranda 2005.
43. Pelling 1997.
44. World Bank 2008c.
45. Hara, Takeuchi, dan Okubo 2005.
46. Bates dkk. 2008.
47. World Bank 2008a.
48. Satterthwaite dkk. 2007.
49. McEvoy, Lindley, dan Handley 2006.
50. Laryea-Adjei 2000.
51. Confalonieri dkk. 2007.

52. Hanya menyertakan kematian yang penyebabnya spesifik dan utama, serta mengecualikan dampak-dampak tidak langsung dan morbiditas; lihat McMichael dkk. 2004; Global Humanitarian Forum 2009.
53. World Bank 2008b.
54. Robine dkk. 2008.
55. Solomon dkk. 2007; Luber dan McGeehin 2008.
56. Corburn 2009.
57. Fay, Block, dan Ebinger 2010.
58. Gallup dan Sachs 2001.
59. Hay dkk. 2006; estimasi ini hanya menjelaskan ekspansi vektor penyakit; pertumbuhan populasi akan memperparah dampak ini dan meningkatkan jumlah populasi yang berisiko sebanyak 390 juta jiwa (atau 60 persen) relatif terhadap populasi garis acuan 2005.
60. Hales dkk. 2002; tanpa perubahan iklim, hanya 35 persen dari populasi global yang diproyeksikan akan ada tahun 2085 yang akan menanggung risikonya.
61. WHO 2008; de la Torre, Fajnzylber, dan Nash 2008.
62. Keiser dkk. 2004.
63. Rogers dkk. 2002.
64. World Climate Programme 2007.
65. WHO 2005; Frumkin dan McMichael 2008.
66. Sanitasi dan higiene yang lebih baik sangatlah baik bagi kesehatan, sebagaimana dibuktikan oleh dampak dari peningkatan sanitasi terhadap kesehatan anak-anak di kawasan perkotaan di Salvador, Brazil, suatu kota dengan 2,4 juta jiwa. Program ini mengurangi prevalensi penyakit diare sebanyak 22 persen di seluruh kota tersebut tahun 2003–04 dan sebesar 43 persen di daerah-daerah yang masyarakatnya berisiko tinggi. Perbaikan-perbaikan ini sebagian besar disebabkan oleh infrastruktur yang baru (Barreto dkk. 2007).
67. AMWA 2007.
68. Galiani, Gertler, dan Schargrodsky 2005.
69. Richmond 2008.
70. Semakin banyak bukti yang menunjukkan bahwa data yang ada mengenai kerugian akibat bencana tidak memperhatikan peristiwa-peristiwa kecil yang mungkin dapat menjelaskan sekitar seperempat dari jumlah kematian yang penyebabnya adalah bahaya alam, dan bahwa para pengambil keputusan di berbagai kota memiliki kesadaran yang relatif rendah terhadap risiko-risiko yang ditimbulkan oleh perubahan iklim terhadap populasi dan infrastruktur kota mereka; lihat Awuor, Orindi, dan Adwera 2008; Bull-Kamanga dkk. 2003; Roberts 2008.
71. Hoeppe dan Gurenko 2006.
72. PBB 2009.
73. PBB 2008a.
74. International Strategy for Disaster Reduction, <http://www.unisdr.org/eng/hfa/hfa.htm> (diakses 12 Maret 2009).
75. World Economic Forum 2008.
76. Milly dkk. 2002.
77. The Nameless Hurricane, http://science.nasa.gov/headlines/y2004/02apr_hurricane.htm (diakses 12 Maret 2009).
78. Ranger, Muir-Wood, dan Priya 2009.
79. Salah satu contohnya adalah layanan informasi yang disediakan oleh Scottish Environment Protection Agency, www.sepa.org.uk/flooding (diakses 12 Maret 2009).
80. Lin 2008.
81. Ghesquiere, Jamin, dan Mahul 2006.
82. Ferguson 2005.

83. Linnerooth-Bayer dan Mechler 2006.
84. Mills 2007.
85. Manuamorn 2007; Giné, Townsend, dan Vickery 2008; World Bank 2008e.
86. Hochrainer dkk. 2008.
87. Christen dan Pearce 2005.
88. Llanto, Geron, dan Almario 2007.
89. Kunreuther dan Michel-Kerjan 2007; Tol 1998.
90. World Bank 2005.
91. Mills 2005; Dlugolecki 2008; ABI 2004.
92. Skees 2001.
93. Ini menimbulkan beberapa isu penting: kode dan regulasi penggunaan lahan dibutuhkan dan harus ditegakkan. Asuransi akan diwajibkan oleh hukum di daerah-daerah berisiko tinggi. Ada juga masalah-masalah mengenai pemerataan: apa yang harus dilakukan pada masyarakat yang telah tinggal di daerah-daerah berisiko tinggi selama ini tetapi tidak mampu membayar premi yang didasarkan pada risiko yang sesungguhnya?
94. Kunreuther dan Michel-Kerjan 2007.
95. Cummins dan Mahul 2009.
96. Lihat Cardenas dkk. 2007 untuk contoh mengenai penggunaan instrumen-instrumen pasar untuk pengelolaan risiko finansial berdaulat penuh untuk bencana alam di Meksiko.
97. Mechler dkk. 2009.
98. World Bank to Offer Index-based Weather Derivative Contracts, <http://go.worldbank.org/9GXG8E4GP1> (diakses 15 Mei 2009).
99. Pemerintah Bangladesh 2008.
100. Bankoff, Frerks, dan Hillhorst 2004.
101. Dercon 2004.
102. Alderman, Hoddinott, dan Kinsey 2006; Bartlett 2008; UNICEF 2008; del Ninno dan Lundberg 2005.
103. Francis dan Amuyunzu-Nyamongo 2008; Nelson dkk. 2002.
104. Ensor dan Berger 2009; Goulden dkk. 2009; Gaillard 2007.
105. Adger dkk. 2005; Orlove, Chiang, dan Cane 2000; Srinivasan 2004; Wilbanks dan Kates 1999.
106. Stringer dkk., akan diterbitkan; Twomlow dkk. 2008.
107. Nelson, Adger, dan Brown 2007.
108. Walker dkk. 2006.
109. Gaiha, Imai, dan Kaushik 2001; Martin dan Prichard 2009.
110. Gibbs 2009.
111. Adger 2003.
112. Berkes dan Jolly 2002.
113. Macchi 2008; Tebtebba Foundation 2008.
114. Costello, Gaines, dan Lynham 2008.
115. Pomeroy dan Pido 1995.
116. Chhatre dan Agrawal, akan diterbitkan.
117. Ostrom 1990; Berkes 2007; Agrawal dan Ostrom 2001; Larson dan Soto 2008.
118. Sobrevila 2008; White dan Martin 2002.
119. Bandura 1977; Levitt dan March 1988; Ellison dan Fudenberg 1993; Ellison dan Fudenberg 1995.
120. Granovetter 1978; Kanaiaupuni 2000; Portes dan Sensenbrenner 1993.
121. Buskens dan Yamaguchi 1999; Rogers 1995.
122. Fokkett dan Helmsley-Brown 2001.
123. Gillespie 2004.
124. World Bank 2009.
125. Ivanic dan Martin 2008.
126. Grosh dkk. 2008.
127. Lobell dkk. 2008.
128. Kanbur 2009; Ravallion 2008.
129. Grosh dkk. 2008.
130. Grosh dkk. 2008; Alderman dan Haque 2006.

131. Famine Early Warning Systems Network, www.fews.net (diakses 15 Mei 2009).
 132. Alderman dan Haque 2006; Vakis 2006.
 133. Hess, Wiseman, dan Robertson 2006.
 134. del Ninno, Subbarao, dan Milazzo 2009.
 135. IEG 2008; Komives dkk. 2005.
 136. World Bank 2008d.
 137. World Bank 2006.
 138. Myers 2002; Christian Aid 2007.
 139. Barnett dan Webber 2009.
 140. Black 2001; Anthoff dkk. 2006.
 141. Gleditsch, Nordås, dan Salehyan 2007.
 142. Reuveny 2007.
 143. Barnaby 2009.
 144. Theisen 2008; Nordås dan Gleditsch 2007.
 145. WBGU 2008; Campbell dkk. 2007.
 146. de Haas 2008.
 147. Bartlett dkk. 2009.
- Referensi**
- ABI (Association of British Insurers). 2004. *A Changing Climate for Insurance: A Summary Report for Chief Executives and Policymakers*. London: ABI.
- Adger, W. N. 2003. "Social Capital, Collective Action, and Adaptation to Climate Change." *Economic Geography* 79 (4): 387–404.
- Adger, W. N., S. Dessai, M. Goulden, M. Hulme, I. Lorenzoni, D. R. Nelson, L. O. Naess, J. Wolf, dan A. Wreford. 2008. "Are There Social Limits to Adaptation to Climate Change?" *Climatic Change* 93 (3–4): 335–54.
- Adger, W. N., T. P. Hughes, C. Folke, S. R. Carpenter, dan J. Rockstrom. 2005. "Social-ecological Resilience to Coastal Disasters." *Science* 309 (5737): 1036–39.
- Agrawal, A., dan E. Ostrom. 2001. "Collective Action, Property Rights, and Decentralization in Resource Use in India and Nepal." *Politics and Society* 29 (4): 485–514.
- Alderman, H., dan T. Haque. 2006. "Countercyclical Safety Nets for the Poor and Vulnerable." *Food Policy* 31 (4): 372–83.
- Alderman, H., J. Hoddinott, dan B. Kinsey. 2006. "Long Term Consequences of Early Childhood Malnutrition." *Oxford Economic Papers* 58 (3): 450–74.
- Allan, R. P., dan B. J. Soden. 2008. "Atmospheric Warming and the Amplification of Extreme Precipitation Events." *Science* 321: 1481–84.
- Amin, S. 1995. "Migrations in Contemporary Africa: A Retrospective View." Dalam *The Migration Experience in Africa*, ed. J. Baker dan T. A. Aina. Uppsala: Nordic Africa Institute.
- AMWA (Association of Metropolitan Water Agencies). 2007. *Implications of Climate Change for Urban Water Utilities*. Washington, DC: AMWA.
- Anthoff, D., R. J. Nicholls, R. S. J. Tol, dan A. T. Vafeidis. 2006. "Global and Regional Exposure to Large Rises in Sea-level: A Sensitivity Analysis." Research Working Paper 96, Tyndall Center for Climate Change, Norwich, UK.
- Awuor, C. B., V. A. Orindi, dan A. Adwera. 2008. "Climate Change and Coastal Cities: The Case of Mombasa, Kenya." *Environment and Urbanization* 20 (1): 231–42.

- Balk, D., G. McGranahan, dan B. Anderson. 2008. "Urbanization and Ecosystems: Current Patterns and Future Implications." Dalam *The New Global Frontier: Urbanization, Poverty and Environment in the 21st Century*, G. Martine, G. McGranahan, M. Montgomery, dan R. Fernandez-Castilla (para editor). London: Earthscan.
- Bandura, A. 1977. *Social Learning Theory*. New York: General Learning Press.
- Bankoff, G., G. Frerks, dan D. Hilhorst. 2004. *Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People*. London: Earthscan.
- Barnaby, W. 2009. "Do Nations Go to War over Water?" *Nature* 458: 282–83.
- Barnett, J., dan M. Webber. 2009. *Accommodating Migration to Promote Adaptation to Climate Change*. Stockholm: Commission on Climate Change and Development.
- Barreto, M. L., B. Genser, A. Strina, A. M. Assis, R. F. Rego, C. A. Teles, M. S. Prado, S. M. Matos, D. N. Santos, L. A. dos Santos, dan S. Cairncross. 2007. "Effect of City-wide Sanitation Programme on Reduction in Rate of Childhood Diarrhoea in Northeast Brazil: Assessment by Two Cohort Studies." *Lancet* 370: 1622–28.
- Bartlett, S. 2008. "Climate Change and Urban Children: Impacts and Implications for Adaptation in Low and Middle Income Countries." *Environment and Urbanization* 20 (2): 501–19.
- Bartlett, S., D. Dodman, J. Haroy, D. Satterthwaite, dan C. Tacoli. 2009. "Social Aspects of Climate Change in Low and Middle Income Nations." Paper presented at the Cities and Climate Change: Responding to an Urgent Agenda. World Bank Fifth Urban Research Symposium, Marseille, June 28–30.
- Bates, B., Z. W. Kundzewicz, S. Wu, dan J. Palutikof. 2008. "Climate Change and Water." Technical paper, Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.
- Bazerman, M. H. 2006. "Climate Change as a Predictable Surprise." *Climatic Change* 77: 179–93.
- Benson, C., dan J. Twigg. 2007. *Tools for Mainstreaming Disaster Risk Reduction: Guidance Notes for Development Organizations*. Geneva: ProVention Consortium.
- Berkes, F. 2007. "Understanding Uncertainty and Reducing Vulnerability: Lessons from Resilience Thinking." *Natural Hazards* 41 (2): 283–95.
- Berkes, F., dan D. Jolly. 2002. "Adapting to Climate Change: Social Ecological Resilience in a Canadian Western Arctic Community." *Ecology and Society* 5 (2): 18.
- Bigio, A. G. 2008. "Concept Note: Adapting to Climate Change in the Coastal Cities of North Africa." World Bank, Middle East and Northern Africa Region, Washington, DC.
- Black, R. 2001. "Environmental Refugees: Myth or Reality?" New Issues in Refugee Research Working Paper 34, United Nations High Commissioner for Refugees, Geneva.
- Botoni, E., dan C. Reij. 2009. "La Transformation Silencieuse de l'Environnement et des Systèmes de Production au Sahel : Impacts des Investissements Publics et Privés dans la Gestion des Ressources Naturelles." Technical report, Free

- University Amsterdam and Comité Permanent Inter-États de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS), Ouagadougou, Burkina Faso.
- Brunner, R. D., T. A. Steelman, L. Coe-Juell, C. M. Cromley, C. M. Edwards, dan D. W. Tucker. 2005. *Adaptive Governance: Integrating Science, Policy, and Decisions Making*. New York: Columbia University Press.
- Bull-Kamanga, L., K. Diagne, A. Lavell, F. Lerise, H. MacGregor, A. Maskrey, M. Meshack, M. Pelling, H. Reid, D. Satterthwaite, J. Songsore, K. Westgate, dan A. Yitambe. 2003. "Urban Development and the Accumulation of Disaster Risk and Other Life-Threatening Risks in Africa." *Environment and Urbanization* 15 (1): 193–204.
- Buskens, V., dan K. Yamaguchi. 1999. "A New Model for Information Diffusion in Heterogeneous Social Networks." *Socio-logical Methodology* 29 (1): 281–325.
- Campbell, K. M., J. Gullledge, J. R. McNeill, J. Podesta, P. Ogden, L. Fuerth, R. J. Woolsey, A. T. J. Lennon, J. Smith, R. Weitz, dan D. Mix. 2007. *The Age of Consequences: The Foreign Policy and National Security Implications of Global Climate Change*. Washington, DC: Center for a New American Security and the Center for Strategic and International Studies.
- Cardenas, V., S. Hochrainer, R. Mechler, G. Pflug, dan J. Linnerooth-Bayer. 2007. "Sovereign Financial Disaster Risk Management: The Case of Mexico." *Environmental Hazards* 7 (1): 40–53.
- CatSalut. 2008. *Action Plan to Prevent the Effects of a Heat Wave on Health*. Barcelona: Generalitat de Catalunya Departament de Salut.
- Chhatre, A., dan A. Agrawal. Akan terbit. "Carbon Storage and Livelihoods Generation through Improved Governance of Forest Commons." *Science*.
- Christen, R. P., dan D. Pearce. 2005. *Managing Risks and Designing Products for Agricultural Microfinance: Feature of an Emerging Model*. Washington, DC: CGAP; Rome: IFAD.
- Christian Aid. 2007. *Human Tide: The Real Migration Crisis*. London: Christian Aid.
- CIESIN (Center for International Earth Science Information Network). 2005. "Gridded Population of the World (GPWv3)." CIESIN, Columbia University, and Centro Internacional de Agricultura Tropical, Palisades, NY.
- Confalonieri, U., B. Menne, R. Akhtar, K. L. Ebi, M. Hauengue, R. S. Kovats, B. Revich, dan A. Woodward. 2007. "Human Health." Dalam *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, dan C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Corburn, J. 2009. "Cities, Climate Change and Urban Heat Island Mitigation: Localising Global Environmental Science." *Urban Studies* 46 (2): 413–27.
- Costello, C., S. D. Gaines, dan J. Lynham. 2008. "Can Catch Shares

- Prevent Fisheries Collapse?" *Science* 321 (5896): 1678–81.
- CRED (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters). 2009. "EM-DAT: The International Emergency Disasters Database." CRED, Université Catholique de Louvain, Ecole de Santé Publique, Louvain.
- CSE (Center for Science and Environment). 2007. "An Ecological Act: A Backgrounder to the National Rural Employment Guarantee Act (NREGA)," CSE, New Delhi.
- Cumming, G. S., D. H. M. Cumming, dan C. L. Redman. 2006. "Scale Mismatches in Social-Ecological Systems: Causes, Consequences, and Solutions." *Ecology and Society* 11 (1): 14.
- Cummins, J. D., dan O. Mahul. 2009. *Catastrophe Risk Financing in Developing Countries. Principles for Public Intervention*. Washington, DC: World Bank.
- Dartmouth Flood Observatory. 2009. "Global Active Archive of Large Flood Events." Dartmouth College, Hanover, NH. Available at www.dartmouth.edu/~floods. Accessed January 19, 2009.
- de Haan, A. 2002. "Migration and Livelihoods in Historical Perspectives: A Case Study of Bihar, India." *Journal of Development Studies* 38 (5): 115–42.
- de Haas, H. 2008. "The Complex Role of Migration in Shifting Rural Livelihoods: A Moroccan Case Study." Dalam *Global Migration and Development*, ed. T. van Naerssen, E. Spaan, dan A. Zoomers. London: Routledge.
- de la Torre, A., P. Fajnzylber, dan J. Nash. 2008. *Low Carbon, High Growth: Latin American Responses to Climate Change*. Washington, DC: World Bank.
- del Ninno, C., dan M. Lundberg. 2005. "Treading Water: The Long-term Impact of the 1998 Flood on Nutrition in Bangladesh." *Economics and Human Biology* 3 (1): 67–96.
- del Ninno, C., K. Subbarao, dan A. Milazzo. 2009. "How to Make Public Works Work: A Review of the Experiences." Discussion Paper 0905, Social Protection and Labor, World Bank, Washington, DC.
- Dercon, S. 2004. *Insurance against Poverty*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Díaz Palacios, J., and L. Miranda. 2005. "Concertación (Reaching Agreement) and Planning for Sustainable Development in Ilo, Peru." Dalam *Reducing Poverty and Sustaining the Environment: The Politics of Local Engagement*, ed. S. Bass, H. Reid, D. Satterthwaite, dan P. Steele. London: Earthscan.
- Dietz, T., E. Ostrom, dan P. C. Stern. 2003. "The Struggle to Govern the Commons." *Science* 302 (5652): 1907–12.
- Dietz, T., dan P. C. Stern, eds. 2008. *Public Participation in Environmental Assessment and Decision Making*. Washington, DC: National Academies Press.
- Dlugolecki, A. 2008. "Climate Change and the Insurance Sector." *Geneva Papers on Risk and Insurance—Issues and Practice* 33 (1): 71–90.
- Ellison, G., dan D. Fudenberg. 1993. "Rules of Thumb for Social Learning." *Journal of Political Economy* 101 (4): 612–43.
- . 1995. "Word-of-Mouth Communication and Social Learning." *Quarterly Journal of Economics* 110 (1): 93–125.

- Enfors, E. I., dan L. J. Gordon. 2008. "Dealing with Drought: The Challenge of Using Water System Technologies to Break Dryland Poverty Traps." *Global Environmental Change* 18 (4): 607–16.
- Ensor, J., dan R. Berger. 2009. "Community-Based Adaptation and Culture in Theory and Practice." Dalam *Adapting to Climate Change: Thresholds, Values, Governance*, ed. N. Adger, I. Lorenzoni, dan K. L. O'Brien. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- ESA (European Space Agency). 2002. *Sustainable Development: The Space Contribution: From Rio to Johannesburg—Progress Over the Last 10 Years*. Paris: ESA for the Committee on Earth Observation Satellites.
- Fankhauser, S., N. Martin, dan S. Prichard. Akan terbit. "The Economics of the CDM Levy: Revenue Potential, Tax Incidence, and Distortionary Effects." Working Paper, London School of Economics.
- FAO (Food and Agriculture Organization) dan CIFOR (Center for International Forestry Research). 2005. "Forests and Floods: Drowning In Fiction or Thriving On Facts?" FAO Regional Office for Asia and the Pacific Publication 2005/03, Bangkok.
- Fay, M., R. I. Block, dan J. Ebinger, eds. 2010. *Adapting to Climate Change in Europe and Central Asia*. Washington, DC: World Bank.
- Ferguson, N. 2005. *Mozambique: Disaster Risk Management Along the Rio Búzi. Case Study on the Background, Concept, and Implementation of Disaster Risk Management in the Context of the GTZ-Programme for Rural Development (PRODER)*. Duren: German Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Governance and Democracy Division.
- Folke, C., S. Carpenter, T. Elmqvist, L. Gunderson, C. S. Holling, B. Walker, J. Bengtsson, F. Berkes, J. Colding, K. Danell, M. Falkenmark, L. Gordon, R. Kasperson, N. Kautsky, A. Kinzig, S. Levin, K.-G. Mäler, F. Moberg, L. Ohlsson, P. Olsson, E. Ostrom, W. Reid, J. Rockström, H. Savenije, dan U. Svedin. 2002. *Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations*. Stockholm: Environmental Advisory Council to the Swedish Government.
- Folke, C., T. Hahn, P. Olsson, dan J. Norberg. 2005. "Adaptive Governance of Social-ecological Systems." *Annual Review of Environment and Resources* 30: 441–73.
- Foskett, N., dan J. Hemsley-Brown. 2001. *Choosing Futures: Young People's Decision-Making in Education, Training and Career Markets*. London: RoutledgeFalmer.
- Francis, P., dan M. Amuyunzu-Nyamongo. 2008. "Bitter Harvest: The Social Costs of State Failure in Rural Kenya." Dalam *Assets, Livelihoods, and Social Policy*, ed. C. Moser dan A. A. Dani. Washington, DC: World Bank.
- Frumkin, H., dan A. J. McMichael. 2008. "Climate Change and Public Health: Thinking, Communicating, Acting." *American Journal of Preventive Medicine* 35 (5): 403–10.
- Gaiha, R., K. Imai, dan P. D. Kaushik. 2001. "On the Targeting and Cost

- Effectiveness of Anti-Poverty Programmes in Rural India.” *Development and Change* 32 (2): 309–42.
- Gaillard, J.-C. 2007. “Resilience of Traditional Societies in Facing Natural Hazards.” *Disaster Prevention and Management* 16 (4): 522–44.
- Galiani, S., P. Gertler, dan E. Schargrodsky. 2005. “Water for Life: The Impact of the Privatization of Water Services on Child Mortality.” *Journal of Political Economy* 113 (1): 83–120.
- Gallup, J. L., dan J. D. Sachs. 2001. “The Economic Burden of Malaria.” *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 64 (1–2): 85–96.
- Geoville Group. 2009. “Spatial Analysis of Natural Hazard and Climate Change Risks in Peri-Urban Expansion Areas of Dakar, Senegal.” Paper presented at the World Bank Urban Week 2009. Washington, DC.
- Ghesquiere, F., L. Jamin, dan O. Mahul. 2006. “Earthquake Vulnerability Reduction Program in Colombia: A Probabilistic Cost-Benefit Analysis.” Policy Research Working Paper 3939, World Bank, Washington, DC.
- Gibbs, M. T. 2009. “Resilience: What Is It and What Does It Mean for Marine Policymakers?” *Marine Policy* 33 (2): 322–31.
- Gillespie, S. 2004. “Scaling Up Community-Driven Development: A Synthesis of Experience.” FCND Discussion Paper 181, Food Consumption and Nutrition Division, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Giné, X., R. Townsend, dan J. Vickery. 2008. “Patterns of Rainfall Insurance Participation in Rural India.” *World Bank Economic Review* 22 (3): 539–66.
- Girardet, H. 2008. *Cities People Planet: Urban Development and Climate Change*. 2nd ed. Chichester, UK: John Wiley & Sons.
- Gleditsch, N., R. Nordås, dan I. Salehyan. 2007. “Climate Change and Conflict: The Migration Link.” Coping with Crisis Working Paper Series, International Peace Academy, New York (May).
- Global Humanitarian Forum. 2009. *The Anatomy of A Silent Crisis*. Geneva: Global Humanitarian Forum.
- Goulden, M., L. O. Naess, K. Vincent, dan W. N. Adger. 2009. “Accessing Diversification, Networks and Traditional Resource Management as Adaptations to Climate Extremes.” Dalam *Adapting to Climate Change: Thresholds, Values, Governance*, ed. N. Adger, I. Lorenzoni, dan K. O’Brien. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Government of Bangladesh. 2008. *Cyclone Sidr in Bangladesh: Damage, Loss and Needs Assessment for Disaster Recovery and Reconstruction*. Dhaka: Government of Bangladesh, World Bank, and the European Commission.
- Granovetter, M. 1978. “Threshold Models of Collective Behavior.” *American Journal of Sociology* 83 (6): 1420–43.
- Grosh, M. E., C. del Ninno, E. Tesliuc, dan A. Ouerghi. 2008. *For Protection and Promotion: The Design and Implementation of Effective Safety Nets*. Washington, DC: World Bank.
- Groves, D. G., dan R. J. Lempert. 2007. “A New Analytic Method for

- Finding Policy-Relevant Scenarios.” *Global Environmental Change* 17 (1): 73–85.
- Hales, S., N. de Wet, J. Maindonald, dan A. Woodward. 2002. “Potential Effect of Population and Climate Changes on Global Distribution of Dengue Fever: An Empirical Model.” *Lancet* 360: 830–34.
- Hallegatte, S. 2009. “Strategies to Adapt to an Uncertain Climate Change.” *Global Environmental Change* 19 (2): 240–47.
- Hara, Y., K. Takeuchi, dan S. Okubo. 2005. “Urbanization Linked with Past Agricultural Landuse Patterns in the Urban Fringe of a Deltaic Asian Mega-City: A Case Study in Bangkok.” *Landscape and Urban Planning* 73 (1): 16–28.
- Hay, S. I., A. J. Tatem, C. A. Guerra, dan R. W. Snow. 2006. *Population at Malaria Risk in Africa: 2005, 2015, and 2030*. London: Centre for Geographic Medicine, KEMRI/Wellcome Trust Collaborative Programme, University of Oxford.
- Heltberg, R., P. B. Siegel, dan S. L. Jorgensen. 2009. “Addressing Human Vulnerability to Climate Change: Toward a ‘No-Regrets’ Approach.” *Global Environmental Change* 19 (1): 89–99.
- Herrmann, S. M., A. Anyamba, dan C. J. Tucker. 2005. “Recent Trends in Vegetation Dynamics in the African Sahel and Their Relationship to Climate.” *Global Environmental Change* 15 (4): 394–404.
- Hess, U., W. Wiseman, dan T. Robertson. 2006. *Ethiopia: Integrated Risk Financing to Protect Livelihoods and Foster Development*. Rome: World Food Programme.
- Hochrainer, S., R. Mechler, G. Pflug, dan A. Lotsch. 2008. “Investigating the Impact of Climate Change on the Robustness of Index-Based Microinsurance in Malawi.” Policy Research Working Paper 4631, World Bank, Washington, DC.
- Hoeppe, P., dan E. N. Gurenko. 2006. “Scientific and Economic Rationales for Innovative Climate Insurance Solutions.” *Climate Policy* 6: 607–20.
- Horton, R., C. Herweijer, C. Rosenzweig, J. Liu, V. Gornitz, dan A. C. Ruane. 2008. “Sea Level Rise Projections for Current Generation CGCMs Based on the Semi-Empirical Method.” *Geophysical Research Letters* 35:L02715. DOI:10.1029/2007GL032486.
- IDMC (Internal Displacement Monitoring Centre). 2008. *Internal Displacement: Global Overview of Trends and Developments in 2008*. Geneva: IDMC.
- IEG (Independent Evaluation Group). 2008. *Climate Change and the World Bank Group-Phase I: An Evaluation of World Bank Win-Win Energy Policy Reforms*. Washington, DC: IEG Knowledge Programs and Evaluation Capacity Development.
- Ivanic, M., dan W. Martin. 2008. “Implications of Higher Global Food Prices for Poverty in Low-Income Countries.” Policy Research Working Paper 4594, World Bank, Washington, DC.
- Kanaiaupuni, S. M. 2000. “Reframing the Migration Question: An Analysis of Men, Women, and Gender in Mexico.” *Social Forces* 78 (4): 1311–47.
- Kanbur, R. 2009. “Macro Crises and Targeting Transfers to the Poor.” Cornell University, Ithaca, NY.
- Keim, M. E. 2008. “Building Human Resilience: The Role of Public

- Health Preparedness and Response as an Adaptation to Climate Change." *American Journal of Preventive Medicine* 35 (5): 508–16.
- Keiser, J., J. Utzinger, M. C. Castro, T. A. Smith, M. Tanner, dan B. H. Singer. 2004. "Urbanization in Sub-Saharan Africa and Implications for Malaria Control." *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 71 (S2): 118–27.
- Knowlton, K., G. Solomon, dan M. Rotkin-Ellman. 2009. "Fever Pitch: Mosquito-Borne Dengue Fever Threat Spreading in The Americas." Issue Paper, Natural Resources Defense Council, New York (July).
- Kolmannskog, V. O. 2008. *Future Floods of Refugees: A Comment on Climate Change, Conflict and Forced Migration*. Oslo: Norwegian Refugee Council.
- Komives, K., V. Foster, J. Halpern, Q. Wodon, dan R. Abdullah. 2005. *Water, Electricity, and the Poor: Who Benefits from Utility Subsidies?* Washington, DC: World Bank.
- Kopf, S., M. Ha-Duong, dan S. Hallegatte. 2008. "Using Maps of City Analogues to Display and Interpret Climate Change Scenarios and Their Uncertainty." *Natural Hazards and Earth System Science* 8 (4): 905–18.
- Kunreuther, H., dan E. Michel-Kerjan. 2007. "Climate Change, Insurability of Large-Scale Disasters and the Emerging Liability Challenge." Working Paper 12821, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Larson, A., dan F. Soto. 2008. "Decentralization of Natural Resource Governance Regimes." *Annual Review of Environment and Resources* 33: 213–39.
- Laryea-Adjei, G. 2000. "Building Capacity for Urban Management in Ghana: Some Critical Considerations." *Habitat International* 24 (4): 391–402.
- Laukkonen, J., P. K. Blanco, J. Lenhart, M. Keiner, B. Cavric, dan C. Kinuthia-Njenga. 2009. "Combining Climate Change Adaptation and Mitigation Measures at the Local Level." *Habitat International* 33 (3): 287–92.
- Lempert, R. J. 2007. "Creating Constituencies for Long-term Radical Change." Wagner Research Brief 2, New York University, New York.
- Lempert, R. J., dan M. T. Collins. 2007. "Managing the Risk of Uncertain Threshold Responses: Comparison of Robust, Optimum, and Precautionary Approaches." *Risk Analysis* 27 (4): 1009–26.
- Lempert, R. J., dan M. E. Schlesinger. 2000. "Robust Strategies for Abating Climate Change." *Climatic Change* 45 (3–4): 387–401.
- Levitt, B., dan J. G. March. 1988. "Organizational Learning." *Annual Review of Sociology* 14: 319–38.
- Lewis, M. 2007. "In Nature's Casino." *New York Times Magazine*, August 26, 2007.
- Ligeti, E., J. Penney, dan I. Wieditz. 2007. *Cities Preparing for Climate Change: A Study of Six Urban Regions*. Toronto: The Clean Air Partnership.
- Lin, H. 2008. *Proposal Report on Flood Hazard Mapping Project in Taihu Basin*. China: Taihu Basin Authority of Ministry of Water Resources.
- Linnerooth-Bayer, J., dan R. Mechler. 2006. "Insurance for Assisting

- Adaptation to Climate Change in Developing Countries: A Proposed Strategy." *Climate Policy* 6: 621–36.
- Llanto, G. M., M. P. Geron, dan J. Almario. 2007. "Developing Principles for the Regulation of Microinsurance (Philippine Case Study)." Discussion Paper 2007-26, Philippine Institute for Development Studies, Makati City.
- Lobell, D. B., M. Burke, C. Tebaldi, M. D. Mastrandrea, W. P. Falcon, dan R. L. Naylor. 2008. "Prioritizing Climate Change Adaptation Needs for Food Security in 2030." *Science* 319 (5863): 607–10.
- Luber, G., dan M. McGeehin. 2008. "Climate Change and Extreme Heat Events." *American Journal of Preventive Medicine* 35 (5): 429–35.
- Lucas, R. E. B. 2005. *International Migration and Economic Development: Lessons from Low-Income Countries: Executive Summary*. Stockholm: Almkvist & Wiksell International, Expert Group on Development Issues.
- . 2006. "Migration and Economic Development in Africa: A Review of Evidence." *Journal of African Economies* 15 (2): 337–95.
- Macchi, M. 2008. *Indigenous and Traditional People and Climate Change: Vulnerability and Adaptation*. Gland, Switzerland: International Union for Conservation of Nature.
- Mahul, O., dan J. Skees. 2007. "Managing Agricultural Risk at the Country Level: The Case of Index-based Livestock Insurance in Mongolia." Policy Research Working Paper 4325, World Bank, Washington, DC.
- Manuamorn, O. P. 2007. "Scaling Up Microinsurance: The Case of Weather Insurance for Smallholders in India." Agriculture and Rural Development Discussion Paper 36, World Bank, Washington, DC.
- Massey, D., dan F. Espana. 1987. "The Social Process of International Migration." *Science* 237 (4816): 733–38.
- McEvoy, D., S. Lindley, dan J. Handley. 2006. "Adaptation and Mitigation in Urban Areas: Synergies and Conflicts." *Proceedings of the Institution of Civil Engineers* 159 (4): 185–91.
- McGranahan, G., D. Balk, dan B. Anderson. 2007. "The Rising Tide: Assessing the Risks of Climate Change and Human Settlements in Low Elevation Coastal Zones." *Environment and Urbanization* 19 (1): 17–37.
- McMichael, A., D. Campbell-Lendrum, S. Kovats, S. Edwards, P. Wilkinson, T. Wilson, R. Nicholls, S. Hales, F. Tanser, D. Le Sueur, M. Schlesinger, dan N. Andronova. 2004. "Global Climate Change." Dalam *Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease Attributable to Selected Major Risk Factors*, vol. 2, ed. M. Ezzati, A. D. Lopez, A. Rodgers, dan C. J. L. Murray. Geneva: World Health Organization.
- Mearns, R. 2004. "Sustaining Livelihoods on Mongolia's Pastoral Commons: Insights from a Participatory Poverty Assessment." *Development and Change* 35 (1): 107–39.
- Mechler, R., S. Hochrainer, G. Pflug, K. Williges, dan A. Lotsch. 2009. "Assessing Financial Vulnerability to Climate-Related Natural Hazards." Background paper for the WDR 2010.

- Mercy Corps. 2008. "Reducing Flood Risk through a Job Creation Scheme." Dalam *Linking Disaster Risk Reduction and Poverty Reduction: Good Practices and Lessons Learned: 2008*, ed. Global Network of NGOs for Disaster Risk Reduction. Geneva: United Nations Development Programme and International Strategy for Disaster Reduction (ISDR).
- Migration DRC. 2007. "Global Migrant Origin Database." Development Research Centre on Migration, Globalisation and Poverty, University of Sussex, Brighton.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Mills, E. 2005. "Insurance in a Climate of Change." *Science* 309 (5737): 1040–44.
- . 2007. "Synergism between Climate Change Mitigation and Adaptation: Insurance Perspective." *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12: 809–42.
- Milly, P. C. D., R. T. Wetherald, K. A. Dunne, dan T. L. Delworth. 2002. "Increasing Risk of Great Floods in a Changing Climate." *Nature* 415 (6871): 514–17.
- Myers, N. 2002. "Environmental Refugees: A Growing Phenomenon of the 21st Century." *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 357 (1420): 609–13.
- NRC (National Research Council of the National Academies). 2006. *Facing Hazards and Disasters. Understanding Human Dimension*. Washington, DC: National Academies Press.
- . 2007a. *Contributions of Land Remote Sensing for Decisions about Food Security and Human Health*. Washington, DC: National Academies Press.
- . 2007b. *Earth Science and Application from Space: National Imperatives for the Next Decade and Beyond*. Washington, DC: National Academies Press.
- Nelson, D. R., W. N. Adger, dan K. Brown. 2007. "Adaptation to Environmental Change: Contributions of a Resilience Framework." *Annual Review of Environment and Resources* 32: 395–419.
- Nelson, V., K. Meadows, T. Cannon, J. Morton, dan A. Martin. 2002. "Uncertain Prediction, Invisible Impacts, and the Need to Mainstream Gender in Climate Change Adaptations." *Gender and Development* 10 (2): 51–59.
- Nicholls, R. J., P. P. Wong, V. Burkett, C. D. Woodroffe, dan J. Hay. 2008. "Climate Change and Coastal Vulnerability Assessment: Scenarios for Integrated Assessment." *Sustainability Science* 3 (1): 89–102.
- Nordås, R., dan N. Gleditsch. 2007. "Climate Change and Conflict." *Political Geography* 26 (6): 627–38.
- Olsson, P., C. Folke, dan F. Berkes. 2004. "Adaptive Comanagement for Building Resilience in Social-Ecological Systems." *Environmental Management* 34 (1): 75–90.
- Orlove, B. S., J. H. Chiang, dan M. A. Cane. 2000. "Forecasting Andean Rainfall and Crop Yield from the Influence of El Niño on Pleiades Visibility." *Nature* 403 (6765): 68–71.
- Ostrom, E. 1990. *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. New York: Cambridge University Press.

- Pahl-Wostl, C. 2007. "Transitions toward Adaptive Management of Water Facing Climate and Global Change." *Water Resources Management* 21: 49–62.
- PAHO (Pan American Health Organization). 2009. "Dengue." Washington, DC, http://new.paho.org/hq/index.php?option=com_content&task=view&id=264&Itemid=363 (accessed July 2009).
- Parry, M., O. F. Canziani, J. P. Palutikof, dan others. 2007. "Technical Summary." Dalam *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, dan C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Parsons, C. R., R. Skeldon, T. L. Walmsley, dan L. A. Winters. 2007. "Quantifying International Migration: A Database of Bilateral Migrant Stocks." Policy Research Working Paper 4165, World Bank, Washington, DC.
- Pelling, M. 1997. "What Determines Vulnerability to Floods: A Case Study in Georgetown, Guyana." *Environment and Urbanization* 9 (1): 203–26.
- Pomeroy, R. S., dan M. D. Pido. 1995. "Initiatives towards Fisheries Co-management in the Philippines: The Case of San Miguel Bay." *Marine Policy* 19 (3): 213–26.
- Portes, A., dan J. Sensenbrenner. 1993. "Embeddedness and Immigration: Notes on the Social Determinants of Economic Actions." *American Journal of Sociology* 98 (6): 13–20.
- Raadgever, G. T., E. Mostert, N. Kranz, E. Interwies, dan J. G. Timmerman. 2008. "Assessing Management Regimes in Transboundary River Basins: Do They Support Adaptive Management." *Ecology and Society* 13 (1): 14.
- Rahmstorf, S., A. Cazenave, J. A. Church, J. E. Hansen, R. F. Keeling, D. E. Parker, dan R. C. J. Somerville. 2007. "Recent Climate Observations Compared to Projections." *Science* 316 (5825): 709.
- Ranger, N., R. Muir-Wood, dan S. Priya. 2009. "Assessing Extreme Climate Hazards and Options for Risk Mitigation and Adaptation in the Developing World." Background paper for the WDR 2010.
- Ravallion, M. 2008. "Bailing Out the World's Poorest." Policy Research Working Paper 4763, World Bank, Washington, DC.
- Ravallion, M., S. Chen, dan P. Sangraula. 2007. "New Evidence on the Urbanization of Poverty." Policy Research Working Paper 4199, World Bank, Washington, DC.
- Repetto, R. 2008. "The Climate Crisis and the Adaptation Myth." Yale School of Forestry and Environmental Studies Working Paper 13, Yale University, New Haven, CT.
- Reuveny, R. 2007. "Climate Change Induced Migration and Violent Conflict." *Political Geography* 26 (6): 656–73.
- Ribot, J. C. Akan terbit. "Vulnerability Does Not Just Fall from the Sky: Toward Multi-Scale Pro-Poor Climate Policy." Dalam *The Social Dimensions of Climate Change: Equity and Vulnerability in a Warming World*, ed. R. Mearns dan A. Norton. Washington, DC: World Bank.

- Richmond, T. 2008. "The Current Status and Future Potential of Personalized Diagnostics: Streamlining a Customized Process." *Biotechnology Annual Review* 14: 411–22.
- Roberts, D. 2008. "Thinking Globally, Acting Locally: Institutionalizing Climate Change at the Local Government Level in Durban, South Africa." *Environment and Urbanization* 20 (2): 521–37.
- Robine, J.-M., S. L. K. Cheung, S. Le Roy, H. VanOyen, C. Griffiths, J.-P. Michel, dan F. R. Herrmann. 2008. "Death Toll Exceeded 70,000 in Europe during the Summer of 2003." *Comptes Rendus Biologies* 331 (2): 171–78.
- Rogers, D., S. E. Randolph, R. W. Snow, dan S. I. Hay. 2002. "Satellite Imagery in the Study and Forecast of Malaria." *Nature* 415 (6872): 710–15.
- Rogers, E. 1995. *Diffusion of Innovations*. New York: Free Press.
- Roman, A. 2008. "Curitiba, Brazil." Dalam *Encyclopedia of Earth—Environmental Information Coalition*. Washington, DC: National Council for Science and the Environment.
- Satterthwaite, D. 2008. "The Social and Political Basis for Citizen Action on Urban Poverty Reduction." *Environment and Urbanization* 20 (2): 307–18.
- Satterthwaite, D., S. Huq, M. Pelling, A. Reid, dan R. Lankao. 2007. *Adapting to Climate Change in Urban Areas: The Possibilities and Constraints in Low and Middle Income Countries*. London: International Institute for Environment and Development.
- Seo, J.-K. 2009. "Balanced National Development Strategies: The Construction of Innovation Cities in Korea." *Land Use Policy* 26 (3): 649–61.
- Simms, A., dan H. Reid. 2006. *Up in Smoke? Latin America and the Threat from Climate Change to the Environment and Human Development*. London: Working Group on Climate Change and Development, International Institute for Environment and Development, New Economics Foundation.
- Skees, J. R. 2001. "The Bad Harvest: Crop Insurance Reform Has Become a Good Idea Gone Awry." *Regulation* 24 (1): 16–21.
- Sobrevila, C. 2008. *The Role of Indigenous People in Biodiversity Conservation: The Natural but Often Forgotten Partners*. Washington, DC: World Bank.
- Solomon, S., D. Qin, M. Manning, R. B. Alley, T. Berntsen, N. L. Bindoff, Z. Chen, A. Chidthaisong, J. M. Gregory, G. C. Hegerl, M. Heimann, B. Hewitson, B. J. Hoskins, F. Joos, J. Jouzel, V. Kattsov, U. Lohmann, T. Matsuno, M. Molina, N. Nicholls, J. Overpeck, G. Raga, V. Ramaswamy, J. Ren, M. Rusticucci, R. Somerville, T. F. Stocker, P. Whetton, R. A. Wood, dan D. Wratt. 2007. "Technical Summary." Dalam *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, dan H. L. Miller. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Sorensen, N., N. van Hear, dan P. Engberg-Pedersen. 2003.

- “Migration, Development and Conflict: State-of-the-Art Overview.” Dalam *The Migration-Development Nexus*, ed. N. van Hear dan N. Sorensen. New York and Geneva: United Nations and International Organization for Migration.
- Srinivasan, A. 2004. “Local Knowledge for Facilitating Adaptation to Climate Change in Asia and the Pacific: Policy Implications.” Working Paper 2004-002, Institute for Global Environmental Strategies, Kanagawa, Japan.
- Stringer, L. C., J. C. Dyer, M. S. Reed, A. J. Dougill, C. Twyman, dan D. Mkwambisi. Akan terbit. “Adaptations to Climate Change, Drought and Desertification: Local Insights to Enhance Policy in Southern Africa.” *Environmental Science and Policy*.
- Swiss Re. 2007. “World Insurance in 2006: Premiums Came Back to Life.” Zurich: Sigma (April).
- Tebtebba Foundation. 2008. *Guide on Climate Change and Indigenous Peoples*. Baguio City, the Philippines: Tebtebba Foundation.
- Theisen, O. M. 2008. “Blood and Soil? Resource Scarcity and Internal Armed Conflict Revisited.” *Journal of Peace Research* 45 (6): 801–18.
- Tol, R. S. J. 1998. “Climate Change and Insurance: A Critical Appraisal.” *Energy Policy* 26 (3): 257–62.
- Tompkins, E. L., dan W. N. Adger. 2004. “Does Adaptive Management of Natural Resources Enhance Resilience to Climate Change?” *Ecology and Society* 9 (2): 10.
- Tuñón, M. 2006. *Internal Labour Migration in China*. Beijing: International Labour Organisation.
- Twomlow, S., F. T. Mugabe, M. Mwale, R. Delve, D. Nanja, P. Carberry, dan M. Howden. 2008. “Building Adaptive Capacity to Cope with Increasing Vulnerability Due to Climatic Change in Africa: A New Approach.” *Physics and Chemistry of the Earth* 33 (8–13): 780–87.
- UNICEF (United Nations Children’s Fund). 2008. *Climate Change and Children: A Human Security Challenge*. Florence: UNICEF.
- United Nations. 2005. *Trends in Total Migrant Stock: The 2005 Revision*. New York: United Nations Population Division, Department of Economic and Social Affairs.
- . 2006. *The State of the World’s Refugees: Human Displacement in the New Millennium*. Oxford, UK: United Nations High Commissioner for Refugees.
- . 2007. *Drought Risk Reduction Framework and Practices: Contribution to the Implementation of the Hyogo Framework for Action*. Geneva: United Nations International Strategy for Disaster Reduction.
- . 2008a. *State of the World’s Cities 2008/9. Harmonious Cities*. London: Earthscan.
- . 2008b. *World Urbanization Prospects: The 2007 Revision*. New York: United Nations Population Division, Department of Economic and Social Affairs.
- . 2009. *2009 Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction: Risk and Poverty in a Changing Climate*. Geneva: United Nations International Strategy for Disaster Reduction.
- Vakis, R. 2006. “Complementing Natural Disasters Management: The Role of Social Protection.” Social Protection Discussion Paper 0543, World Bank, Washington, DC.

- Walker, B., L. H. Gunderson, A. Kinzig, C. Folke, S. Carpenter, dan L. Schultz. 2006. "A Handful of Heuristics and Some Propositions for Understanding Resilience in Social-Ecological Systems." *Ecology and Society* 11 (1):13.
- Wang, R., dan Y. E. Yaping. 2004. "Eco-city Development in China." *Ambio: A Journal of the Human Environment* 33 (6): 341–42.
- Ward, R. E. T, C. Herweijer, N. Patmore, dan R. Muir-Wood. 2008. "The Role of Insurers in Promoting Adaptation to the Impacts of Climate Change." *Geneva Papers on Risk and Insurance Issues and Practice* 33 (1): 133–39.
- WBGU (German Advisory Council on Global Change). 2008. *Climate Change as a Security Risk*. London: Earthscan.
- Welsh Assembly Government. 2008. *Heatwave Plan for Wales: A Framework for Preparedness and Response*. Cardiff, UK: Welsh Assembly Government Department for Public Health and Health Professions.
- White, A., dan A. Martin. 2002. *Who Owns the World's Forests? Forest Tenure and Public Forests in Transition*. Washington, DC: Forest Trends and Center for International Environmental Law.
- WHO (World Health Organization). 2005. *Health and Climate Change: The Now and How. A Policy Action Guide*. Geneva: WHO.
- . 2008. *Protecting Health from Climate Change: World Health Day 2008*. Geneva: WHO.
- Wilbanks, T. J., dan R. W. Kates. 1999. "Global Change in Local Places: How Scale Matters." *Climatic Change* 43 (3): 601–28.
- World Bank. 2005. *Managing Agricultural Production Risk: Innovations in Developing Countries*. Washington, DC: World Bank.
- . 2006. *Making the New Indonesia Work for the Poor*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008a. *Climate Resilient Cities: A Primer on Reducing Vulnerabilities to Climate Change Impacts and Strengthening Disaster Risk Management in East Asian Cities*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008b. *Environmental Health and Child Survival: Epidemiology, Economics, Experiences*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008c. *Project Appraisal Document: Regional Adaptation to the Impact of Rapid Glacier Retreat in the Tropical Andes*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008d. *Reforming Energy Price Subsidies and Reinforcing Social Protection: Some Design Issues*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008e. *The Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility: Providing Immediate Funding after Natural Disasters*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008f. *World Development Indicators 2008*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008g. *World Development Report 2009. Reshaping Economic Geography*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009. *Development and Climate Change: A Strategic Framework for the World Bank Group: Technical Report*. Washington, DC: World Bank.
- World Climate Programme. 2007. *Climate Services Crucial for*

- Early Warning of Malaria Epidemics*. Geneva: World Climate Programme.
- World Economic Forum. 2008. *Building Resilience to Natural Disasters: A Framework for Private Sector Engagement*. Geneva: World Economic Forum, World Bank, and United Nations International Strategy for Disaster Reduction.
- WRI (World Resources Institute), United Nations Development Programme, United Nations Environment Programme, and World Bank. 2008. *World Resources 2008: Roots of Resilience: Growing the Wealth of the Poor*. Washington, DC: WRI.
- Yip, S. C. T. 2008. "Planning for Eco-Cities in China: Visions, Approaches and Challenges." Paper presented at the 44th ISOCARPCongress. The Netherlands.

Keragaman Hayati dan Layanan Ekosistem dalam Iklim yang Berubah

Bumi kita menyokong suatu jaringan kompleks yang melibatkan 3 juta hingga 10 juta spesies tumbuhan dan hewan¹ dan bahkan mikroorganisme yang jumlahnya jauh lebih banyak lagi. Dan untuk pertama kalinya suatu spesies, manusia, berada dalam posisi untuk melestarikan atau menghancurkan fungsi dari jaringan tersebut.² Hanya sedikit saja spesies yang memberikan gizi yang paling mendasar—20 persen asupan kalori manusia berasal dari nasi,³ 20 persen dari gandum;⁴ beberapa spesies ternak, unggas, dan babi memasok 70 persen protein hewani kita. Hanya 20 persen asupan protein hewani dari ikan dan kerang-keranglah kita mendapati adanya keberagaman dalam spesies yang kita santap.⁵ Manusia diperkirakan memanfaatkan sepertiga dari energi Matahari yang diubah menjadi tumbuhan.⁶

Akan tetapi, kesejahteraan manusia bergantung pada banyak sekali spesies yang interaksi kompleksnya dalam banyak ekosistem yang berfungsi dengan baik telah memurnikan air, menyebarkan tanaman, menguraikan limbah, menjaga kesuburan tanah, menjaga aliran air dan melindungi dari situasi cuaca ekstrem, serta memenuhi

kebutuhan sosial dan budayanya, dan masih banyak lagi (Kotak FB.1). Millennium Ecosystem Assessment menyimpulkan bahwa dari 24 layanan ekosistem yang ditelaah, 15 sedang mengalami degradasi atau digunakan secara tidak berkesinambungan (Tabel FB.1). Pendorong utama dari degradasi adalah konversi tata guna lahan, biasanya untuk pertanian atau

akuakultur, nutrien yang berlebihan, dan perubahan iklim. Banyak konsekuensi dari degradasi terfokus pada kawasan-kawasan tertentu, dan pengaruhnya paling banyak dirasakan oleh rakyat miskin karena mereka bergantung secara langsung pada layanan ekosistem.⁷

Ancaman terhadap keragaman hayati dan layanan ekosistem

Dalam kurang lebih dua abad terakhir, kemanusiaan telah menjadi penggerak dari salah satu peristiwa kepunahan besar di Bumi. Mengambil sebagian besar aliran energi yang mengalir melalui jaring-jaring makanan dan mengubah bentuk tutupan lahan untuk mendukung kehidupan spesies yang paling bernilai telah meningkatkan laju kepunahan spesies dari 100 hingga 1.000 kali lipat sebelum manusia mendominasi Bumi.⁸ Selama beberapa dekade terakhir, manusia telah menyadari dampak-dampak mereka pada keragaman hayati dan ancaman-ancaman dari dampak-dampak tersebut. Sebagian besar negara telah memiliki program perlindungan keragaman hayati

KOTAK FB.1 *Apa yang dimaksud dengan keragaman hayati? Apa yang dimaksud dengan layanan ekosistem?*

Keragaman hayati adalah segala jenis kehidupan, termasuk gen, populasi, spesies, dan ekosistem. Keragaman hayati menyokong layanan-layanan yang diberikan oleh ekosistem, dan memiliki nilai untuk penggunaan di masa sekarang, kemungkinan penggunaan di masa depan (nilai-nilai pilihan), dan nilai intrinsik.

Jumlah spesies sering kali digunakan sebagai indikator dari keberagaman suatu daerah, meskipun hal itu hanya menangkap secara kasar keberagaman genetik dan kompleksitas dari interaksi-interaksi ekosistem. Terdapat 5 juta sampai 30 juta spesies yang unik di Bumi, kebanyakan adalah mikroorganisme dan hanya sekitar 1,75 juta yang telah didefinisikan secara formal. Dua pertiga dari keberagaman ini ditemukan di daerah tropis; sebuah lahan seluas 25 hektar di Ekuador didapati

memiliki lebih banyak spesies pohon dibandingkan di seluruh AS dan Kanada, bersamaan dengan lebih dari setengah jumlah spesies mamalia dan burung di kedua negara tersebut.

Layanan-layanan ekosistem adalah berbagai proses atau fungsi dari ekosistem yang bernilai terhadap seseorang atau masyarakat. Millennium Ecosystem Assessment menjelaskan lima kategori utama dari layanan ekosistem: *menyediakan*, misalnya produksi pangan dan air; *mengendalikan*, misalnya iklim dan wabah penyakit; *menyokong*, misalnya siklus nutrien dan penyerbukan tumbuhan; *kebudayaan*, misalnya manfaat spiritual dan rekreasional; serta *memelihara*; misalnya pemeliharaan keberagaman.

Sumber: Millenium Assessment 2005; Kraft, Valencia, dan Ackerly 2008; Gitay dkk. 2002.

Tabel FB.1 Penilaian tren saat ini dalam keadaan global terhadap layanan umum yang disediakan oleh ekosistem

Layanan	Subkategori	Status	Catatan
Jenis layanan			
Makanan	Pertanian	↑	Peningkatan produksi secara substansial
	Ternak	↑	Peningkatan produksi secara substansial
	Tangkapan ikan	↓	Penurunan produksi karena penangkapan yang berlebihan
	Akuakultur	↑	Peningkatan produksi secara substansial
	Makanan liar	↓	Penurunan produksi
Serat	Kayu	+ /-	Kehilangan hutan di beberapa wilayah, pertumbuhan hutan di wilayah lainnya
	Kapas, rami, sutera	+ /-	Penurunan produksi untuk beberapa jenis serat, pertumbuhan untuk jenis serat lainnya
	Bahan bakar kayu	↓	Penurunan produksi
Sumber daya genetik		↓	Kehilangan karena kepunahan dan kehilangan sumber daya genetik tanaman pertanian
Biokimia, obat-obatan alami, farmasi		↓	Kehilangan karena kepunahan, pemakaian berlebih
Air bersih		↓	Penggunaan yang tidak berkelanjutan untuk minum, industri, dan irigasi; jumlah energi hidro tidak berubah, tetapi dam meningkatkan kemampuan untuk menggunakan energi tersebut
Layanan regular			
Regulasi kualitas udara	Global	↓	Penurunan kemampuan atmosfer untuk membersihkan sendiri
Regulasi iklim		↑	Secara global, ekosistem merupakan jaring penangkap karbon sejak abad pertengahan
		↓	Dominasi dampak negatif (contohnya, perubahan pada tutupan lahan dapat memengaruhi suhu lokal dan curah hujan)
Regulasi air	Regional dan lokal	+ /-	Bervariasi bergantung pada perubahan ekosistem dan lokasi
Regulasi erosi		↓	Degradasi tanah yang meningkat
Pemurnian air dan pengolahan limbah		↓	Penurunan kualitas air
Regulasi penyakit		+ /-	Bervariasi bergantung pada perubahan ekosistem
Regulasi hama		↓	Pengendalian alamiah menurun karena penggunaan pestisida
Penyerbukan		↓	Penurunan global pada kelimpahan penyerbuk
Regulasi bencana alam		↓	Kehilangan penyangga alamiah (lahan basah, bakau)
Layanan kebudayaan			
Nilai spiritual dan keagamaan		↓	Penurunan cepat pada rumpun dan spesies yang dikeramatkan
Nilai estetik		↓	Penurunan pada kuantitas dan kualitas lahan alamiah
Rekreasi dan ekoturisme		+ /-	Banyak area yang dapat diakses tetapi beberapa terdegradasi

Sumber: Millenium Ecosystem Assessment 2005.

yang efektivitasnya beragam, dan telah terdapat beberapa perjanjian dan kesepakatan internasional yang mengoordinasikan upaya-upaya untuk menghambat dan menghentikan hilangnya keragaman hayati.

Perubahan iklim menambahkan suatu ancaman tambahan. Keragaman hayati Bumi telah menyesuaikan diri terhadap perubahan-perubahan iklim di masa lampau—bahkan perubahan yang cepat sekalipun—melalui gabungan migrasi spesies, kepunahan, dan peluang untuk spesies baru. Akan tetapi, laju perubahan yang akan berlanjut hingga di abad mendatang,

bagaimanapun upaya mitigasi manusia, akan jauh melampaui laju yang terdahulu seperti kepunahan besar akibat tumbukan meteor yang besar. sebagai contoh, laju migrasi spesies pohon selama berlangsungnya zaman es yang paling terakhir, sekitar 10 ribu tahun yang lalu, diperkirakan sebesar 0,3 hingga 0,5 kilometer per tahun. Ini hanyalah sepersepuluh dari laju perubahan di zona-zona iklim yang akan terjadi di abad mendatang.⁹ Sebagian spesies akan bermigrasi cukup cepat untuk berkembang di lokasi baru, tetapi kebanyakan tidak akan mampu menyesuaikan

diri, khususnya di tengah bentang alam yang terfragmentasi sekarang ini, dan lebih banyak lagi yang tidak akan mampu bertahan dari penyesuaian yang dramatis dari komposisi ekosistem, yang akan menyertai perubahan iklim (Peta FB.1). Perkiraan terbaik untuk hilangnya spesies menunjukkan bahwa sekitar 10 persen spesies akan punah untuk setiap kenaikan suhu sebesar 1°C,¹⁰ sementara lebih banyak lagi yang akan berisiko mendekati kepunahan.¹¹

Upaya-upaya untuk memitigasi perubahan iklim melalui aktivitas

berbasis tanah dapat mendukung pemeliharaan keragaman hayati dan layanan ekosistem atau lebih mengancam kedua hal ini. Simpanan karbon di bentang alam dapat ditingkatkan melalui reforestasi dan revegetasi dan melalui praktik-praktik pertanian seperti pembajakan lahan. Berbagai aktivitas ini dapat menciptakan bentang alam yang beragam dan kompleks yang dapat menyokong keragaman hayati. Akan tetapi, tindakan-tindakan mitigasi yang perencanaannya buruk, seperti membatat hutan atau lahan kayu untuk menghasilkan biofuel, akan menjadi kontraproduktif untuk kedua sasaran tadi. Dam-dam besar dapat

memberikan manfaat yang beragam melalui irigasi dan produksi energi, tetapi juga mengancam keragaman hayati melalui pembanjiran langsung dan pengubahan aliran sungai ke hilir secara dramatis sekaligus ekosistem-ekosistem yang bergantung padanya.

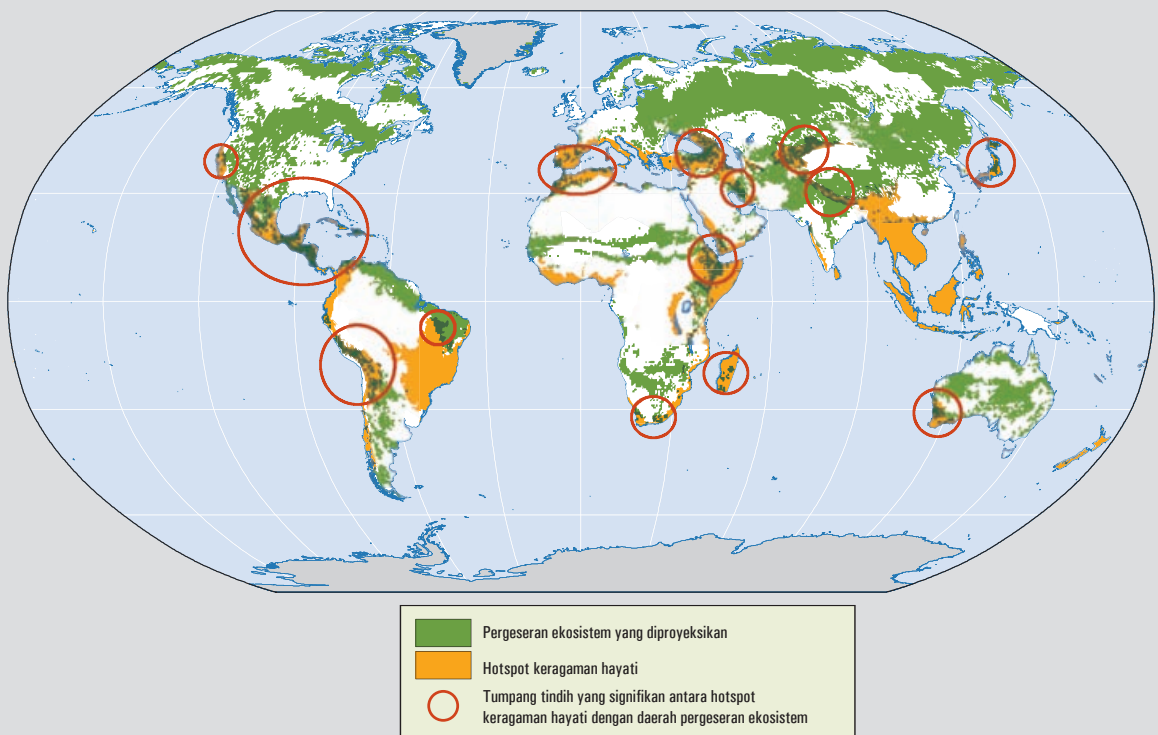
Apa yang dapat diperbuat?

Perubahan dalam prioritas, serta pengelolaan yang aktif dan adaptif diperlukan untuk menjaga keragaman hayati dalam suatu iklim yang berubah. Di beberapa tempat, pengelolaan aktif akan berarti memperbaiki perlindungan terhadap pengaruh

manusia, sementara di tempat lain konservasi mungkin memerlukan intervensi pada spesies dan proses ekosistem yang lebih kuat daripada yang digunakan dewasa ini. Dalam semua kasus, harus ada pertimbangan aktif mengenai nilai-nilai keragaman hayati—di tengah perubahan iklim dan dalam konteks persaingan dalam penggunaan lahan dan laut.

Dibutuhkan proses berkelanjutan untuk mengantisipasi bagaimana lahan dan laut akan merespons suatu iklim yang berubah sementara juga berinteraksi dengan pengubah-pengubah lingkungan yang lainnya. Sebagian spesies akan mati, sebagian akan bertahan, dan sebagian lainnya

Peta FB.1 Sementara banyak perubahan ekosistem yang diproyeksikan berada di daerah boreal dan gurun yang bukan merupakan hotspot keragaman hayati, masih terdapat daerah substansial yang bertumpang tindih dan menjadi perhatian



Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia didasarkan pada Myers dkk. (2000) dan Fischlin dkk. (2007).

Catatan: Peta menunjukkan ketumpangtindihan antara hotspot keragaman hayati—daerah dengan konsentrasi spesies endemik yang besar yang diakibatkan oleh hilangnya habitat yang luar biasa (Conservation International dan Myers dkk. 2000)—dan perubahan terhadap ekosistem tanah yang diproyeksikan pada 2100 relatif terhadap tahun 2000, seperti yang ditunjukkan oleh Panel on Climate Change dalam Fischlin dkk. (2007), Figur 4.3 (a), hal. 238. Perubahan harus dilakukan sebagai indikasi satu-satunya terhadap jangkauan kemungkinan perubahan ekosistem dan menyertakan keuntungan atau kerugian tutupan hutan, padang rumput, lahan semak dan kayu, tutupan herba, dan ameliorasi gurun.

akan bermigrasi, membentuk suatu kombinasi spesies yang baru. Kemampuan untuk mengantisipasi perubahan lahan dan laut tidak akan pernah sempurna, jadi tindakan pengelolaan apapun haruslah berada dalam kerangka kerja yang fleksibel sekaligus adaptif.

Hilangnya sebagian spesies tidaklah terhindarkan, dan beberapa spesies mungkin perlu untuk dilindungi dalam kebun-kebun botani dan zoologi atau dalam bank benih. Sangatlah penting bagi kita untuk mampu mengidentifikasi spesies kunci dalam penyampaian layanan ekosistem dan, jika dibutuhkan, mengelolanya secara aktif. Pengelolaan atau manajemen yang proaktif atas lahan dan laut dalam kondisi iklim yang berubah adalah suatu proses yang relatif baru dan masih tidak terdefinisi dengan baik. Terdapat sedikit kapasitas untuk mengidentifikasi respons manajemen yang realistis, jadi kita perlu untuk berbagi pembelajaran, praktik-praktik terbaik, dan pembangunan kapasitas secara signifikan.

Daerah konservasi

Perubahan atau perluasan apapun terhadap daerah-daerah prioritas konservasi (daerah konservasi) perlu menangkap altitude, latitude, kelembapan, dan gradien-gradien lahan. Proposal untuk meluaskan atau memodifikasi daerah konservasi dapat mengakibatkan pertentangan antara prioritas untuk alokasi dan untuk sumber daya dalam pengelolaan keragaman hayati (seperti uang untuk akuisisi lahan versus uang untuk memanipulasi habitat secara aktif). Terdapat beberapa perangkat yang berguna untuk memilih alokasi lahan

yang optimal untuk mencapai sasaran-sasaran konservasi tertentu yang akan menyeimbangkan kebutuhan-kebutuhan yang saling bersaing.¹²

Akan tetapi daerah yang terlindung bukanlah solusi terhadap perubahan iklim. Jaringan daerah perlindungan yang sekarang telah meningkat pesat selama satu dekade belakangan dan mencakup sekitar 12 persen dari total daratan di Bumi,¹³ tetapi masih kurang cukup untuk melindungi keragaman hayati. Dengan adanya berbagai tekanan demografis dan penggunaan lahan yang bersaing, daerah-daerah yang dilindungi tidak akan bertumbuh secara signifikan. Hal ini berarti bahwa lahan yang mengelilingi dan menghubungkan daerah-daerah yang bernilai konservasi dan berprioritas tinggi (matriks lingkungan), serta orang-orang yang mengelola atau bergantung pada lahan-lahan ini akan menjadi semakin penting di tengah iklim dunia yang berubah.

Strategi konservasi keragaman hayati yang lebih fleksibel dan yang memperhitungkan kepentingan-kepentingan dari berbagai kelompok sosial dalam strategi tersebut akan semakin dibutuhkan. Sejauh ini, aktor penting dalam penciptaan area terlindungi adalah LSM dan pemerintah pusat. Untuk meyakinkan kebutuhan fleksibilitas dalam menjaga keragaman hayati, kita perlu mengajak para pengelola, pemelihara, dan pemilik daerah-daerah dan perairan matriks ini dalam kerja sama pengelolaan. Insentif dan kompensasi mungkin diperlukan untuk aktor-aktor ini untuk menjaga kualitas matriks yang menyediakan tempat perlindungan dan koridor bagi spesies. Beberapa pilihannya

mencakup pemberian pembayaran untuk layanan lingkungan (*payments for environmental services—PES*), “perbankan habitat,”¹⁴ dan eksplorasi lebih lanjut dari “pendekatan berbasis-hak terhadap akses ke sumber daya,” seperti digunakan di berbagai daerah perikanan.

Perencanaan keragaman hayati dan pengelolaannya

Sebuah rencana untuk mengelola secara aktif viabilitas ekosistem seiring perubahan iklim harus dikembangkan untuk semua lahan dan perairan konservasi dan daerah-daerah habitat yang signifikan. Elemen-elemennya mencakup:

- Rencana-rencana manajemen yang cerdas iklim untuk mengatasi hal-hal utama yang mengganggu, seperti kebakaran, wabah, dan limpahan nutrisi.
- Prosedur-prosedur dan pemicu-pemicu keputusan untuk mengubah prioritas pengelolaan. Sebagai contohnya, jika suatu daerah konservasi mengalami dua kali kebakaran dalam waktu singkat, sedemikian hingga pembentukan kembali habitat dan nilai-nilai yang lama tidak mungkin dilakukan, maka harus diimplementasikan sebuah program untuk secara aktif mengelola proses transisinya ke struktur ekosistem alternatif.
- Integrasi ke dalam rencana tentang berbagai hak, kepentingan, dan kontribusi dari masyarakat pribumi dan yang lainnya yang secara langsung bergantung pada lahan atau laut.

Perencanaan yang proaktif semacam itu jarang terjadi, bahkan

di negara-negara maju sekalipun.¹⁵ Kanada mempunyai pendekatan pengelolaan yang lebih proaktif terhadap perubahan iklim di tengah cepatnya pemanasan di daerah-daerah utaranya.¹⁶ Negara-negara lainnya sedang menyusun garis besar dari prinsip-prinsip inti dari manajemen proaktif: meramalkan perubahan, mengelola keragaman hayati regional, termasuk daerah-daerah konservasi dan bentang alam yang melingkupinya, dan menentukan prioritas untuk mendukung pengambilan keputusan di tengah perubahan yang tak terelakkan.¹⁷ Namun, di sebagian besar bagian dunia, manajemen keragaman hayati yang paling dasar sekalipun masih tidak memadai. Di tahun 1999, International Union for Conservation of Nature (IUCN) memastikan bahwa kurang dari seperempat daerah terlindungi di 10 negara berkembang terkelola dengan memadai, dan bahwa lebih dari 10 persen daerah terlindunginya telah mengalami degradasi yang sangat parah.¹⁸

Konservasi berbasis komunitas

Program konservasi berbasis komunitas dapat diterapkan pada skala yang jauh lebih besar. Program-program ini berupaya meningkatkan hak-hak pengguna lokal dan pemeliharaan mereka terhadap sumber daya alam, dengan memberikan izin kepada mereka yang berada paling dekat ke sumber daya alam, yang telah berbagi biaya konservasi (seperti serangan hewan liar terhadap tanaman), untuk berbagi manfaatnya pula. Akan tetapi program-program ini bukanlah obat penyembuh; dibutuhkan lebih banyak

upaya untuk merancang program-program yang efektif.

Partisipasi komunitas adalah *sine qua non* (kondisi penting) dari konservasi keragaman hayati yang berhasil di negara-negara berkembang, tetapi kisah sukses jangka panjang (seperti memanen telur penyu laut di Kosta Rika dan Brazil) sangatlah jarang.¹⁹ Terdapat elemen-elemen yang jelas yang berkontribusi pada keberhasilan program-program yang telah sukses secara regional, seperti program berfokus hewan liar di Afrika bagian selatan. Elemen-elemen tersebut mencakup pemerintahan yang stabil, nilai sumber daya yang tinggi (hewan liar yang unik dan menarik), perekonomian yang kokoh yang mendukung penggunaan sumber daya berorientasi ekspor (termasuk pariwisata dan perburuan safari), kepadatan penduduk yang rendah, tata kelola lokal yang baik, dan kebijakan-kebijakan pemerintah yang menawarkan jaring pengaman sosial untuk menyokong masyarakat di masa-masa sulit. Bahkan dengan segala kondisi tersebut terpenuhi, manfaatnya di beberapa negara, biasanya tidak dapat dirasakan oleh kaum miskinnya.²⁰

Mengelola ekosistem laut

Pengelolaan lahan yang efektif juga bermanfaat untuk ekosistem laut. Sedimentasi dan eutrofikasi yang disebabkan oleh limpasan dari daratan mengurangi ketangguhan berbagai ekosistem laut, seperti terumbu karang.²¹ Nilai ekonomis dari terumbu karang terkadang lebih besar daripada nilai dari pertanian pada lahan yang memengaruhi terumbu karang tersebut.²²

Untuk dunia perikanan, perangkat-perangkat utama untuk mengelola keragaman hayati adalah manajemen perikanan berbasis ekosistem,²³ manajemen zona pantai yang terintegrasi dan mencakup daerah-daerah yang dilindungi di laut,²⁴ dan kerja sama internasional yang mengikat di dalam kerangka kerja Hukum Laut (Law of the Sea).²⁵ Perikanan dianggap sedang berada dalam suatu krisis, dan mismanajemen perikanan dianggap sebagai penyebabnya. Akan tetapi kebutuhan mendasar untuk pengelolaan perikanan telah diketahui.²⁶ Perubahan iklim menghadirkan suatu kesempatan untuk memperkuat dorongan untuk mengimplementasikan reformasi, khususnya dengan mengurangi jumlah kapasitas kapal penangkap ikan dan mengurangi tekanan penangkapan ikan ke tingkat yang dapat dijaga secara berkesinambungan.²⁷ Suatu strategi penangkapan ikan jangka panjang dan berkelanjutan haruslah diimplementasikan—salah satu yang menelaah eksploitasi cadangan sesuai hubungannya dengan titik-titik referensi yang mempertimbangkan ketidakpastian dan perubahan iklim dalam perhitungannya. Tantangan utamanya adalah untuk menerjemahkan sasaran-sasaran kebijakan tingkat tinggi menjadi tindakan-tindakan operasional untuk perikanan yang berkelanjutan.²⁹

Pembayaran untuk layanan ekosistem

Pembayaran untuk layanan ekosistem selama beberapa waktu telah dianggap sebagai suatu cara yang efisien dan adil untuk meraih berbagai hasil yang terkait dengan konservasi

KOTAK FB.2 *Pembayaran untuk layanan ekosistem dan mitigasi*

Dua program pembayaran yang berhasil adalah proyek Moldova Soil Conservation dan program konservasi burung dan perlindungan daerah aliran sungai di Los Negros Valley di Bolivia, keduanya dibiayai oleh World Bank BioCarbon Fund. Di Moldova, 20.000 hektar lahan pertanian yang telah terdegradasi dan mengalami erosi, yang dimiliki oleh pemerintah dan juga masyarakat, direforestasi, sehingga mengurangi erosi dan menghasilkan produk-produk hutan bagi komunitas-komunitas lokal. Proyek tersebut

diharapkan dapat menyimpan 2,5 juta ton karbon dioksida ekuivalen hingga 2017. Di Bolivia, para petani yang tinggal di pinggiran Taman Nasional Amboró dibayar untuk melindungi suatu daerah aliran sungai yang mengandung habitat hutan halimun (hutan di daerah tinggi) yang merupakan tempat hidup bagi 11 spesies burung migran, yang menguntungkan bagi keragaman hayati lokal sekaligus juga pasokan air di musim kemarau.

Sumber: World Bank Carbon Finance Unit.

dan penyediaan layanan ekosistem. Contoh-contohnya adalah membayar pengelola lahan di daerah hulu sungai untuk mengelola daerah hulu agar menciptakan atau melindungi layanan ekosistem (lingkungan) seperti aliran air yang berkualitas, berbagi keuntungan dari daerah perburuan hewan dengan para pemilik lahan yang propertinya rusak oleh hewan buruan, dan yang paling baru, membayar para pemilik lahan untuk meningkatkan atau menjaga cadangan karbon di tanah mereka. Kotak FB.2 memberikan contoh-contoh penyediaan berbagai layanan dari konservasi dan penangkapan karbon.

Pengalaman dengan skema pembiayaan oleh pengguna semacam ini menunjukkan bahwa skema-skema tersebut cenderung disesuaikan untuk kebutuhan lokal dengan lebih baik, dipantau dengan lebih baik, juga ditegakkan dengan lebih baik, jika pembayaran hanya dilakukan jika ada layanan yang diberikan, daripada program-program yang dibiayai oleh pemerintah.³⁰

Suatu kesempatan besar untuk pembayaran tambahan untuk pengelolaan lahan yang meningkat

dapat mengalir dari skema Reduced Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD) yang sedang dipertimbangkan oleh United Nation Framework Convention on Climate Change. REDD berupaya mengurangi emisi dengan membayar negara-negara untuk mengurangi deforestasi dan degradasi. Pembayaran ini dapat dijadikan bagian dari suatu mekanisme pasar dalam suatu proses Clean Development Mechanism yang ditingkatkan, atau bisa juga berupa pembayaran non-pasar dari suatu mekanisme keuangan baru yang tidak berinterferensi dengan mekanisme-mekanisme kepatuhan emisi. Tantangan bagi REDD adalah pada pengimplementasian mekanisme tersebut, yang akan dijelaskan lebih lanjut pada Bab 6.

REDD dapat membuat kontribusi signifikan pada konservasi dan mitigasi perubahan iklim jika REDD melindungi area luas yang mempunyai cadangan karbon tinggi secara biologi dan berada pada risiko tinggi deforestasi. Teknik untuk mengidentifikasi area-area tersebut telah tersedia dan dapat digunakan untuk memandu alokasi sumber daya keuangan (Peta FB.2).

Untuk menghadapi dampak perubahan secara efektif dan berkompetisi dalam penggunaan ekosistem dalam iklim yang berubah, pemerintah perlu memperkenalkan kebijakan, upaya, dan insentif yang kuat dan tepat secara lokal untuk mengubah perilaku-perilaku yang telah lama ada, yang sebagian telah dianggap ilegal. Tindakan-tindakan ini akan bertentangan dengan sebagian preferensi komunitas, jadi keseimbangan antara regulasi dan insentif yang tepat sangatlah penting. REDD menyimpan manfaat potensial bagi para penghuni hutan dan komunitas lokal, tetapi sejumlah kondisi perlu dipenuhi terlebih dahulu sebelum manfaatnya dapat dirasakan. Sebagai contoh, penduduk pedalaman kemungkinannya kecil untuk memperoleh manfaat dari REDD jika identitas dan hak-hak mereka tidak diakui, dan jika mereka tidak memiliki hak yang kuat terhadap lahan, daerah, dan sumber daya mereka (Kotak FB.3). Pengalaman dari inisiatif pengelolaan sumber daya alam berbasis komunitas telah menunjukkan bahwa keterlibatan masyarakat lokal, termasuk penduduk pedalaman, dalam pemantauan sumber daya alam secara partisipatif dapat memberikan informasi yang akurat, efektif dari segi biaya, dan informasi yang terkumpul secara lokal mengenai biomassa hutan dan tren-tren sumber daya alam.

Adaptasi berbasis ekosistem

Upaya adaptasi yang “keras” seperti benteng pantai, daerah pematang sungai, dan dam untuk mengendalikan aliran sungai, seluruhnya mengancam keragaman hayati.³² Sasaran-sasaran

KOTAK FB.3 *Cuplikan dari Declaration of Indigenous Peoples on Climate Change*

"Semua inisiatif di bawah Reducing Emissions from Deforestation and Degradation (REDD) haruslah mendapatkan pengakuan dan implementasi dari hak-hak Penduduk Pedalaman, yang meliputi keamanan penggunaan lahan, pengakuan kepemilikan lahan menurut cara-cara yang tradisional, penggunaan dan hukum-hukum adat dan berbagai manfaat hutan terhadap iklim, ekosistem, dan masyarakat, sebelum melakukan tindakan apa pun." (Artikel 5)

"Kami memohon pendanaan yang memadai dan langsung di negara-negara maju dan berkembang dan juga untuk pembentukan suatu dana untuk memungkinkan partisipasi Penduduk Pedalaman secara penuh dan efektif dalam berbagai proses iklim, yang termasuk adaptasi, mitigasi, pemantauan, dan transfer teknologi yang sesuai, dalam rangka menumbuhkan pemberdayaan, pembangunan kapasitas, dan pendidikan kita. Kami sangat memohon pada

badan-badan PBB yang relevan untuk memfasilitasi dan mendanai partisipasi, pendidikan, dan pembangunan kapasitas dari kaum muda dan kaum perempuan Pedalaman untuk memastikan keterlibatan mereka dalam semua proses internasional dan nasional yang terkait dengan perubahan iklim. (Artikel 7)

"Kami menawarkan diri untuk berbagi Pengetahuan Tradisional, inovasi, dan praktik-praktik kami yang relevan terhadap perubahan iklim dengan seluruh umat manusia, asalkan hak-hak dasar kami sebagai penjaga lintas generasi dari pengetahuan ini diakui dan dihormati sepenuhnya. Kami menekankan kembali betapa pentingnya kita semua melakukan tindakan yang kolektif." (Paragraf Penutup).

Deklarasi ini diisukan selama Indigenous Peoples Global Summit on Climate Change yang diadakan di Anchorage pada 24 April 2009.

adaptasi kerap kali dapat dicapai melalui pengelolaan ekosistem yang lebih baik alih-alih melalui intervensi fisis maupun kerekayasaan, seperti penggunaan ekosistem pantai untuk menjadi zona penyokong terhadap serangan badai alih-alih dinding pantai. Bagian-bagian lainnya mencakup pengelolaan bantaran banjir dan daerah tadahan untuk menyesuaikan aliran ke hilir serta pengenalan agroekosistem berketahanan iklim dan pastoralisme lahan kering untuk menyokong berbagai mata pencaharian yang tegar.

Adaptasi berbasis ekosistem berupaya untuk meningkatkan ketahanan dan mengurangi kerentanan dari ekosistem dan masyarakat di tengah perubahan

iklim, melalui konservasi, restorasi, dan manajemen ekosistem. Ketika diintegrasikan dalam suatu strategi adaptasi yang menyeluruh, ini dapat menghasilkan suatu kontribusi yang efektif dari segi biaya terhadap adaptasi dan menghasilkan manfaat bagi masyarakat.

Selain berbagai manfaat langsung bagi adaptasi, adaptasi berbasis ekosistem dapat juga memberikan manfaat tak langsung lainnya bagi masyarakat, keragaman hayati, dan mitigasi. Sebagai contoh, restorasi sistem bakau untuk memberikan perlindungan garis pantai dari serangan badai dapat juga meningkatkan kesempatan untuk perikanan dan pemerangkapan karbon. Pilihan-pilihan untuk adaptasi berbasis ekosistem sering kali

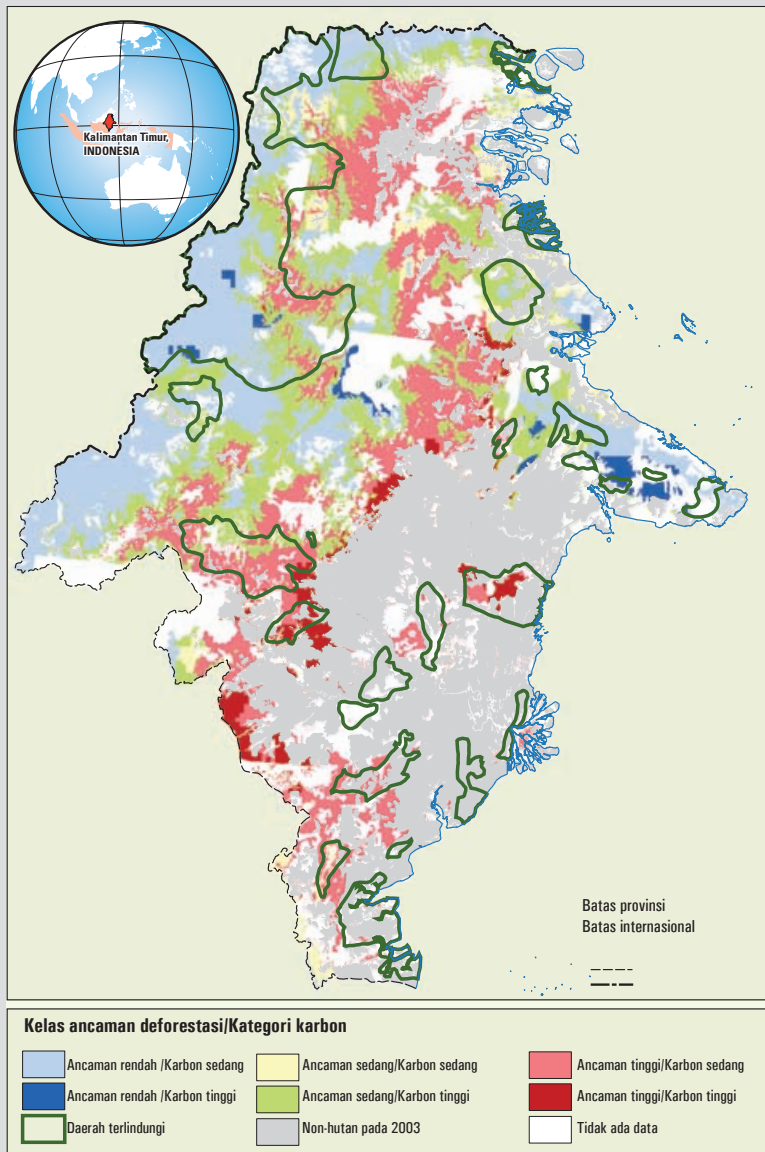
lebih mudah diakses oleh masyarakat miskin pedesaan, kaum perempuan, dan kelompok yang rentan lainnya, dibandingkan pilihan-pilihan yang berdasarkan infrastruktur dan rekayasa. Konsisten dengan pendekatan-pendekatan berbasis komunitas terhadap adaptasi, adaptasi berbasis ekosistem dibangun secara efektif berdasarkan pengetahuan lokal dan kebutuhan.

Adaptasi berbasis ekosistem mungkin perlu memberikan prioritas pada layanan ekosistem tertentu dengan mengorbankan layanan lainnya. Sebagai contoh, menggunakan lahan basah untuk perlindungan daerah pantai akan membutuhkan penekanan pada akumulasi dan stabilisasi endapan, dan mungkin mengorbankan kehidupan hewan liar dan juga kesempatan untuk rekreasi. Stabilisasi lereng dengan semak yang cukup padat merupakan adaptasi berbasis ekosistem yang efektif untuk meningkatkan curah hujan dalam perubahan iklim. Walaupun demikian, periode kering sering diasosiasikan dengan variabel pola hujan yang meningkat dalam perubahan iklim, lereng akan terekspos bahaya kebakaran yang akan menghancurkan sesemakan dan menyebabkan pembalikan sasaran adaptasi. Jadi, adaptasi berbasis ekosistem haruslah ditelaah dulu efektivitas biayanya dan juga risikonya.

Catatan

1. McGinley 2007.
2. Vitousek dkk. 1999.
3. Fitzgerald, McCouch, dan Hall 2009.
4. Brown 2002.
5. WHO dan FAO 2009.

Peta FB.2 Daerah yang tidak terlindungi dari risiko tinggi deforestasi dan dengan cadangan karbon tinggi seharusnya menjadi daerah prioritas untuk keuntungan dari mekanisme REDD



Sumber: Brown dkk. 1993; Harris dkk. 2009.

Catatan: Studi terbaru untuk wilayah Kalimantan Timur di Indonesia menggunakan GEOMOD dan basis data cadangan karbon di hutan tropis Indonesia untuk mengidentifikasi area terbaik untuk aktivitas REDD. Peta menunjukkan daerah dengan ancaman deforestasi yang tinggi yang juga mempunyai cadangan karbon yang tinggi. Hamparan area terlindungi yang sudah ada atau dipromosikan mengizinkan pembuat keputusan untuk mengarahkan sumber daya keuangannya dan memfokuskan usaha-usaha perlindungan untuk mendapatkan keuntungan maksimal melalui mekanisme REDD (daerah merah gelap—ancaman tinggi/karbon tinggi—tidak termasuk di antara batas-batas yang sudah menjadi daerah terlindungi).

6. Haberl 1997.
7. Millennium Ecosystem Assessment 2005.
8. Lawton dan May 1995.
9. England dkk. (2004) mengestimasi laju kemunduran glasial rata-rata sebesar 0,1 kilometer

per tahun sekitar 8.000 tahun yang lalu selama zaman es yang terakhir, yang pada akhirnya menempatkan suatu batasan pada bagaimana spesies-spesies dapat bermigrasi ke arah kutub.

10. Convention on Biological Diversity 2009; Fischlin dkk. 2007.

11. Foden dkk. 2008.

12. Bode dkk. 2008; Joseph, Maloney, dan Possingham 2008; McCarthy dan Possingham 2007.

13. UNEP-WCMC 2008.

14. Ini adalah suatu bentuk dari perdagangan lahan dengan nilai konservasi yang tinggi. Sebagian pemilik lahan tersebut akan memilih untuk menempatkannya dalam bank habitat. Jika muncul kebutuhan untuk merusak lahan yang serupa di tempat lain, misalnya untuk pembangunan jalan raya, maka para pendukung proyeknya harus membeli hak atas lahan dengan nilai konservasi yang ekuivalen dari bank tersebut.

15. Heller dan Zavaleta 2009.

16. Welch 2005.

17. Hannah dkk. 2002; Hannah, Midgley, dan Miller 2002.

18. Dudley dan Stolton 1999.

19. Campbell, Haalboom, dan Trow 2007.

20. Bandyopadhyay dan Tembo 2009.

21. Smith, Gilmour, dan Heyward 2008.

22. Gordon 2007.

23. FAO 2003; FAO 2005; Stiansen dkk. 2005.

24. Halpern 2003; Harmelin-Vivien dkk. 2008.

25. Lodge dkk. 2007.

26. Cunningham dan Bostock 2005.

27. OECD 2008; World Bank 2008.

28. Beddington, Agnew, dan Clark 2007.

29. FAO 2003; FAO 2005; ICES 2008a; ICES 2008b.

30. Wunder, Engel, dan Pagiola 2008.

31. Brown dkk. 1993; Harris dkk. 2009.

32. Bagian ini didasarkan pada bahan yang sedang disiapkan oleh Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change 2009 untuk Convention on Biological Diversity dan UN Framework Convention on Climate Change.

Referensi

- Bandyopadhyay, S., dan G. Tembo. 2009. "Household Welfare and Natural Resource Management around National Parks in Zambia." Policy Research Working Paper Series 4932, World Bank, Washington, DC.
- Beddington, J. R., D. J. Agnew, dan C. W. Clark. 2007. "Current Problems in the Management of Marine Fisheries." *Science* 316 (5832): 1713–16.
- Bode, M., K. A. Wilson, T. M. Brooks, W. R. Turner, R. A. Mittermeier, M. F. McBride, E. C. Underwood, dan H. P. Possingham. 2008. "Cost-Effective Global Conservation Spending Is Robust to Taxonomic Group." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (17): 6498–501.
- Brown, S., L. R. Iverson, A. Prasad, dan L. Dawning. 1993. "Geographical Distribution of Carbon in Biomass and Soils of Tropical Asian Forests." *Geocarto International* 4: 45–59.
- Brown, T. A. 2002. *Genomes*. Oxford: John Wiley & Sons.
- Campbell, L. M., B. J. Haalboom, dan J. Trow. 2007. "Sustainability of Community-Based Conservation: Sea Turtle Egg Harvesting in Ostional (Costa Rica) Ten Years Later." *Environmental Conservation* 34 (2): 122–31.
- Convention on Biological Diversity. 2009. *Draft Findings of the Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change*. Montreal: Convention on Biological Diversity.
- Cunningham, S., dan T. Bostock. 2005. *Successful Fisheries Management. Issues, Case Studies and Perspectives*. Delft, The Netherlands: Eburon Academic Publishers.
- Dudley, N., dan S. Stolton. 1999. "Conversion of Paper Parks to Effective Management: Developing a Target." Paper presented at the Joint Workshop of the IUCN/WWF Forest Innovations Project and the World Commission on Protected Areas in association with the WWF-World Bank Alliance dan the Forests for Life Campaign. 14 Juni. Turrialba, Costa Rica.
- England, J. H., N. Atkinson, A. S. Dyke, D. J. A. Evans, dan M. Zreda. 2004. "Late Wisconsinan Buildup and Wastage of the Innuitian Ice Sheet across Southern Ellesmere Island, Nunavut." *Canadian Journal of Earth Sciences* 41 (1): 39–61.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2003. "The Ecosystem Approach to Fisheries: Issues, Terminology, Principles, Institutional Foundations, Implementation and Outlook." Fisheries Technical Paper 443, FAO, Rome.
- . 2005. *Putting Into Practice the Ecosystem Approach to Fisheries*. Rome: FAO.
- Fischlin, A., G. F. Midgley, J. T. Price, R. Leemans, B. Gopal, C. Turley, M. D. A. Rounsevell, O. P. Dube, J. Tarazona, dan A. A. Velichko. 2007. "Ecosystems, Their Properties, Goods and Services." Dalam *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, dan C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Fitzgerald, M. A., S. R. McCouch, dan R. D. Hall. 2009. "Not Just a Grain of Rice: The Quest for Quality." *Trends in Plant Science* 14 (3): 133–39.
- Foden, W., G. Mace, J.-C. Vie, A. Angulo, S. Butchart, L. DeVantier, H. Dublin, A. Gutsche, S. Stuart, dan E. Turak. 2008. "Species Susceptibility to Climate Change Impacts." Dalam *The 2008 Review of the IUCN Red List of Threatened Species*, J.-C. Vie, C. Hilton-Taylor, dan S. N. Stuart (para editor). Gland, Switzerland: International Union for Conservation of Nature.
- Gitay, H., A. Suarez, R. T. Watson, dan D. J. Dokken, eds. 2002. *Climate Change and Biodiversity*. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva.
- Gordon, I. J. 2007. "Linking Land to Ocean: Feedbacks in the Management of Socio-Ecological Systems in the Great

- Barrier Reef Catchments." *Hydrobiologia* 591 (1): 25–33.
- Haberl, H. 1997. "Human Appropriation of Net Primary Production as an Environmental Indicator: Implications for Sustainable Development." *Ambio* 26 (3): 143–46.
- Halpern, B. S. 2003. "The Impact of Marine Reserves: Do Reserves Work and Does Reserve Size Matter?" *Ecological Applications* 13 (1): S117–37.
- Hannah, L., T. Lovejoy, G. Midgley, W. Bond, M. Bush, J. Lovett, D. Scott, dan F. I. Woodward. 2002. "Conservation of Biodiversity in a Changing Climate." *Conservation Biology* 16 (1): 264–68.
- Hannah, L., G. Midgley, dan D. Miller. 2002. "Climate Change-Integrated Conservation Strategies." *Global Ecology and Biogeography* 11 (6): 485–95.
- Harmelin-Vivien, M., L. Le Direach, J. Bayle-Sempere, E. Charbonnel, J. A. Garcia-Charton, D. Ody, A. Perez-Ruzafa, O. Renones, P. Sanchez-Jerez, dan C. Valle. 2008. "Gradients of Abundance and Biomass across Reserve Boundaries in Six Mediterranean Marine Protected Areas: Evidence of Fish Spillover?" *Biological Conservation* 141 (7): 1829–39.
- Harris, N. L., S. Petrova, F. Stolle, dan S. Brown. 2009. "Identifying Optimal Areas for REDD Intervention: East Kalimantan, Indonesia, as a Case Study." *Environmental Research Letters* 3:035006, doi:10.1088/1748-9326/3/3/035006.
- Heller, N. E., dan E. S. Zavaleta. 2009. "Biodiversity Management in the Face of Climate Change: A Review of 22 Years of Recommendations." *Biological Conservation* 142 (1): 14–32.
- ICES (International Council for the Exploration of the Sea). 2008a. *ICES Advice Book 9: Widely Distributed and Migratory Stocks*. Copenhagen: ICES Advisory Committee.
- . 2008b. *ICES Insight Issue No. 45*. Copenhagen: ICES.
- Joseph, L. N., R. F. Maloney, dan H. P. Possingham. 2008. "Optimal Allocation of Resources among Threatened Species: A Project Prioritization Protocol." *Conservation Biology* 23 (2): 328–38.
- Kraft, N. J. B., R. Valencia, dan D. D. Ackerly. 2008. "Functional Traits and Niche-Based Tree Community Assembly in an Amazonian Forest." *Science* 322 (5901): 580–82.
- Lawton, J. H., dan R. M. May. 1995. *Extinction Rates*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Lodge, M. W., D. Anderson, T. Lobach, G. Munro, K. Sainsbury, dan A. Willock. 2007. *Recommended Best Practices for Regional Fisheries Management Organizations*. London: Chatham House for the Royal Institute of International Affairs.
- McCarthy, M. A., dan H. P. Possingham. 2007. "Active Adaptive Management for Conservation." *Conservation Biology* 21 (4): 956–63.
- McGinley, M. 2007. *Species Richness*. Washington, DC: Encyclopedia of Earth—Environmental Information Coalition, National Council for Science and Environment.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis Report*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca, dan J. Kent. 2000. "Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities." *Nature* 403: 853–58.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2008. *Recommendation of the Council on the Design and Implementation of Decommissioning Schemes in the Fishing Sector*. Paris: OECD.
- Smith, L. D., J. P. Gilmour, dan A. J. Heyward. 2008. "Resilience of Coral Communities on an Isolated System of Reefs following Catastrophic Mass-Bleaching." *Coral Reefs* 27 (1): 197–205.
- Stiansen, J. E., B. Bogstad, P. Budgell, P. Dalpadado, H. Gjosaeter, K. Hiis Hauge, R. Ingvaldsen, H. Loeng, M. Mauritzen, S. Mehl, G. Ottersen, M. Skogen, dan E. K. Stenevik. 2005. *Status Report on the Barents Sea Ecosystem 2004–2005*. Bergen, Norway: Institute of Marine Research (IMR).
- UNEP-WCMC ((United Nations Environment Program—World Conservation Monitoring Center). 2008. *State of the World's Protected Areas 2007: An Annual Review of Global Conservation Progress*. Cambridge, UK: UNEP-WCMC.

- Vitousek, P. M., H. A. Mooney, J. Lubchenco, dan J. M. Melillo. 1999. "Human Domination of Earth's Ecosystems." *Science* 277 (5325): 494–99.
- Welch, D. 2005. "What Should Protected Area Managers Do in the Face of Climate Change?" *The George Wright Forum* 22 (1): 75–93.
- WHO dan FAO (World Health Organization dan Food and Agriculture Organization). 2009. "Global and Regional Food Consumption Patterns and Trends." Dalam *Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases*. Geneva and Rome: WHO and FAO.
- World Bank. 2008. *The Sunken Billions: The Economic Justification for Fisheries Reform*. Washington, DC: World Bank and FAO.
- Wunder, S., S. Engel, dan S. Pagiola. 2008. "Taking Stock: A Comparative Analysis of Payments for Environmental Services Programs in Developed and Developing Countries." *Ecological Economics* 65 (4): 834–52.



Mengelola Lahan dan Air untuk Memberi Pangan Sembilan Miliar Penduduk dan Melindungi Sistem Alam

Perubahan iklim telah memengaruhi alam dan sistem pengelolaannya—hutan, lahan basah, batu karang, pertanian dan perikanan—tempat masyarakat bergantung untuk mendapatkan pangan, bahan bakar, serat, dan banyak layanan lainnya. Ini akan menekan lahan pertanian di banyak area, membuatnya lebih sukar untuk memenuhi pertumbuhan kebutuhan pangan dunia. Hal ini menjadikan dunia berhadapan dengan persaingan ketat untuk tanah, air, keragaman hayati, ikan, dan sumber daya alam lainnya. Pada saat yang sama, masyarakat akan berada di bawah tekanan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca sebesar 30 persen yang

berasal dari pertanian, penggundulan hutan, perubahan tata guna lahan, dan degradasi hutan.

Untuk memenuhi permintaan yang terus berkompetisi dan mengurangi kerentanan terhadap perubahan iklim, masyarakat akan perlu lebih menyeimbangkan produksi dari sumber daya alamnya dengan melindungi sumber daya alam tersebut. Hal ini berarti pengelolaan air, tanah, hutan, perikanan, dan keragaman hayati secara lebih efisien untuk memperoleh layanan dan produk yang dibutuhkan oleh masyarakat tanpa merusak sumber daya lebih jauh melalui penggunaan berlebihan, polusi, dan pelanggaran.

Air harus digunakan secara lebih efisien. Untuk melakukan itu, para manajer perlu berpikir dalam skala luas melebar serta menemukan cara-cara yang efisien dan fleksibel untuk mengalokasikan air di antara permintaan kuantitas dan kualitas yang berkompetisi untuk kebutuhan manusia (seperti energi, pertanian, perikanan, dan konsumsi perkotaan) dan untuk ekosistem yang sehat (seperti hutan, lahan basah, dan lautan).

Negara-negara juga memerlukan lebih dari sekadar lahan pertanian mereka. Kecepatan penambahan lahan untuk komoditas pertanian utama telah

Pesan Kunci

Perubahan iklim akan mempersulit produksi pangan untuk populasi dunia yang tumbuh, dan akan mengubah waktu, ketersediaan, dan kualitas sumber daya air. Untuk menghindari pelanggaran pada ekosistem yang sudah tertekan, masyarakat harus menggandakan tingkat pertumbuhan produktivitas pertanian yang sudah ada sembari meminimalisasi kerusakan lingkungan yang menyertai. Hal ini memerlukan usaha keras untuk menyebarkan praktik-praktik yang telah diketahui tetapi diabaikan, mengidentifikasi varietas tanaman pangan yang dapat bertahan terhadap kejutan iklim, meragamkan mata pencaharian di pedesaan, memperbaiki manajemen hutan, dan berinvestasi pada sistem informasi. Negara-negara harus bekerja sama untuk mengelola sumber daya air dan perikanan yang digunakan bersama, serta memperbaiki perdagangan bahan pangan. Mendapatkan kebijakan-kebijakan dasar yang tepat, tetapi teknologi-teknologi dan praktik-praktik baru juga berkembang. Insentif keuangan akan sangat membantu. Beberapa negara mengatur ulang subsidi pertanian mereka untuk mendukung aksi lingkungan, dan kredit masa depan untuk karbon yang disimpan dalam pohon dan tanah yang dapat memberikan keuntungan pada pengurangan emisi dan tujuan konservasi.

mengalami penurunan sejak tahun 1960. Negara-negara akan membutuhkan pembalikan kecenderungan ini jika dunia dihadapkan pada kebutuhan pangan dalam menghadapi perubahan iklim. Model bervariasi, tetapi semua menunjukkan kebutuhan pasar meningkat dalam produktivitasnya.¹ Artinya, penambahan produktivitas tidak dapat membayar tanah, air atau keragaman hayati sebagaimana halnya pada masa lalu. Beberapa negara akan perlu untuk mempercepat riset, memperluas layanan tambahan, dan memperbaiki infrastruktur pasar untuk melemparkan hasil panen di pasar. Akan tetapi, mereka juga perlu memberi insentif kepada para petani untuk mengurangi emisi karbon dari tanah dan deforestasi. Dan mereka juga harus membantu para petani membentengi diri terhadap ketidakpastian iklim dengan mendiversifikasi perolehan sumber daya dan sifat genetik tanaman pangan, mengintegrasikan keragaman hayati ke dalam lanskap pertanian.

Menerapkan pelaksanaan cerdas-iklim akan bergantung pada pengelolaan keragaman hayati yang lebih baik—mengintegrasikan lingkungan alami ke dalam lanskap kota, melindungi lahan basah, dan memelihara pelayanan penyimpanan air melalui tempat penampung. Negara-negara menggunakan teknik-teknik yang memperbaiki produktivitas tanah dan air secara luas. Akan tetapi inovasi ini akan membawa hasil jika keputusan didasarkan pada analisis intersektoral yang solid dan hanya jika pengguna memiliki insentif yang tepat—berasal dari kondisi kebijakan, institusi, dan pasar.

Banyak sumber daya alam melewati batas. Ketika perubahan iklim membuat sumber daya sulit sekali untuk dikelola, dan pertumbuhan populasi menambah

permintaan, negara-negara akan membutuhkan kerja sama lebih intensif untuk mengelola perikanan, kehutanan, dan air internasional. Semua negara akan berubah lebih sering menjadi pasar pertanian internasional dan akan menguntungkan untuk sejumlah nilai perhitungan—dari manajemen persediaan menjadi teknik perolehan yang lebih kompetitif untuk menyesuaikan dan mengelompokkan logistik—yang akan membuat perdagangan pangan lebih dapat dipercaya dan efisien.

Perubahan iklim juga akan menempatkan kemewahan informasi mengenai sumber daya alam. Informasi—tradisional dan baru, internasional dan lokal—akan memiliki pembayaran tinggi di bawah berbagai macam variasi dan iklim yang lebih tidak pasti, di mana pemegang keputusan tertinggi dan pengambilan keputusan akan menjadi lebih rumit. Informasi mendukung pengelolaan sumber daya, produksi makanan, dan perdagangan yang lebih baik. Jika masyarakat menghasilkan informasi yang dapat mereka percaya tentang sumber daya mereka dan memberikannya pada orang-orang yang dapat menggunakannya, dari otoritas daerah aliran sungai internasional sampai petani pada lahannya, orang-orang ini dapat membuat pilihan yang lebih didasarkan pada informasi.

Beberapa solusi ini, konsultasi panjang di dalam literatur sumber daya alam, sangat lambat dalam memperoleh hasil. Akan tetapi tiga faktor baru, seluruhnya berhubungan dengan perubahan iklim, dapat memberikan insentif baru. Pertama, harga pangan diperkirakan akan meningkat sebagai akibat adanya kejutan iklim dan pertumbuhan permintaan. Kenaikan harga pangan mendorong inovasi untuk meningkatkan produktivitas. Kedua, ada kemungkinan untuk memperluas

pasar karbon untuk membayar para petani agar menyimpan karbon dalam tanah. Langkah ini akan menciptakan insentif untuk mengonservasi hutan dan mengadopsi teknik pertanian yang lebih berkelanjutan. Teknik-teknik ini belum terbukti pada skala yang diperlukan, tetapi berpotensi besar, dan manfaat tambahannya untuk produktivitas pertanian dan pengurangan kemiskinan merupakan hal yang substansial. Pada harga karbon yang sesuai, pengurangan emisi global dari pertanian dapat setara dengan pengurangan emisi dari sektor energi (lihat Gambaran Umum, Kotak 8).² Ketiga, negara-negara dapat mengubah cara mereka mendukung pertanian. Negara-negara kaya menyediakan \$258 miliar per tahun untuk mendukung pertanian,³ lebih dari setengahnya bergantung hanya pada jumlah tanaman pangan yang diproduksi atau input yang digunakan. Walaupun sulit secara politik, negara-negara akan memulai untuk mengubah peraturan subsidi-subsidi tersebut untuk mendorong implementasi praktik-praktik cerdas iklim pada skala besar.

Bab ini pertama kali mendiskusikan apa yang dapat dilakukan untuk mendukung usaha-usaha nasional, yang berfokus pada kerja sama internasional dan local. Kemudian berfokus pada bagaimana insentif dapat berubah untuk mengimbangi penerapan praktik-praktik yang menguntungkan dan membantu masyarakat menyeimbangkan kebutuhan meningkatkan produksi dengan perlindungan yang lebih baik terhadap sumber daya alami.

Menempatkan dasar untuk pengelolaan sumber daya alamiah

Literatur tambahan merekomendasikan penguatan kebijakan dan kondisi institusi yang memengaruhi bagaimana

masyarakat mengelola ekosistem pertanian, akuakultur, dan kesehatan. Beberapa pengukuran dapat menambah produktivitas di semua sektor, saat melindungi kesehatan ekologi jangka panjang. Tidak ada satu pun pendekatan yang berdiri sendiri. Seluruhnya membutuhkan dukungan dari lainnya untuk bekerja secara efektif, dan perubahan suatu apa pun dapat menahan keseluruhan sistem.

Beberapa tema yang berulang untuk semua sektor, iklim dan grup pendapatan.

- *Alat pengambilan keputusan inovatif* mengizinkan pengunanya untuk menentukan dampak dari tindakan berbeda pada sumber daya alami.
- *Penelitian dan pengembangan (R&D)* yang menghasilkan teknologi baru dan mengadaptasinya pada kondisi lokal dapat memperbaiki pengelolaan sumber daya, seperti *jasa konsultasi (advisory services)* yang membantu pengguna mempelajari mengenai pilihan yang tersedia untuk mereka.
- *Hak milik pribadi* memberikan insentif pada pengguna untuk melindungi dan menginvestasikannya pada sumber daya mereka.
- *Penghargaan sumber daya* dalam cara yang mencerminkan nilai penuhnya memberikan insentif untuk menggunakannya secara efisien.
- *Regulasi pasar yang baik* sangatlah penting untuk pertanian dan fungsi sumber daya alam; infrastruktur juga sangat penting sehingga produsen dapat mengakses pasar secara langsung.
- *Institusi yang kuat* sangat penting untuk pengaturan dan penegakan hukum.
- *Informasi*, pada semua tingkat, mengizinkan pengguna dan

pengelola untuk membuat pilihan dengan lebih baik.

Dasar-dasar ini diterapkan untuk air, pertanian, dan perikanan, seperti yang didiskusikan pada bab ini.

Untuk memahami bagaimana kendali memengaruhi insentif komunitas tertentu, seperti petani di dataran aliran sungai Oum Er Rbia di Maroko. Insinyur telah mendesain sistem irigasi terasering yang mungkin diterapkan akan memperbolehkan para petani untuk memperoleh pendapatan yang lebih tinggi dari air yang mereka gunakan (dengan meningkatkan panen atau mengganti dengan tanaman bernilai tinggi). Para ekonom telah mengetahui hal itu akan menguntungkan. Para ahli hidrologi telah menghitung seberapa banyak air yang dapat mereka alokasikan dengan aman untuk para petani ini tanpa mengganggu kebutuhan lingkungan. Para ahli sosiologi telah berbicara kepada para petani dan menemukan bahwa 80 persen petani ingin berinvestasi pada teknologi ini. Ahli pemasaran telah berbicara kepada pelaksana pertanian yang ingin membeli tanaman baru. Dan pemerintah berkeinginan membayar pembagian yang lebih besar. Akan tetapi walaupun dengan cara demikian, membuatnya bergerak adalah hal yang sangat sulit.

Sangatlah tidak berharga berinvestasi pada hal baru, pipa yang ditingkatkan antara waduk dan lahan, kecuali mayoritas petani akan melakukan irigasi terasering pada lahan mereka. Para petani juga tidak akan meletakkan simpanan pada sistem terasering sampai mereka yakin bahwa pipa-pipa baru akan sungguh-sungguh dipasang dan air akan benar-benar mengalir. Mereka juga membutuhkan informasi bagaimana cara

untuk menggunakan sistem baru. Badan irigasi, didirikan untuk menyediakan layanan konsultasi bagi para petani, bergerak menuju pengontrakan layanan konsultasi menyeluruh untuk badan hukum swasta. Hal ini akan dibutuhkan untuk menemukan, mengontrak, dan mengawasi badan-badan hukum tersebut—tugas yang memerlukan berbagai macam keahlian. Dan para petani akan perlu untuk mempercayai penasihat baru ini.

Pilihan para petani terhadap tanaman pangan ditentukan dalam bagian berdasarkan dukungan harga pemerintah untuk gula dan gandum, yang akan mengurangi insentif untuk beralih pada tanaman pangan lain seperti buah-buahan dan sayuran yang bernilai tinggi. Jika perjanjian jual beli internasional membuatnya menjadi lebih mudah untuk menyakinkan pasar yang dipercaya untuk hasil panen baru, para petani mungkin akan membuat pergantian. Akan tetapi tanpa jalan yang bagus, transportasi berpendingin, dan fasilitas pemaketan modern, buah-buahan dan sayuran akan busuk sebelum mencapai tujuannya.

Jika pelayanan konsultasi baru berjalan dengan baik, para petani akan belajar bagaimana mereka dapat memperoleh pendapatan yang lebih tinggi dengan beralih untuk menanam sayuran dan buah-buahan untuk ekspor. Layanan tambahan juga akan membantu mereka untuk mengorganisasi dan berinteraksi dengan pembeli Eropa. Infrastruktur baru (stasiun penimbangan yang andal, fasilitas penyimpanan berpendingin) akan membuatnya lebih mudah untuk mengasumsikan risiko dari penggantian tanaman. Jika para petani mendapat informasi yang dapat dipercaya tentang dampak dari aksi mereka pada air bawah

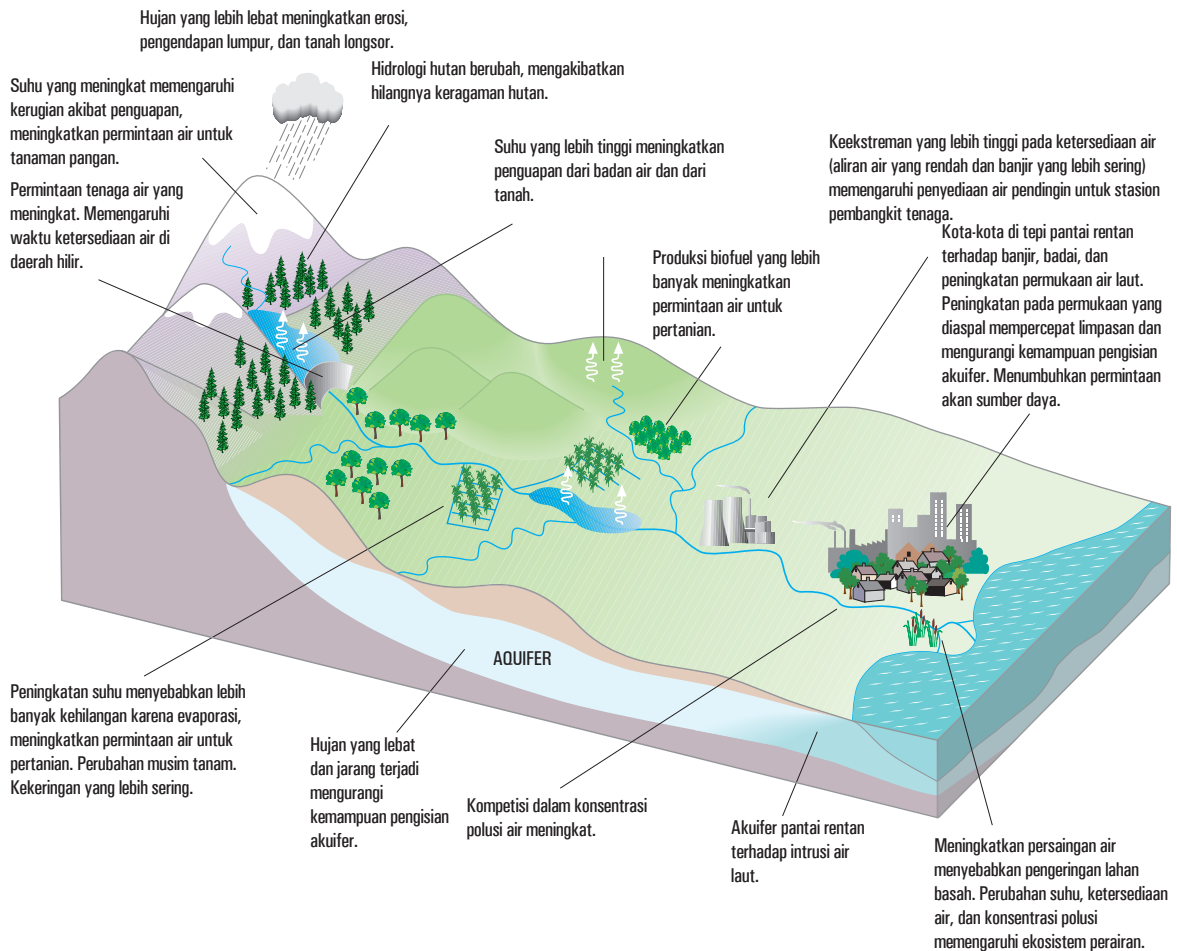
tanah, mereka mungkin memutuskan dalam kelompok untuk menggunakan air dengan lebih bertanggung jawab. Jika badan daerah aliran sungai memiliki alat perencanaan baru, badan tersebut dapat mengalokasikan air secara lebih efektif melintasi perbedaan prioritas pengguna. Di dalam inisiatif baru jangka panjang yang menetapkan harga baru karbon tanah atau mengubah alokasi air memungkinkan tersedianya insentif bagi para petani untuk menanam tanaman pangan menggunakan teknik pengelolaan tanah yang berbeda. Setiap tahap dalam proses adalah mungkin, dan dalam pelaksanaan jangka panjang akan menguntungkan setiap pemain. Tantangan datang dalam mengoordinasikan segala usaha melintasi berbagai institusi dan ketahanan untuk melihat semuanya pada jangka waktu yang lama.

Sumber daya alam tidak dapat dikelola secara terpisah, khususnya dengan perubahan iklim. Cara baru dibutuhkan untuk menempatkan air, pertanian, hutan dan perikanan ke dalam konteks yang lebih luas dengan jaring keluaran yang terkait. Dalam komunitas yang sama, para petani telah memulai mengontrol penggunaan pupuk mereka untuk melindungi ekosistem perairan, dan para pengelola perikanan mempertimbangkan bagaimana mengatur pembatasan penangkapan untuk satu spesies akan memengaruhi lainnya. Alat pengelolaan ini akan muncul dengan berbagai variasi nama: pengelolaan berbasis ekosistem, pengelolaan kesuburan tanah yang terintegrasi, manajemen adaptif, adalah beberapa nama di antaranya. Akan tetapi, semuanya membagi kunci utama: mereka mengoordinasikan jangkauan variabel yang lebih luas (lanskap yang

lebih luas, kerangka waktu yang lebih lama, dan pembelajaran berdasarkan pengalaman) dibandingkan dengan melakukan pendekatan tradisional. Dan mereka menekankan pada kebutuhan informasi yang dapat dipercaya tentang sumber daya yang dikelola untuk menyakinkan bahwa rekomendasinya akurat, lokasi spesifik, dan dapat beradaptasi terhadap perubahan kondisi. Dengan meningkatkan ketahanan, perubahan iklim akan membuat respons ekosistem menjadi kurang dapat terprediksi; pengelolaan sumber daya akan perlu berhadapan dengan ketidakpastian rencana yang kuat yang mempertimbangkan potensi keluaran dari sederet tindakan yang didasarkan pada berbagai macam kondisi.

Pengelolaan adaptif (seperti yang dijabarkan pada Bab 2) akan perlu untuk diterapkan di semua level pengelolaan sumber daya. Petani perseorangan dapat mengawasi tanah mereka dalam menyesuaikan pemakaian pupuk pada tanah lokal, air, iklim, dan kondisi tanaman pangan tanpa merusak ekosistem. Komunitas pedesaan dapat menyesuaikan pilihan tanaman mereka dengan jumlah air yang dapat mereka ambil secara aman dari air bawah tanah tahun demi tahun, dan kembali untuk menggunakan lapisan air bawah tanah hanya sebagai jaminan melawan kekeringan. Dan pembuat kebijakan dapat menggunakan alat pengambil keputusan yang tangguh untuk membuat perjanjian internasional yang lebih berketahanan dalam hal berbagi sumber daya. Bab ini menawarkan kekhususan dalam pengaplikasian alat baru dan teknologi untuk mengelola air, pertanian, dan perikanan serta menyokong pendekatan sistem yang meluas untuk menghadapi perubahan

Figur 3.1 Perubahan iklim pada daerah aliran sungai yang khusus akan terasa pada siklus hidrologi



Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia dalam World Bank, akan terbit di; Bates dkk. 2008.

iklim pada tiga sektor tersebut.

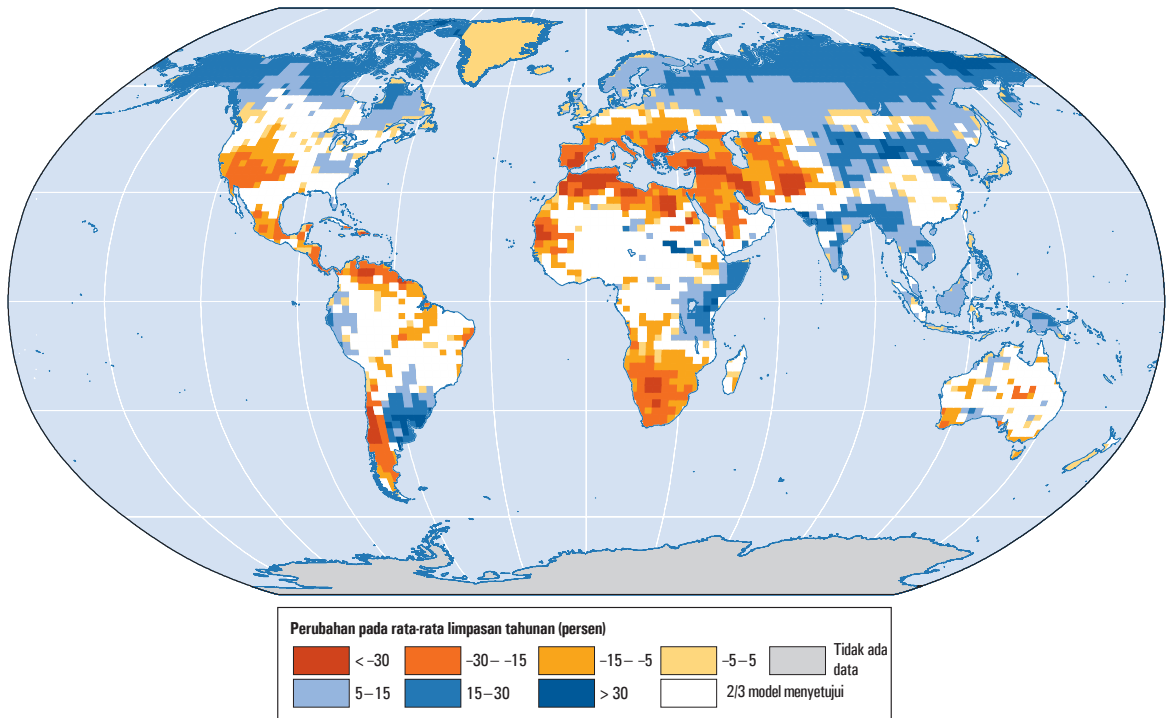
Memproduksi lebih dari air dan melindunginya lebih baik

Perubahan iklim akan membuatnya menjadi lebih sulit untuk mengelola air di dunia

Penduduk akan merasakan banyak efek dari perubahan iklim melalui air.

Keseluruhan siklus air akan terpengaruh (Figur 3.1). Pada saat dunia secara keseluruhan akan menjadi lebih basah sebagai akibat percepatan penguapan pada siklus hidrologi, penambahan penguapan akan menyebabkan kondisi kekeringan menjadi lebih lazim terjadi

(Peta 3.1). Kebanyakan tempat akan mengalami curah hujan yang lebih sering dan bervariasi, sering disertai periode kering yang lebih panjang di antaranya (Peta 3.2).⁴ Efeknya pada aktivitas manusia dan sistem alam akan menjadi lebih meluas. Area yang sekarang bergantung pada gletser dan pelelehan salju akan memiliki air segar lebih pada awalnya, tetapi suplai akan terus menurun seiring waktu.⁵ Pergeseran mungkin akan menjadi lebih cepat dan tidak terprediksi sehingga pertanian tradisional dan praktik pengelolaan air menjadi tidak berguna. Hal ini telah menjadi masalah bagi komunitas

Peta 3.1 Ketersediaan air diproyeksikan untuk berubah secara dramatis pada pertengahan abad ke-21 di banyak bagian dunia

Sumber: Milly dkk. 2008; Milly, Dunne, dan Vecchia 2005.

Catatan: Warna menunjukkan persentase perubahan pada rata-rata limpasan tahunan (didasarkan pada nilai tengah 12 model iklim global menggunakan skenario IPCC SRES A1B) dari 2041–2060 dibandingkan dengan 1900–1970. Warna putih menunjukkan daerah di mana kurang dari dua pertiga model menyetujui bahwa limpasan mungkin akan meningkat atau menurun. Limpasan setara dengan curah hujan dikurangi penguapan, tetapi nilai yang ditunjukkan di sini adalah rata-rata tahunan, yang dapat menutupi variabilitas musiman curah hujan seperti pada peningkatan baik banjir maupun kekeringan.

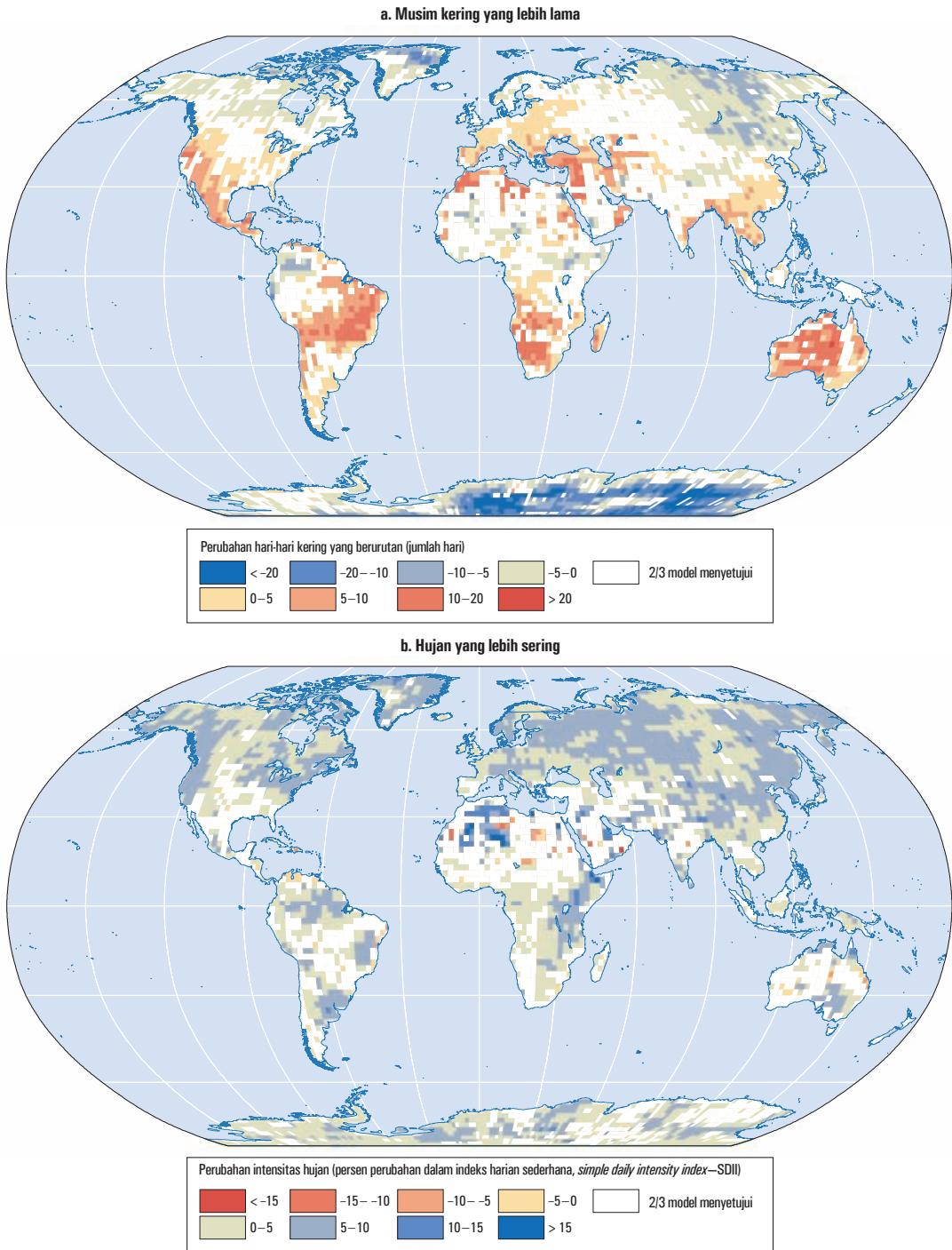
pedalaman di Cordillera Blanca di Peru, di mana petani-petani menghadapi semacam perubahan yang cepat sehingga praktik tradisional mereka mengalami kegagalan. Pemerintah dan ilmuwan mulai bekerja sama dengan mereka untuk mencoba menemukan solusi baru.⁶

Penambahan pengetahuan tentang air di dunia akan memperbaiki pengelolaan. Untuk mengelola sumur mata air, menjadi hal yang penting untuk mengetahui seberapa banyak air yang tersedia di segala cekungan dan digunakan untuk apa. Hal ini mungkin terdengar lugas, tetapi sebenarnya tidak. Pernyataan Laporan Pengembangan Air Dunia PBB: “Sedikit negara mengetahui seberapa banyak air yang digunakan dan untuk tujuan apa, kuantitas dan kualitas

air yang tersedia dan dapat diambil tanpa menimbulkan konsekuensi lingkungan yang serius, dan seberapa banyak dapat diinvestasikan pada infrastruktur air.⁷ Perhitungan air amatlah rumit. Definisi dan metode sangat beragam, dan kebingungan adalah hal yang biasa. Misalnya, Institut Pasifik menempatkan sumber daya air terbarukan tahunan negara Republik Arab di Mesir di tahun 2007 pada 86,8 kubik kilometer, di mana laporan Earthtrends melaporkan 58 kubik kilometer. Kedua laporan tersebut menyebutkan sumber informasi yang sama. Kebingungan yang muncul dari perbedaan interpretasi terhadap istilah *use—penggunaan* (gambar atas mencakup penggunaan ulang air di dalam Mesir, sedangkan gambar bawah tidak mencakupnya).⁸

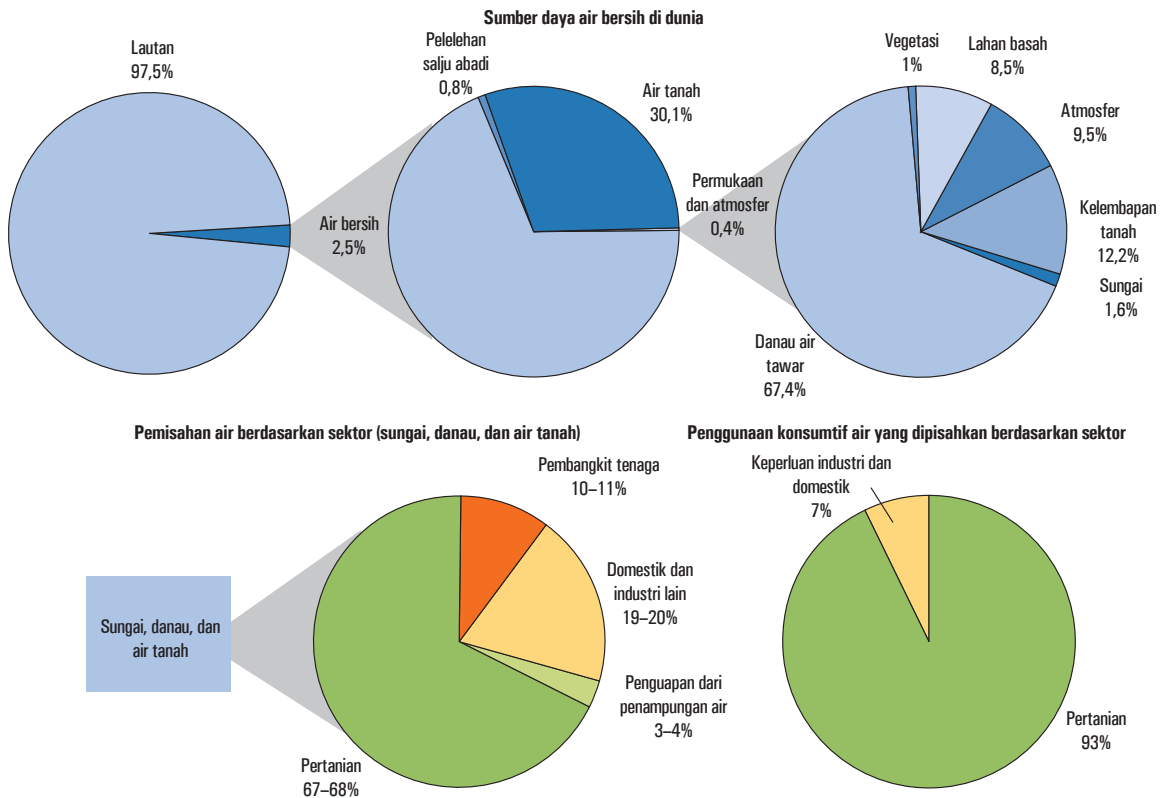
Planet ini mengandung jumlah air

Peta 3.2 Dunia akan mengalami baik kejadian kekeringan yang lebih lama maupun hujan yang lebih sering



Sumber: The World Climate Research Program CMIP3 Multi-model Database (http://www-pcmdi.llnl.gov/ipcc/about_ipcc.php). Analisis oleh World Bank.
Catatan: Peta menunjukkan perubahan nilai tengah (berdasarkan 8 model iklim menggunakan SRES A1B) pada nilai tahunan di 2030–2049, dibandingkan dengan 1980–1999. Hari “kering” didefinisikan sebagai hari dengan curah hujan kurang dari 1 milimeter sementara hari “hujan” mempunyai curah hujan lebih dari 1 milimeter. Intensitas curah hujan (SDII, atau simple daily intensity index) adalah total curah hujan yang diproyeksikan dibagi dengan jumlah hari-hari “hujan.” Area putih menunjukkan area dengan ketidaksetujuan model yang tinggi (kurang dari 2/3 model menyetujui tanda-tanda perubahan).

yang tetap, dengan bentuk dan lokasi yang beranekaragam sepanjang ruang dan waktu.⁹ Manusia memiliki sedikit kontrol atas sebagian besar jumlah itu—air asin di lautan, air tawar di gletser, air di atmosfer. Banyak investasi

Figur 3.2 Air bersih di sungai-sungai merupakan sebagian kecil air yang tersedia pada planet ini—dan pertanian mendominasi penggunaan air

Sumber: Shiklomanov 1999; Shiklomanov dan Rodda 2003, Vassolo dan Döll 2005.

Catatan: Ketika manusia memanfaatkan air, mereka memengaruhi kuantitas, waktu, atau kualitas air yang tersedia untuk pengguna lainnya. Air untuk keperluan manusia khususnya melibatkan pengambilan air dari danau, sungai, atau air bawah tanah dan juga mengonsumsinya sehingga masuk kembali ke atmosfer sebagai bagian dari siklus hidrologi atau mengembalikannya ke cekungan hidrologi. Ketika irigasi tanaman pangan memerlukan air, termasuk dalam penggunaan konsumtif—menjadi tidak tersedia di manapun di sekitar cekungan tersebut. Kebalikannya, pelepasan air dari dam untuk menggerakkan turbin hidroelektrik merupakan keperluan nonkonsumtif karena air tersedia untuk pengguna di daerah hilir tetapi tidak mendesak pada waktu yang tepat. Pengambilan oleh kota untuk suplai ibu kota umumnya nonkonsumtif, tetapi jika pengembalian air dilakukan tanpa perlakuan, kualitas air di daerah hilir akan terpengaruh.

dikonsentrasikan pada air di sungai dan danau, tetapi kelembapan tanah dan air bawah tanah bersamaan bertanggung jawab pada 98 persen ketersediaan air bersih dunia (Figur 3.2).¹⁰ Banyak penduduk khawatir mengenai seberapa banyak air minum yang tersedia, tidak menyadari bahwa pertanian mendominasi penggunaan air manusia. Setiap hari, satu orang meminum 2–4 liter air tetapi memakan makanan yang membutuhkan 2.000–5.000 liter air untuk memproduksinya.¹¹ Rata-rata ini menutupi variasi yang dipertimbangkan. Di beberapa cekungan, industri dan perkotaan mendominasi penggunaan, dan lebih banyak cekungan akan

mengalami situasi yang sama jika dihadapkan dengan pertumbuhan kota.¹²

Perubahan iklim akan mengurangi simpanan air alami dari salju dan gletser, yang akan memengaruhi simpanan akuifer dan memerlukan pengelolaan air untuk merancang dan mengoperasikan penampungan air dengan cara berbeda. Pengelola air harus mengelola siklus air secara keseluruhan. Mereka tidak lagi dapat mengusahakan untuk berkonsentrasi pada bagian kecil air di sungai dan danau dan meninggalkan air tanah serta kelembapan tanah untuk dikelola oleh pemilik tanah. Banyak cekungan akan

mengalami permintaan yang meningkat, ketersediaan yang berkurang, dan variabilitas yang meningkat, semuanya pada saat yang sama. Pengelola air di tempat itu akan lebih tidak memiliki ruang untuk bermanuver jika keputusan mereka tidak tangguh terhadap keluaran yang bervariasi. Alat-alat tersedia untuk membantu masyarakat menangani perubahan ini. Alat-alat itu mencakup perubahan kebijakan untuk protokol pengambilan keputusan, dari teknik koleksi data ke desain infrastruktur baru.

Efek perubahan iklim pada pola hidrologi berarti bahwa masa lampau tidak lagi dapat digunakan sebagai panduan untuk kondisi hidrologi masa depan. Jadi, seperti pengelola sumber daya alam lainnya, ahli teknik air akan mengembangkan alat baru yang mempertimbangkan dampak yang mencakup sejumlah skala dan kerangka waktu untuk membantu mengevaluasi

perdagangan dan membuat pilihan tangguh untuk ketidakpastian masa depan (Kotak 3.1).¹³

Perubahan iklim akan membuat penerapan dan penegakan kebijakan-kebijakan air yang baik menjadi lebih penting

Pengalokasian air secara efisien dan pembatasan konsumsi air sampai tingkat aman akan menjadi semakin penting dengan perubahan iklim. Ketika air menjadi langka, individu pengguna dapat mengambil lebih banyak, membuat air menjadi tidak tersedia untuk lainnya atau merusak ekosistem dan pelayanan yang mereka sediakan. Ketika konsumsi di cekungan melampaui kandungan ketersediaan air, pengguna harus lebih sedikit menggunakan, dan air harus lebih dibagi berdasarkan suatu proses atau prinsip. Pembuat kebijakan memiliki dua pilihan: mereka dapat memilih untuk mengatur dan menetapkan jumlah

KOTAK 3.1. *Pembuatan keputusan yang kokoh: Mengubah bagaimana pengelola air menjalankan bisnis*

Pembuatan keputusan tradisional yang berada di bawah ketidakpastian menggunakan distribusi peluang untuk meranking pilihan yang berbeda untuk tindakan, berdasarkan cakupan risiko di masa lalu. Namun, pendekatan ini tidak mencukupi ketika para pengambil keputusan tidak mengetahui atau tidak menyetujui bagaimana tindakan berkaitan dengan konsekuensi, bagaimana berbedanya sebuah kejadian, atau bagaimana hasil yang berbeda dievaluasi. Seperti yang ditunjukkan pada Bab 2, pengambilan keputusan yang kokoh merupakan sebuah alternatif. Strategi yang tangguh adalah yang mempunyai kinerja lebih baik dibandingkan dengan alternatif pada semua rentang luas kondisi masa depan yang memungkinkan. Dstrategi-strategi tersebut diturunkan dari model simulasi komputer yang tidak memprediksi masa depan tetapi menciptakan kumpulan yang lebih besar dari masa depan yang memungkinkan untuk mengidentifikasi calon strategi tangguh dan

penilaian kinerjanya secara sistematis. Proses tidak memilih solusi optimal; hanya; menemukan strategi yang meminimalkan kerentanan terhadap jangkauan risiko yang mungkin.

Inland Empire Utilities Agency Kalifornia Selatan telah menggunakan teknik ini untuk merespons efek perubahan iklim dalam pengelolaan air perkotaan jangka panjang. Pertama, badan tersebut menurunkan kemungkinan proyeksi iklim regional dengan mengombinasikan hasil dari 21 model iklim. Dipasangkan dengan model simulasi pengelolaan air, ratusan skenario mengeksplorasi asumsi tentang perubahan iklim masa depan, kuantitas dan ketersediaan air bawah tanah, pembangunan perkotaan, biaya-biaya program, dan biaya impor air. Kemudian badan tersebut menghitung nilai sekarang biaya-biaya dari cara-cara yang berbeda untuk memasok air dengan 200 skenario. Mereka menolak strategi apa pun di atas \$3,75 miliar selama 35 tahun. Analisis skenario penemuan menyimpulkan

bahwa biayanya tidak dapat diterima jika ada tiga hal yang terjadi bersamaan: penurunan curah hujan yang besar, perubahan besar pada harga air impor, dan pengurangan tapisan alami ke dalam cekungan air bawah tanah.

Tujuan dalam pemrosesan adalah mengurangi kerawanan badan jika tiga hal tersebut yang terjadi dalam waktu yang bersamaan. Badan mengidentifikasi pengelolaan baru yang merespons termasuk peningkatan efisiensi penggunaan air, penangkapan lebih banyak air badai untuk pengisian ulang air tanah, daur ulang air, dan mengimpor lebih banyak air selama masa musim penghujan sehingga pada musim kering lebih banyak air bawah tanah yang dapat diambil. Badan menemukan bahwa jika semua tindakan tersebut dapat ditangani, maka biaya yang diperlukan tidak akan pernah lebih dari kisaran \$3,75 miliar.

Sumber: Groves dkk. 2008; Groves dan Lempert 2007; Groves, Yates, dan Tebaldi 2008.

tetap untuk pengguna spesifik, atau mereka dapat menggunakan harga untuk mendorong pengguna untuk memotong kembali dan bahkan memperdagangkan di antara mereka sendiri. Cara lainnya adalah perancangan dan penetapan kebijakan yang baik membutuhkan informasi akurat dan institusi yang kuat.

Alokasi kuantitatif merupakan hal yang paling umum, dan sulit untuk melakukannya dengan baik. Afrika Selatan mempunyai salah satu skema yang paling canggih, walaupun masih dalam taraf pelaksanaan. Perjanjian Nasional Air pada tahun 1998 (1998 National Water Act) menyatakan secara spesifik bahwa air merupakan aset umum dan tidak dapat diprivatisasikan kepemilikannya.¹⁴ Semua pengguna harus terdaftar dan melisensikan penggunaannya dan membayarnya, termasuk sungai atau air tanah yang diambil menggunakan biaya sendiri. *Aktivitas pengurangan aliran sungai* merupakan kategori penggunaan air, yang berarti bahwa pemilik perkebunan hutan harus mendaftar untuk perizinan seperti halnya para pembuat irigasi atau utilitas air perkotaan. Hanya perkebunan hutan yang telah sangat dikategorikan sebagai aktivitas pengurangan aliran sungai, tetapi pertanian tadah hujan atau teknik pemanenan air dapat mengikutinya. Memperhitungkan hutan sebagai pengguna air membuat penggunaan lahan bersaing secara jujur dengan pengguna air lainnya. Satu-satunya hak jaminan untuk air adalah untuk cadangan ekologi dan memastikan bahwa setiap orang memiliki setidaknya 25 liter per hari untuk kebutuhan dasar manusia.¹⁵

Air hampir seluruh dihargai di bawah nilainya, memberikan pengguna sedikit insentif untuk menggunakannya

secara efisien.¹⁶ Literaturnya tidak dikenal secara virtual dalam penyebutan instrumen ekonomi untuk mengurangi permintaan.¹⁷ Pengenaan biaya untuk layanan air (irigasi, air minum, pengumpulan dan pengolahan limbah cair) dapat mengembalikan biaya penyediaan layanan dan perawatan infrastruktur.¹⁸

Aturan pemberian harga untuk memengaruhi permintaan bervariasi untuk berbagai macam tipe penggunaan air. Untuk air umum, pemberian harga cenderung menjadi efektif mengurangi permintaan, khususnya ketika dikombinasikan dengan pengguna yang berada di luar jangkauan. Ketika harga tinggi, banyak fasilitas umum dan pengguna memperbaiki kebocoran dan menggunakan hanya apa yang mereka butuhkan saja.¹⁹ Akan tetapi karena perhitungan rerata konsumsi perkotaan sekitar 20 persen dari penyerapan air, efek dari keseluruhan penggunaan dibatasi (Figur 3.2). Dan karena penggunaan untuk kepentingan umum pada dasarnya bersifat nonkonsumtif, dampak dari pengurangan penggunaan di kota-kota mempunyai sedikit efek untuk meningkatkan ketersediaan air di manapun di sekitar cekungan air.

Untuk irigasi, penggunaan konsumtif, pemberian harga menjadi lebih rumit. Pertama, jumlah air sebenarnya yang dikonsumsi menjadi lebih sulit terukur. Kedua, pengalaman menunjukkan bahwa petani tidak mengurangi konsumsi hingga harga beberapa kali dari biaya penyediaan layanan. Namun demikian, banyak negara menyatakan bahwa hal tersebut tidak dapat diterima secara politik untuk mengenakan biaya lebih dari yang diperlukan untuk menutup biaya operasional. Ketiga, peningkatan yang terlalu tajam pada harga air permukaan

akan mendorong petani manapun yang dapat mengebor sampai akuifer untuk mengganti air tanah, menggeser tetapi tidak menghilangkan masalah penggunaan berlebih.

Pada banyak negara atau pemilik lain air mengenakan biaya pada utilitas kota atau badan-badan pengairan untuk air yang diambil dari sungai atau akuifer. Hal ini dikenal sebagai *bulk water*. Untuk alasan politis dan teknis, beberapa negara mengenakan cukup biaya untuk *bulk water* untuk memengaruhi cara sumber daya dialokasikan di antara pernggunaan yang bersaing.²¹ Sesungguhnya, tidak ada satu negara pun mengalokasikan air permukaan dengan suatu harga,²² walaupun Australia melakukan langkah seperti system tersebut.²³ Walau jauh dari gerak maju langsung, kuota tetap dalam kombinasi kuantitas dari air permukaan dan air tanah yang dialokasikan untuk irigasi, atau, lebih baik, sejumlah air yang sebenarnya dikonsumsi (evapotranspirasi), terlihat lebih realistis secara politis dan administrasi daripada memberikan harga untuk pembatasan penggunaan yang berlebihan.²⁴

Hak perdagangan air dapat memperbaiki pengelolaan air dalam jangka panjang tetapi bukan pilihan yang realistis untuk jangka pendek di sebagian besar negara berkembang. Hak perdagangan memiliki potensi besar untuk membuat alokasi air menjadi lebih efisien dan untuk mengompensasi masyarakat yang melupakan penggunaan air mereka.²⁵ Skema hak perdagangan air formal telah ada di Australia, Chili, Afrika Selatan, dan Amerika Serikat bagian barat. Di Australia, evaluasi mengindikasikan bahwa hak perdagangan telah menolong para petani bertahan terhadap kekeringan dan menstimulasi inovasi serta investasi

tanpa campur tangan pemerintah.

Namun, detail dari rancangan secara hebat memengaruhi kesuksesan dari kerja sama, dan pendirian institusi yang dibutuhkan adalah proses yang panjang. Ini memerlukan berdekade-dekade untuk membangun kapasitas di Australia, negara dengan sejarah panjang tata kelola pemerintahan yang baik, di mana pembelinya dididik dan dibiasakan untuk mematuhi peraturan, dan di mana aturan pengalokasian tersedia secara meluas dan ditetapkan sebelum sistem hak diciptakan.²⁶ Negara-negara yang mengizinkan perdagangan air ketika mereka tidak memiliki kemampuan secara lembaga untuk menetapkan kuota yang disepakati oleh setiap pengguna cenderung untuk meningkatkan pengambilan secara berlebihan secara perkiraan (Kotak 3.2).

Perubahan iklim, yang membuat masa depan sumber daya air menjadi kurang terprediksi, merumitkan tugas yang telah menjadi tantangan dari penetapan hak perdagangan air.²⁷ Bahkan di dalam iklim yang stabil, lembaga yang telah berpengalaman menyatakan kesulitannya untuk menentukan dalam kemajuan seberapa banyak air yang aman untuk dialokasikan pada berbagai pengguna, dan bagaimana banyak yang seharusnya diatur berdampingan untuk tujuan lingkungan.²⁸ Dengan tidak memperhitungkan penggunaan pasti (seperti perkebunan hutan dan vegetasi alami) dengan benar atau untuk perubahan dalam perilaku pengguna, skema di Australia dan Chili menentukan hak untuk air lebih banyak daripada yang sebenarnya tersedia. Negara-negara tersebut harus mengalami proses yang sulit untuk menentukan kembali atau mengurangi alokasi.²⁹ Pengaturan pasar yang baik untuk menetapkan kuantitas air merupakan tujuan jangka

KOTAK 3.2. *Bahaya dari penetapan pasar untuk hak air sebelum institusi tersedia*

Tinjauan ulang berdasarkan pengalaman Australia menghasilkan bahwa “dengan keuntungan dari pemahaman situasi dan pengalaman yang berkembang, menjadi jelas bahwa...hal ini penting untuk mengikuti beberapa rancangan persoalan. Perdagangan air akan sukses tanpa mendua jika dan hanya jika alokasi dan rezim pengelolaan dirancang untuk perdagangan dan digabungkan dengan pengaturan tata kelola pemerintahan mencegah terjadinya alokasi berlebihan. Perlawanan terhadap pembangunan pasar tanpa memperhatikan detail rancangan telah dijelaskan.”

Perharian rancangan menyertakan perhitungan (penilaian yang sesuai dari permukaan dan bawah tanah yang berhubungan, perencanaan pergeseran iklim menjadi kondisi yang lebih kering, dan perluasan konsumsi dengan perkebunan hutan karena subsidi publik), dan permasalahan institusi (perancangan

peraturan dan badan terpisah untuk menentukan penetapan, mengelola alokasi, dan mengendalikan penggunaan air; mengembangkan pendaftaran yang akurat di awal proses; memperbolehkan air yang tidak digunakan dijual tahun demi tahun, membangun industri makelar swasta; dan menyakinkan aliran informasi secara teratur untuk seluruh bagian).

Beberapa negara telah melakukan pengaturan perdagangan air informal jangka panjang. Salah satunya yang masih bekerja didasarkan pada praktik umum. Para petani di Bitit, Maroko, sebagai contoh, telah berdagang air selama puluhan tahun, berdasarkan aturan penetapan oleh praktik umum. Sistem beroperasi dari daftar rinci yang tersedia untuk seluruh komunitas di mana diidentifikasi untuk setiap pengelola dan jumlah spesifik air untuk masing-masing juga ditentukan, ditunjukkan dalam jam aliran.

Skema yang memperbolehkan perdagangan dalam ketiadaan hak air yang ditetapkan dan dijalankan dapat memperburuk eksploitasi berlebihan. Para petani di dekat kota Ta'iz, Republik Yaman, menjual air tanah mereka kepada tanker yang menyuplai kota-kota. Sebelum pasar ini dibentuk, para petani mengambil air dari akuifer sejumlah yang dibutuhkan oleh tanaman mereka. Dengan meningkatkan harga per unit air, penjualan meningkatkan keuntungan menggunakan air tanah. Dan karena pengambilan air dari sumur oleh para belum terkontrol, tidak ada batasan jumlah air yang boleh diambil. Hasilnya, pasar yang tidak dikendalikan mempercepat habisnya akuifer.

Sumber: CEDARE 2006; World Bank 2007b, Young dan McColl, akan terbit.

panjang, tetapi sebagian besar negara berkembang perlu untuk mengambil sejumlah langkah penting sementara sebelum menerapkan suatu sistem.³⁰

Perubahan iklim akan membutuhkan penginvestasian pada teknologi baru dan perbaikan aplikasi dari teknologi yang sudah ada

Penyimpanan air dapat membantu meningkatkan variabilitas.

Penyimpanan di sungai, danau, tanah, dan akuifer menjadi aspek kunci strategi apa pun untuk mengelola variabilitas—baik untuk kekeringan (penyimpanan air untuk dipakai pada musim kering) dan banjir (menjaga kapasitas penyimpanan tersedia untuk aliran berlebih). Oleh karena perubahan iklim akan mengurangi penyimpanan alami dalam bentuk es dan salju dan juga akuifer (dengan mengurangi pengambilan ulang), banyak negara akan membutuhkan tambahan penyimpanan buatan.

Perencana air akan perlu

mempertimbangkan pilihan penyimpanan di seluruh lanskap. Air yang disimpan dalam tanah dapat digunakan secara lebih efektif dengan mengelola tutupan lahan, terutama dengan memperbaiki produktivitas pertanian tadah hujan. Pengelolaan air tanah telah menantang, akan menjadi lebih penting karena air permukaan menjadi kurang dapat diandalkan. Air tanah merupakan sebuah bantalan untuk menghadapi persediaan umum yang tidak dapat diandalkan dan curah hujan. Sebagai contoh, air tanah memasok 60 persen pertanian teririgrasi dan 85 persen air minum perkotaan di India seperti setengah air minum yang diterima keluarga di Delhi. Jika dikelola dengan baik, air bawah tanah dapat terus berfungsi sebagai penyangga alami. Akan tetapi hal ini jauh dari pengelolaan yang baik. Di wilayah kering di seluruh dunia, akuifer telah dieksploitasi berlebihan. Lebih dari seperempat hasil panen pertanian tahunan di India telah diperkirakan berada dalam risiko disebabkan penipisan air

tanah.³¹

Perbaikan pengelolaan air tanah membutuhkan tindakan untuk menambah baik pengisian ulang suplai (pengisian ulang buatan, pengisian ulang alami yang dipercepat, penghalang di antara akuifer untuk memperlambat aliran bawah tanah) dan permintaan. Dan air tanah tidak dapat dikelola sendiri—harus diintegrasikan dengan peraturan air permukaan.³² Teknik penambahan suplai tidak dapat secara langsung. Sebagai contoh, pengisian ulang buatan dibatasi penggunaannya ketika air dan lokasi penyimpanan akuifer yang sesuai tidak berada pada tempat yang sama dengan akuifer yang melebihi tekanan; 43 persen dari alokasi pendanaan untuk program pengisian ulang buatan sebesar 6 miliar dollar di India tampaknya dihabiskan untuk pengisian ulang akuifer yang tidak tereksplorasi berlebihan.

Waduk akan menjadi bagian penting dari sejarah perubahan iklim dan air. Dan waduk-waduk tersebut akan perlu untuk didesain dengan fleksibilitas buatan untuk menghadapi potensi perubahan curah hujan dan limpasan pada cekungan. Banyak dari lokasi terbaik untuk waduk telah dieksplorasi, namun demikian potensi untuk waduk baru telah ada, khususnya di Afrika. Jika dikelola dengan baik, waduk menyediakan tenaga hidro dan perlindungan menghadapi kekeringan dan banjir. Analisis menyeluruh dari dampak ekonomi waduk amat jarang, tetapi studi empat kasus mengindikasikan efek positif langsung terhadap ekonomi dan banyak efek tidak langsung, dengan rakyat miskin mempunyai keuntungan yang kadang tidak proposional.³⁴ Waduk tertinggi Aswan di Mesir, misalnya, telah menghasilkan keuntungan bersih pada perekonomian tahunan yang

sebanding dengan 2 persen pendapatan domestik bruto (PDB).³⁵ Bendungan ini menghasilkan 8 miliar kilowatt jam energi, cukup untuk memberikan listrik ke seluruh kota dan desa di negara itu. Bendungan ini juga mengizinkan perluasan pertanian dan pelayaran setahun penuh (menstimulasi investasi di semenanjung Nil) dan menyelamatkan panen dan infrastruktur negara dari kekeringan dan banjir. Akan tetapi waduk juga memiliki dampak negatif yang telah diketahui dengan baik,³⁶ dan perdagangan perlu dipertimbangkan dengan hati-hati. Perubahan iklim mengutamakan pengidentifikasian desain yang kuat: di mana negara berhadapan dengan ketidakpastian baik tentang kemungkinan curah hujan yang meningkat atau menurun, akan menjadi lebih efektif biaya jika membangun struktur yang dirancang dengan spesifik untuk diubah di masa depan. Seperti sistem hidrolik yang semakin kompleks, negara-negara membutuhkan hidrologi yang solid, analisis operasional, ekonomi, dan finansial serta semakin banyak lembaga yang berwenang (Kotak 3.3).

Teknologi nonkonvensional dapat menambah ketersediaan air di beberapa daerah langka air. Ketersediaan air dapat ditingkatkan dengan mendesalinitas air laut atau air payau dan menggunakan ulang air limbah. Desalinitas, di mana diperhitungkan kurang dari 0,5 persen dari penggunaan keseluruhan air di tahun 2004,³⁷ ditetapkan penggunaannya secara lebih luas.

Pengembangan teknik, termasuk penyaring energi efisien, menyebabkan harga desalinisasi menurun, dan skema percobaan memulai pembangkit tenaga desalinitas dengan energi terbarukan.³⁸ Bergantung pada skala pembangkit dan teknologi, air desalinitas dapat diproduksi

KOTAK 3.3 *Pengelolaan sumber daya air dalam batas kesalahan: Tunisia*

Tunisia adalah contoh yang bagus dari permintaan pengelola air di negara yang mendekati batas sumber dayanya. Dengan hanya 400 kubik meter sumber daya terbarukan per kapita, yang sangat bervariasi dan terdistribusi tidak merata sepanjang waktu dan ruang, Tunisia memiliki tantangan besar dalam pengelolaan airnya. Namun, kontras dengan tetangganya Maghreb, yang telah menahan kekeringan yang berturut-turut tanpa merasio air kepada petani atau menyimpannya untuk memasok kota dari kapal. Waduk dibangun dengan maksud untuk

menghubungkan dan mengalirkan air di antara area yang berbeda di Negara tersebut. Sebagai skema yang paling menjanjikan yang telah dibangun, pemerintahan membangun infrastruktur tambahan untuk area pinggiran. Sungai yang mengalir ke laut telah terbenyung walaupun kebutuhan air pada cekungan ini tidak banyak. Air simpanan dapat dipompa melintasi pegunungan menuju cekungan sungai utama negara. Air baru meningkatkan pasokan suplai dan menipiskan salinitas pada daerah yang permintaan airnya paling tinggi. Sebagai

tambahan, Tunisia mengelola dan menggunakan ulang sepertiga limbah cair perkotaan untuk pertanian dan lahan basah, dan mengganti akuifer secara buatan. Pengelola air Tunisia sekarang berhadapan dengan serangkaian keputusan yang rumit: mereka harus mengoptimalkan kuantitas air, biaya waktu, kualitas, dan energi, menunjukkan kepentingan kapasitas manusia dalam mengelola sumber daya secara intensif.

Sumber: Louati 2009.

dan dikirimkan ke prasarana untuk sekurangnya \$0.50 per meter kubik. Ini menjadi lebih mahal daripada sumber konvensional ketika sumber air bersih tersedia.³⁹ Oleh karena itu, air desalinitas biasanya sangat bermanfaat hanya untuk penggunaan bernilai tertinggi, seperti persediaan air perkotaan atau resor turis.⁴⁰ Ini juga cenderung untuk dibatasi pada area pantai, karena distribusi daratan dari air desalinitas menambah pembiayaan.⁴¹

Menghasilkan tambahan makanan tanpa tambahan air tidaklah mudah, tetapi beberapa pendekatan baru akan membantu. Mengelola air untuk memenuhi kebutuhan masa depan akan melibatkan pembuatan penggunaan air menjadi lebih efisien, sebagian pada pertanian, dengan perhitungan sekitar 70 persen dari air bersih yang diambil dari sungai dan air bawah tanah (Figur 3.2).⁴²

Hal ini tampak memperjelas penambahan produktivitas air di pertanian yang membutuhkan air, yang menyediakan kehidupan untuk sebagian besar kemiskinan di dunia, menghasilkan setengah dari nilai bersih hasil panen dunia, dan dihitung untuk 80 persen penggunaan air hasil penanaman

di dunia.⁴³ Pilihan, dijelaskan di bab berikutnya, termasuk kompos, persiapan lahan konservasi, dan teknik serupa sehingga sedikit air yang berkurang karena evaporasi dan lebih tersedia untuk tanaman.

Dari berbagai macam intervensi untuk menambah produksi tadah hujan, beberapa (pemupukan, persiapan lahan tanam konservasi) mengubah beberapa air yang tadinya tidak produktif berevaporasi. Hal lainnya (pemanenan air, pompa air bawah tanah) mengubah beberapa air yang tersedia untuk pengguna di bagian hilir. Ketika air mencukupi, dampaknya pada pengguna lainnya tidak terasa, tetapi ketika air menjadi langka, akibatnya akan menjadi lebih penting. Sekali lagi, perhitungan komprehensif untuk air dan perencanaan terintegrasi dengan daratan dan air setempat, punggungan air, dan skala regional dapat menyebabkan intervensi produktivitas, dengan menyakinkan bahwa perdagangan telah dievaluasi.

Pertanian irigrasi diharapkan dapat menghasilkan pembagian pangan dunia lebih besar di masa depan, dan lebih tangguh terhadap perubahan iklim termasuk di daerah yang paling kekurangan air.⁴⁴ Produktivitas panen per hektar akan perlu untuk ditingkatkan

karena terdapat sedikit persoalan untuk menambah total area teririgasi. Sebenarnya, daratan yang diharapkan akan bertambah sekitar 9 persen antara 2000 dan 2050.⁴⁵ Dan produktivitas air (dalam hal ini, keluaran pertanian per unit air irigrasi) akan perlu diperbaiki, memberikan peningkatan kebutuhan air kota-kota, industri-industri, dan pembangkit listrik tenaga air. Teknologi baru akan memiliki potensi untuk menambah produktivitas air ketika dikombinasikan dengan kebijakan dan institusi yang kuat.⁴⁶

Mendapatkan lebih “panen per suplai” melibatkan kombinasi komplek dari perubahan institusi dan investasi. Negara-negara dari Armenia hingga Zambia berinvestasi pada infrastruktur baru yang mengirimkan efisiensi air dari penampungan ke ladang, mengurangi kerugian evaporasi. Bagaimanapun juga, seperti contoh petani Maroko telah menjelaskan indikasi awal, para petani memiliki suara di dalam pengambilan keputusan, dan mereka dapat memperoleh nasihat yang mereka butuhkan tentang bagaimana membuat infrastruktur paling baru atau pengembangan teknologi. Infrastruktur baru akan membantu pengelolaan air hanya jika dikombinasikan dengan pembatasan jumlah secara tegas untuk setiap konsumsi individu, meliputi baik air di permukaan maupun air tanah. Lain halnya, penambahan keuntungan irigrasi akan mendorong para petani untuk memperluas area penanaman mereka atau menggandakan atau melipatgandakan penanaman di ladang mereka, mengambil air lebih banyak dari sumur-sumur mereka. Hal ini bagus untuk petani individu, pastinya, tetapi tidak untuk pengguna air lainnya pada daerah cekungan.⁴⁷

Pengelolaan penanaman yang baik dapat meningkatkan produktivitas

air dengan mengembangkan varietas tahan dingin sehingga tanaman tersebut dapat berkembang di musim dingin, ketika sedikit air diperlukan.⁴⁸ Ketika tanaman mati sebelum dipanen, air yang dikonsumsi akan menjadi sia-sia. Oleh karena itu, adopsi yang lebih luas varietas tahan kering dan panas akan meningkatkan air seperti produktivitas pertanian.

Aplikasi tepat waktu untuk irigrasi pengairan dapat juga menolong. Jika petani-petani tidak tahu secara tepat seberapa banyak air yang dibutuhkan, mereka terkadang berlebihan mengairi karena air yang berlebihan kurang merusak dibandingkan dengan kekurangan air. Dengan mengawasi masukan air dan pertumbuhan melalui pertumbuhan musiman, para petani dapat mengirimkan secara tepat jumlah air yang dibutuhkan oleh tanaman dan irigrasi hanya jika sangat diperlukan. Sistem penginderaan jauh mulai memperbolehkan para petani melihat kebutuhan air untuk tanaman-tanaman dengan akurasi tinggi bahkan sebelum tanaman menunjukkan gejala stres.⁵¹ Akan tetapi karena kebutuhan teknologi, ketepatan pertanian dari tipe ini terbatas pada sejumlah kecil petani di dunia.⁵²

Bahkan sebelum teknologi ini menjadi tersedia secara luas, hal ini memungkinkan untuk menerapkan sistem otomatisasi sederhana dalam menolong kaum petani miskin menambah ketepatan dari penerapan irigrasi pengairan. Petani-petani Maroko yang mengubah irigrasi tetes berdasarkan skema pemerintah yang didiskusikan di awal akan memperoleh keuntungan dari teknologi sederhana yang menggunakan rumusan irigrasi standar yang diadaptasi untuk kondisi pertumbuhan lokal. Ketergantungan pada cuaca di area sekitarnya, sistem akan

mengirimkan pesan ke telepon selular para petani, menyampaikan kepada mereka berapa jam lamanya mereka seharusnya mengairi pada hari itu. Tindakan yang didasarkan atas informasi ini akan menghindarkan para petani dari pengairan secara berlebihan.⁵³

Menghasilkan lebih pada pertanian seraya melindungi lingkungan

Perubahan iklim akan mendorong masyarakat untuk mempercepat pertumbuhan produktivitas pertanian

Perubahan iklim akan menekan lahan pertanian. Perubahan iklim menambah beberapa konflik tekanan terhadap produksi pertanian. Ini akan berakibat secara langsung pada pertanian melalui suhu yang tinggi, kebutuhan air tanaman yang lebih besar, dan variasi hujan secara berlebih, dan episode iklim ekstrem seperti banjir dan kekeringan. Hal ini akan menambah produksi di beberapa negara-negara tetapi menurunkan produksi di sebagian besar negara-negara berkembang, mengurangi produksi rerata global (Peta 3.3).

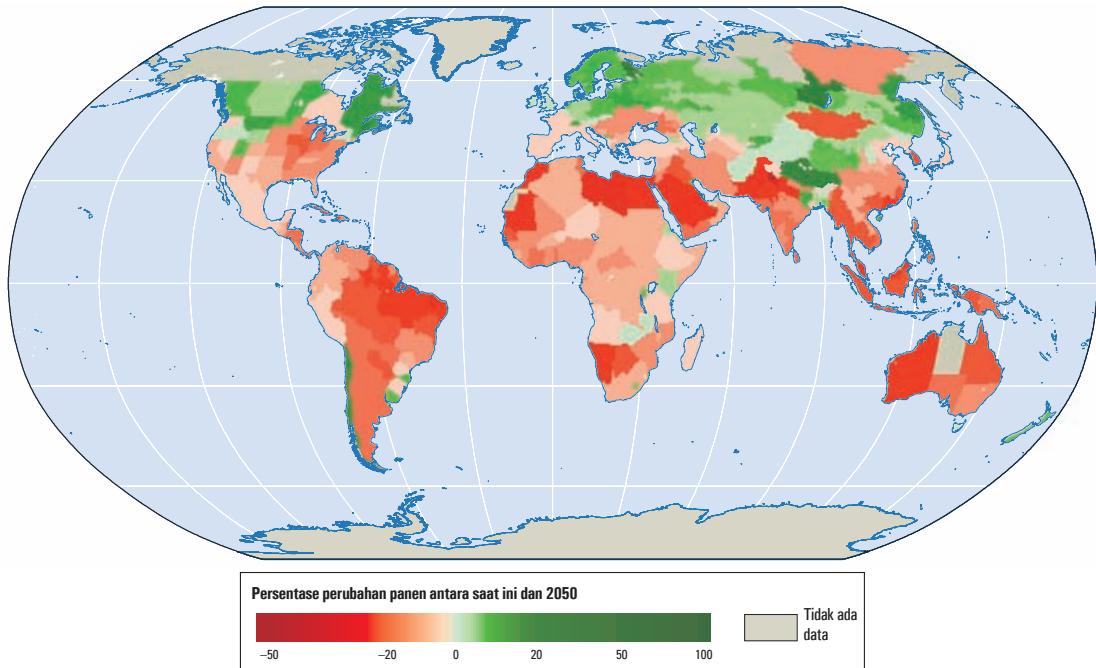
Pada lintang menengah hingga tinggi, peningkatan suhu lokal sekitar 1–3°C, yang digabungkan dengan penyuburan menggunakan karbon⁵⁴ dan perubahan curah hujan, mungkin memiliki sedikit keuntungan yang memengaruhi hasil panen.⁵⁵ Kazakhstan, Federasi Rusia, dan Ukraina, semuanya diposisikan secara geografis untuk memperoleh keuntungan dari penambahan suhu, tetapi mereka mungkin tidak akan dapat mengapitalisasi secara penuh pada peluang-peluang tersebut. Sejak pecahnya Uni Soviet, secara bersamaan mereka menghilangkan 23 juta hektar lahan yang baik untuk ditanami dari

produksi, hampir 90 persen yang pernah digunakan untuk produksi biji-bijian.⁵⁶ Walaupun produksi biji-bijian dunia mengalami peningkatan sekitar 1,5 persen per tahun sejak 1991, panen di Kazakhstan dan Ukraina telah jatuh, dan panen di Rusia meningkat hanya sedikit. Jika negara-negara ini mendapatkan tantangan dari pemanasan suhu untuk menambah produksi pertanian, mereka akan perlu untuk membangun institusi yang lebih kuat dan infrastruktur yang lebih baik.⁵⁷ Walaupun jika hal ini dilakukan, episode iklim ekstrem akan menghapus kondisi rata-rata yang telah diperbaiki: ketika kemungkinan peningkatan episode iklim ekstrem dimasukkan dalam pertimbangan untuk Rusia, tahun-tahun dengan kejatuhan produksi pangan diperkirakan akan mencapai tiga kali lipat pada tahun 2070.⁵⁸

Pada sebagian besar negara-negara berkembang, perubahan iklim diperkirakan akan memiliki pengaruh terbalik pada pertanian saat ini. Pada daerah lintang rendah, bahkan perubahan suhu tingkat sedang sebesar 1–2°C akan mengurangi produksi sebagian besar tanaman sereal.⁵⁹ Salah satu kajian dari studi bertingkat memperkirakan bahwa produksi pertanian dunia pada tahun 2080 akan mengalami penurunan hingga 3 persen berdasarkan skenario penyuburan menggunakan karbon atau 16 persen tanpa hal itu.⁶⁰ Untuk dunia berkembang, penurunan ini diperkirakan menjadi lebih besar, penurunan sebesar 9 persen dengan penyuburan menggunakan karbon atau 21 persen tanpa hal itu.

Analisis 12 kawasan rentan pangan menggunakan model produksi dan keluaran dari model iklim global mengindikasikan bahwa tanpa adaptasi, wilayah Asia dan Afrika akan menderita terutama karena penurunan produksi

Peta 3.3 Perubahan iklim akan menekan hasil pertanian di sebagian besar negara-negara pada 2050 berdasarkan praktik pertanian dan varietas tanaman pangan saat ini



Sumber: Müller dkk. 2009.

Catatan: Figur menunjukkan persentase perubahan panen pada 11 tanaman pangan utama (gandum, padi, jagung, biji-bijian, kacang polong, bit gula, kentang, kedelai, kacang tanah, kuaci, dan lobak) dari 2046 hingga 2055, dibandingkan dengan tahun 1996–2005. Nilainya merupakan rerata dari tiga skenario emisi yang menguraikan lima model iklim global, mengasumsikan tidak adanya penyuburan menggunakan CO₂ (lihat catatan 54). Menghasilkan banyak dampak negatif yang diproyeksikan di beberapa wilayah yang sangat bergantung pada pertanian.

yang parah pada tahun 2030. Kerugian ini akan termasuk beberapa produksi kritis untuk kawasan aman pangan, termasuk gandum di Asia Selatan, beras di Asia Tenggara, dan jagung di Afrika Selatan.⁶¹ Proyeksi ini tampaknya meremehkan dampak: model yang memproyeksikan efek perubahan iklim pada pertanian khususnya terlihat pada perubahan rata-rata dan tidak menyertakan efek dari episode ekstrem, variabilitas, dan hama pertanian, yang kesemuanya tampak akan meningkat. Perubahan iklim juga akan membuat beberapa lahan kurang cocok untuk pertanian, umumnya terdapat di Afrika.⁶² Satu studi memperkirakan bahwa daratan pada tahun 2080 akan mengalami iklim dan tanah yang terbatas di Afrika Sub-Sahara akan bertambah sebesar 26 juta hingga 61 juta hektar.⁶³ Di mana 9–20 persen kawasan lahan yang cocok untuk

ditanami.⁶⁴

Usaha untuk memitigasi perubahan iklim akan memberikan tekanan lebih pada lahan. Sebagai tambahan untuk mengurangi produksi, perubahan iklim akan memberikan tekanan kepada para petani dan pengelola lahan lainnya untuk mengurangi emisi gas rumah kaca. Tahun 2004 sekitar 14 persen dari emisi gas rumah kaca berasal dari praktik pertanian. Hal ini termasuk nitrogen oksida dari pemupukan; metana dari peternakan, produksi padi dan penyimpanan *manure* (kotoran hewan); dan karbon dioksida (CO₂) dari pembakaran biomassa, tetapi tidak memasukkan emisi CO₂ dari praktik pengelolaan tanah, pembakaran savana, dan penggundulan hutan.⁶⁵ Kawasan berkembang menghasilkan bagian terbesar dari emisi gas rumah kaca, dengan Asia, Afrika dan Amerika Latin

diperhitungkan untuk total 80 persen.

Kehutanan, pemanfaatan lahan, dan perubahan tata guna lahan diperhitungkan untuk 17 persen dari emisi gas rumah kaca setiap tahun, sepertiga bagiannya datang dari penggundulan hutan tropis.⁶⁶ Sisanya sebagian besar dari pengeringan dan pembakaran lahan gambut. Jumlah karbon yang disimpan di lahan gambut dunia diperkirakan sama seperti yang tersimpan pada hutan hujan tropis Amazon. Keduanya sebanding dengan emisi bahan bakar fosil global selama 9 tahun. Pada kawasan Asia di bagian khatulistiwa (Indonesia, Malaysia, Papua Nugini), emisi dari api yang diasosiasikan dengan pengeringan kayu dan penggundulan hutan dibandingkan dengan yang diperoleh dari bahan bakar fosil di negara-negara tersebut.⁶⁷ Emisi terkait dengan produksi ternak yang diperhitungkan meliputi beberapa kategori emisi (pertanian, kehutanan, limbah) dan secara keseluruhan semuanya diperkirakan menyumbangkan hingga 18 persen dari total global, sebagian besar melalui emisi metana dari binatang, limbah kotoran hewan, dan pembersihan lahan rumput.⁶⁸

Penanaman untuk biofuel untuk memitigasi perubahan iklim akan menciptakan lebih banyak persaingan terhadap lahan. Perkiraan terkini mengindikasikan bahwa mendedikasikan kepada energi tanaman yang akan mengambil tempat sekitar 1 persen dari lahan tanam global, tetapi pengesahan bahan bakar bio di negara-negara maju dan berkembang mendukung perluasan produksi. Produksi etanol global bertambah dari 18 miliar liter per tahun pada 2000 menjadi 46 miliar pada 2007, sementara produksi biodiesel meningkat sekitar 8 kali hingga 8 miliar liter. Lahan yang dialokasikan pada

biofuel diperkirakan akan meningkat empat kali lipat pada tahun 2030, dengan sebagian besar pertumbuhan di Amerika Utara (memperhitungkan 10 persen lahan tanam pada tahun 2030) dan Eropa (15 persen).⁶⁹ Proyeksi mengindikasikan bahwa sekitar 0,4 persen dari lahan tanam di Afrika dan sekitar 3 persen di Asia dan Amerika Latin akan didedikasikan untuk produksi biofuel pada tahun 2130.⁷⁰ Berdasarkan pada beberapa skenario untuk memitigasi perubahan iklim, proyeksi setelah 2030 menunjukkan bahwa lahan yang dialokasikan untuk produksi biofuel pada 2100 akan mencapai lebih dari 2 miliar hektar—gambaran besar yang diberikan bahwa tutupan lahan tanaman pangan saat ini “hanya” 1,6 miliar hektar. Skenario-skenario ini memproyeksikan bahwa sebagian besar untuk produksi biofuel dalam skala besar akan berasal dari perubahan hutan alami dan lahan rerumputan.⁷¹

Jika permintaan meningkat secara cepat, biofuel akan menjadi faktor signifikan dalam pasar pertanian, menambah harga komoditi. Hampir seluruh permintaan untuk tanaman biofuel saat ini dipacu oleh target pemerintah dan subsidi dan oleh harga minyak yang tinggi. Tanpa dukungan buatan, kemampuan bersaing biofuel masih akan rendah, dengan pengecualian etanol tebu Brazil. Tidak juga menjadi jelas bagaimana biofuel mengurangi emisi gas rumah kaca karena penggunaan bahan bakar fosil selama proses produksi dan emisi dari pembebasan lahan. Selain potensi bahwa biofuel mampu mengurangi emisi gas rumah kaca, penghematan jaring karbon aktual dari generasi biofuel saat ini masih diperdebatkan, ketika proses produksi dan gabungan perubahan tata guna lahan dimasukkan dalam perhitungan.

KOTAK 3.4 Kelapa sawit, pengurangan emisi, dan menghindari penggundulan hutan

Penanaman kelapa sawit menunjukkan banyaknya permasalahan tata guna lahan saat ini. Kelapa sawit adalah tanaman yang membutuhkan lahan sangat tinggi dengan peruntukan sebagai biofuel dan pangan, dan pembibitannya menciptakan peluang bagi para pemilik lahan kecil. Akan tetapi hal ini melanggar hutan tropis dan beragam keuntungannya, termasuk mitigasi gas rumah kaca. Perkebunan kelapa sawit menjadi tiga kali lipat sejak tahun 1961 mencakup 13 juta hektar lahan, dengan perluasan paling besar di Indonesia dan Malaysia dan lebih dari setengahnya pada lahan hutan yang digunduli. Pernyataan terbaru untuk konsensi kelapa sawit baru berada di Amazon di Brazil, Papua Nugini, dan Madagaskar meningkatkan kepedulian terhadap kecenderungan terhadap tren yang tampaknya masih akan berlanjut.

Para pemilik lahan sempit saat ini mengelola sekitar 35 hingga 40 persen dari lahan perkebunan kelapa sawit di Indonesia dan Malaysia, menyajikan diversifikasi menguntungkan bagi kehidupan. Bagaimanapun, biji kelapa sawit yang dipanen harus dikirim ke penggilingan untuk pemrosesan lebih lanjut dalam jangka waktu 24 jam sejak pemanenan, sehingga memegang kecenderungan untuk berkelompok di sekitar penggilingan. Proporsi tertinggi dari area sekitar penggilingan telah dikonversi untuk kelapa sawit, baik sebagai jalur perkebunan komersial atau perkebunan kecil yang berkelompok.

Nilai mitigasi keanekaragaman hayati yang diperoleh dari kelapa sawit juga masih dipertanyakan. Analisis rinci tentang siklus hidup menunjukkan bahwa pengurangan jaringan pada emisi karbon bergantung pada pengadaan

tutupan lahan saat ini sebelum penanaman kelapa sawit (figur). Pengurangan emisi secara signifikan dari perkebunan yang maju pada lahan rumput dan tanam sebelumnya, bagaimanapun jaring emisi akan meningkat pesat jika hutan gambut dibersihkan untuk memproduksi kelapa sawit.

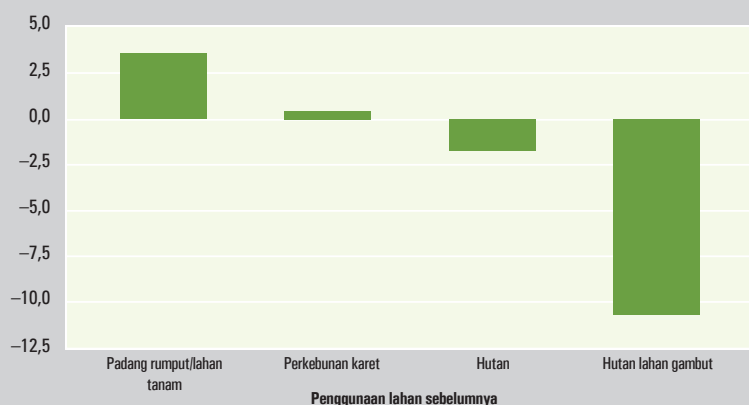
Perluasan pasar karbon untuk menyertakan REDD (Reduced Emission from Deforestation and Forest Degradation) merupakan alat penting untuk menyeimbangkan nilai hubungan dari produksi kelapa sawit dan penggundulan hutan dalam satu tempat, dan perlindungan hutan di tempat yang lainnya. Keseimbangan ini menjadi penting untuk menyakinkan perlindungan keragaman hayati dan pengurangan emisi.

Penelitian terkini menunjukkan perubahan lahan menjadi produksi kelapa sawit mungkin akan 6 hingga 10 kali lebih menguntungkan dibandingkan mengelola lahan dan menerima pembayaran melalui REDD, seharusnya mekanisme ini dibatasi pada pasar sukarela. Jika kredit REDD memberikan harga yang sama sebagai karbon kredit yang diperdagangkan pada pasar bersangkutan, keuntungan dari konservasi lahan akan meningkat secara dramatis, mungkin bahkan melebihi keuntungan dari kelapa sawit, membuat konversi pertanian menjadi kurang menarik. Oleh karena itu, jika dilakukan dengan tepat, REDD dapat menjadi secara nyata mengurangi penggundulan hutan dan kemudian berkontribusi terhadap usaha mitigasi global.

Sumber: Butler, Koh, dan Ghazoul, akan terbit; Henson 2008; Koh, Levang, dan Ghazoul, akan terbit; Koh dan Wilcove 2009; Venter dkk. 2009.

Pengurangan emisi dari biodiesel yang diturunkan dari minyak kelapa sawit menyebar luas berdasarkan pada penggunaan lahan sebelumnya untuk situs penanaman kelapa sawit

Pengurangan emisi per ton biofuel (tCO₂)



Sumber: Henson 2008.

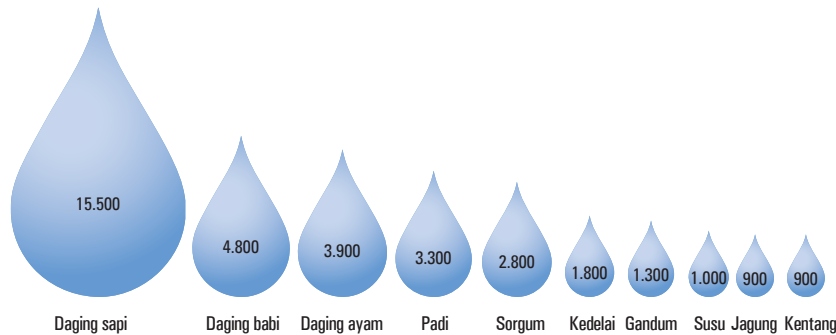
Sebagai tambahan, permintaan lahan untuk biofuel telah bersaing konservasi keragaman. Sebagai hasilnya, hal ini penting untuk menetapkan garis panduan untuk perluasan biofuel sehingga tujuan lingkungan lainnya tidak terhenti (Kotak 3.4). Perhitungan siklus hidup secara komprehensif untuk biofuel—yang menyertakan kontribusi mereka terhadap pengurangan emisi

sama baiknya dengan penggunaan pupuk dan air—mungkin melambatkan kecepatan konversi.

Generasi kedua biofuel sekarang sedang dikembangkan, seperti alga, *jatropha*, sorgum manis dan *willow*, dapat mengurangi persaingan dengan lahan pertanian untuk tanaman pangan dengan menggunakan lahan yang terabaikan atau lahan marginal, walaupun beberapa

Figur 3.3 Daging sangat lebih intensif air dibandingkan dengan tanaman pangan

(liter air per kilogram produk)



Sumber: Waterfootprint (<http://www.waterfootprint.org>), diakses 15 Mei 2009; Gleick 2009.

Catatan: Figur menunjukkan air yang diperlukan untuk memproduksi satu kilogram produk (atau satu liter untuk susu). Penggunaan air untuk produksi daging sapi hanya mencirikan sistem produksi intensif.

pembangunannya dapat menyebabkan hilangnya ekosistem lahan rumput dan lahan penggembalaan. Penanaman indukan dengan sistem perakaran yang lebih dalam, seperti pergantian rerumputan, dapat memerangi erosi tanah dan nutrisi, memerlukan beberapa input nutrisi, dan pemisahan tingkat karbon yang lebih tinggi dibandingkan dengan persediaan biofuel saat ini.⁷² Namun, kebutuhan air mereka mungkin menghambat keberlanjutan produksinya di lahan yang kering. Diperlukan lebih banyak penelitian untuk memperbaiki produktivitas dan potensi pengurangan emisi dari generasi biofuel mendatang.

Pertumbuhan populasi, lebih banyak perasa karnivora, dan perubahan iklim akan memerlukan peningkatan yang besar dalam produktivitas pertanian. Sejumlah lahan diperlukan untuk memberikan pangan pada dunia pada tahun 2050 akan bergantung secara signifikan pada seberapa banyak penduduk memakan makanan. Daging adalah sumber intensif bagi manusia dalam mengonsumsi protein, karena memerlukan lahan untuk penggembalaan dan penanaman biji-bijian. Implikasi sumber daya bervariasi dengan tipe

daging dan bagaimana hal tersebut dihasilkan. Memproduksi 1 kg daging dapat membutuhkan sekitar 15.000 liter air jika diproduksi dalam industri pangan di Amerika Serikat (Figur 3.3).^{73,74} Akan tetapi, produksi daging sapi secara ekstensif di Afrika hanya membutuhkan 146–300 liter per kilogram bergantung pada cuaca.⁷⁵ Produksi daging sapi per kilogram juga intensif gas rumah kaca, bahkan dibandingkan dengan produksi daging lainnya, menghasilkan 16 kilogram CO₂ ekuivalen (CO₂e) untuk setiap kilogram produksi daging (Figur 3.4).⁷⁶

Selain implikasi sumber daya, permintaan daging diperkirakan akan

Figur 3.4 Produksi daging sapi intensif merupakan produsen kelas berat emisi gas rumah kaca

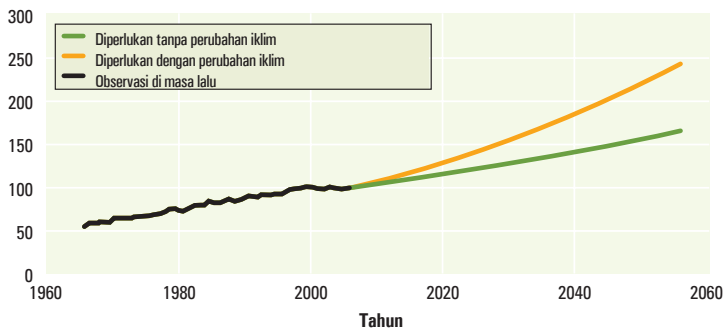
Jenis makanan (1 kg)	Emisi (kg CO ₂ e)	Jarak tempuh yang setara
Kentang	0,24	1,2
Gandum	0,80	4,0
Daging ayam	4,60	22,7
Daging babi	6,40	31,6
Daging sapi	16,00	79,1

Sumber: William, Audsley, dan Sanders 2006.

Catatan: Figur menunjukkan emisi CO₂ ekuivalen dalam kilogram yang dihasilkan dari produksi (di negara industri) 1 kilogram produk spesifik. Jarak tempuh yang setara menyampaikan jumlah kilometer yang ditempuh oleh seseorang dengan mobil berbahan bakar bensin dengan rata-rata 11,5 kilometer per liter untuk menghasilkan jumlah emisi CO₂e yang ditunjukkan. Contohnya, produksi 1 kilogram daging sapi dan menyetir sejauh 79,1 kilometer keduanya menghasilkan 16 kilogram emisi.

Figur 3.5 Produktivitas pertanian akan perlu untuk ditingkatkan bahkan lebih cepat dikarenakan perubahan iklim

Indeks produktivitas pertanian (2005 = 100)



Sumber: Lotze-Campen dkk. 2009.

Catatan: Figur menunjukkan indeks pertumbuhan tahunan yang diperlukan berdasarkan dua skenario. Pada indeks ini, 100 mengindikasikan produktivitas pada 2005. Proyeksinya mencakup semua tanaman pangan yang utama. Garis hijau menunjukkan skenario tanpa perubahan iklim dari populasi global yang meningkat hingga 9 miliar pada 2055; total konsumsi kalori per kapita dan pembagian makanan dari kalori hewan meningkat sesuai proporsi untuk menaikkan pendapatan per kapita dari pertumbuhan ekonomi; liberalisasi perdagangan lebih jauh (menggandakan pembagian perdagangan pertanian dalam produksi total selama 50 tahun ke depan); lahan pertanian terus tumbuh pada tingkat historisnya sebesar 0,8 persen per tahun; dan tidak ada dampak perubahan iklim. Garis oranye menunjukkan skenario dampak perubahan iklim dan respons sosial yang terasosiasi (IPCC SRES A2): tidak ada pemupukan CO₂ dan perdagangan pertanian berkurang hingga tingkat pada tahun 1995 (sekitar 7 persen dari produksi total) dengan asumsi bahwa volatilitas harga terkait perubahan iklim memicu perlindungan dan bahwa kebijakan mitigasi mengendalikan ekspansi lahan pertanian (dikarenakan aktivitas konservasi hutan) dan peningkatan permintaan bioenergi (mencapai 100 EJ [10¹⁸ joule] secara global pada 2055).

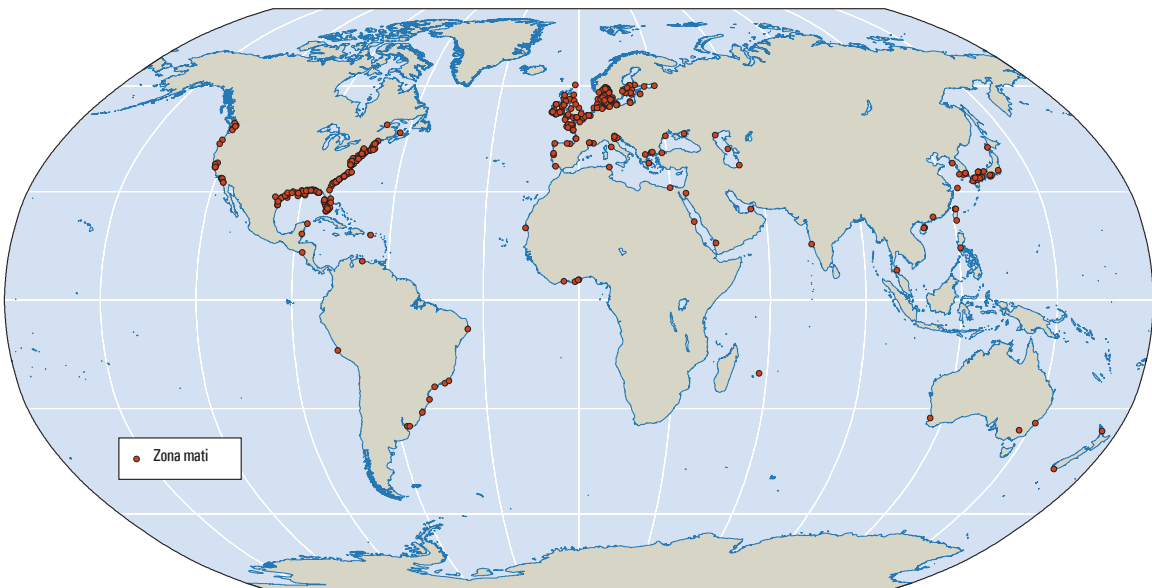
meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi dan pendapatan. Memakan lebih daging akan menguntungkan untuk konsumen miskin yang membutuhkan protein dan nutrisi mikro.⁷⁷ Akan tetapi

pada tahun 2050, produksi daging sapi, unggas, babi, dan susu diperkirakan akan dua kali lipat dari tingkat pada tahun 2000 untuk merespons permintaan populasi perkotaan yang lebih besar, lebih kaya, dan lebih banyak.⁷⁸

Dunia akan menghadapi pertumbuhan kebutuhan untuk makanan, serat, dan biofuel dalam iklim yang berubah yang mengurangi panen—dalam waktu yang sama mengonservasi ekosistem yang menyimpan karbon dan menyediakan layanan penting lainnya. Mendapatkan lahan yang sesuai untuk pertanian masih akan sama seperti saat ini pada 2080,⁷⁹ karena peningkatan lahan yang sesuai di lintang yang lebih tinggi akan memotong kerugian di lintang yang lebih rendah.

Oleh karena itu, produksi pertanian (ton per hektar) akan perlu ditingkatkan. Model bervariasi, tetapi satu studi mengindikasikan bahwa penambahan tahunan sebesar 1,8 persen setahun akan diperlukan hingga tahun 2055—

Peta 3.4 Pertanian intensif di dunia maju telah berkontribusi terhadap perkembangan zona mati



Sumber: Diaz dan Rosenberg 2008.

Catatan: Di dunia maju, pertanian intensif telah sering berakibat pada biaya lingkungan yang tinggi, termasuk limpasan kelebihan pupuk yang menyebabkan zona mati di daerah pesisir. Zona mati diartikan sebagai zona yang mengalami hipoksia ekstrem, yaitu daerah yang konsentrasinya lebih rendah dari 0,5 milimeter oksigen per liter air. Kondisi ini secara normal menyebabkan kematian massal organisme laut, walaupun pada beberapa zona ini, ditemukan adanya organisme yang mampu bertahan hidup pada tingkat oksigen 0,1 milimeter per liter air.

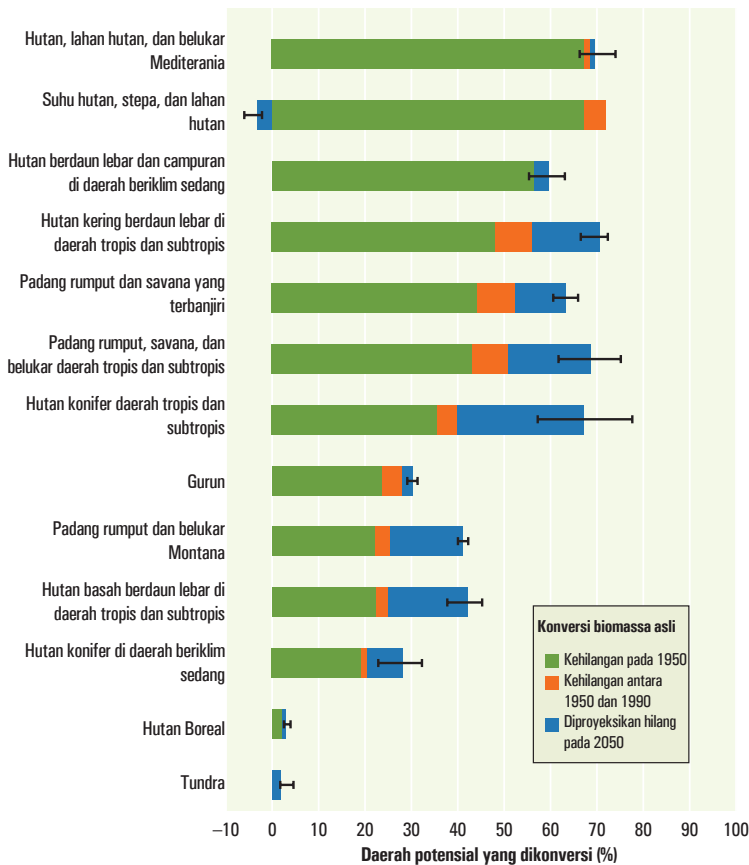
hampir dua kali 1 persen per tahun yang akan diperlukan oleh bisnis-seperti-biasanya (Figur 3.5).⁸⁰ Hal ini berarti bahwa produksi akan menjadi lebih dari dua kali lipat selama lebih 50 tahun. Banyak dari kantong roti dunia, seperti Amerika Utara, sedang mendekati panen maksimumnya untuk sereal,⁸¹ jadi bagian signifikan untuk pertumbuhan produksi akan perlu untuk terjadi pada negara-negara berkembang. Hal ini berarti tidak hanya percepatan pertumbuhan produksi tetapi pembalikan perlambatan saat ini: kecepatan pertumbuhan produksi untuk seluruh sereal di negara-negara berkembang akan turun dari 3,9 persen per tahun antara tahun 1961 dan 1990 menjadi 1,4 persen per tahun antara tahun 1990 dan 2007.⁸²

Perubahan iklim akan memerlukan lanskap pertanian yang produktif dan beragam
Peningkatan produktivitas tidak boleh mengorbankan tanah, air dan keragaman hayati. Pertanian intensif sering merusak sistem alami. Pertanian dengan produktivitas tinggi, seperti yang dipraktikkan di banyak negara maju, biasanya berbasis pada pertanian yang dikhususkan pada tanaman pangan atau hewan tertentu dan penggunaan intensif dari agrokimia. Pertanian semacam ini dapat merusak kualitas dan kuantitas air. Limpasan pupuk akan menambah jumlah “area kematian” kekurangan oksigen pada daerah pesisir secara eksponensial sejak tahun 1960: mereka sekarang meliputi sekitar 245.000 kilometer persegi, umumnya pada perairan pesisir dunia maju (Peta 3.4).⁸³ Irigrasi intensif terkadang menyebabkan garam untuk terbentuk pada tanah, mengurangi kesuburan dan membatasi produksi pangan. Salinisasi saat ini memengaruhi antara 20 juta dan 30 juta dari 260 juta

hektar lahan teririgrasi di dunia.⁸⁴

Intensifikasi pertanian yang kurang merusak lingkungan merupakan hal yang penting, khususnya mempertimbangkan permasalahan lingkungan yang digabungkan dengan ekstensifikasi pertanian yang lebih lanjut. Tanpa penambahan hasil panen dan ternak per hektar, tekanan terhadap sumber daya lahan akan mempercepat perluasan area penanaman dan penggembalaan berdasarkan ekstensifikasi produksi. Sejak pertengahan abad ke-20, 680 juta hektar, atau 20 persen dari lahan rumput dunia, telah berkurang.⁸⁵ Mengubah lahan untuk pertanian telah secara signifikan mengurangi area dari banyak ekosistem (Figur 3.6).

Revolusi Hijau mengilustrasikan baik keuntungan besar dari peningkatan produktivitas pertanian dan kekurangannya ketika teknologi tidak didukung oleh kebijakan dan investasi yang tepat untuk melindungi sumber daya alami. Teknologi baru, berpasangan dengan investasi infrastruktur dan irigrasi, mengarahkan penggandaan produksi sereal di Asia antara tahun 1970 dan 1995. Pertumbuhan pertanian dan dikaitkan dengan penurunan harga pangan selama waktu tersebut menyebabkan pendapatan riil per kapita bertambah mendekati dua kali lipat, dan jumlah masyarakat miskin menurun sekitar 60 persen dari populasi dunia hingga 30 persen, bahkan jika populasi bertambah 60 persen.⁸⁶ Amerika Latin juga memperoleh pengalaman yang signifikan. Akan tetapi di Afrika, infrastruktur yang buruk, biaya transportasi yang tinggi, investasi yang rendah pada irigrasi, dan kebijakan penetapan harga dan penjualan yang memberatkan petani, semuanya menghambat pengadopsian teknologi-teknologi baru.⁸⁷ Selain

Figur 3.6 Ekosistem telah dikonversi secara luas untuk pertanian

Sumber: Millennium Ecosystem Assessment 2005.

Catatan: Proyeksi didasarkan pada empat skenario tentang bagaimana dunia akan mendekati layanan ekosistem dan memasukkan asumsi tentang pengelolaan ekosistem, liberalisasi perdagangan, teknologi, dan perawatan barang-barang publik.

seluruh kesuksesan itu, Revolusi Hijau di beberapa bagian Asia telah didampingi oleh penekanan dampak lingkungan dari penggunaan berlebihan pupuk, pestisida, dan air. Subsidi yang tidak masuk akal dan kebijaksanaan penetapan harga dan perdagangan yang didorong oleh pertanian monokultur padi dan gandum serta penggunaan berlebih input berkontribusi terhadap permasalahan lingkungan.⁸⁸

Iklim Pertanian Membutuhkan Sumber Pendapatan yang Bervariasi, Pilihan Produksi, dan Bahan Genetik. Perubahan iklim akan membuat dunia pertanian menjadi kurang terprediksi. Panen akan lebih sering gagal. Satu-satunya jalan untuk membatasi ketidakpastian panen

adalah dengan menganekaragamkan berbagai tingkatan yang ada (Kotak 3.5). Tipe pertama dari diversifikasi berkaitan dengan sumber pendapatan, termasuk beberapa hal selain pertanian.⁸⁹ Menyempitnya lahan pertanian dan meningkatnya harga masukan, para petani akan melakukan jalan apa pun. Ditambah pula, kebanyakan petani kecil di Asia dan pekerja tanpa lahan memiliki tipikal yang memperoleh lebih dari setengah penghasilan rumah tangganya dari sumber-sumber nonpertanian.⁹⁰

Tipe kedua dari diversifikasi melibatkan penambahan tipe produksi pertanian. Peluang pasar untuk diversifikasi tanaman berkembang di beberapa lahan yang dibudidayakan secara intensif sebagai akibat dari pasar ekspor yang lebih terbuka dan kebutuhan nasional mengambang pada pesatnya pertumbuhan perekonomian, khususnya di Asia dan Amerika Latin.⁹¹ Pada area ini, para petani mungkin mampu untuk mendiversifikasi peternakan, hortikultura, dan spesialisasi produksi pertanian.⁹² Aktivitas ini biasanya memberikan nilai balik tinggi per unit lahan dan padat karya, sehingga sesuai untuk ladang kecil.

Tipe ketiga dari diversifikasi melibatkan penambahan variasi genetik, termasuk varietas penanaman individual. Sebagian besar varietas unggul yang ditanam pada lahan pertanian yang sangat produktif disilangkan dengan asumsi bahwa iklim divariasikan dengan tutupan yang stabil; hasil persilangan ditujukan untuk meningkat secara homogen. Dalam iklim yang berubah, bagaimanapun, para petani tidak dapat lagi bergantung pada varietas yang ada yang unggul pada rentang kondisi lingkungan yang sempit. Para petani akan membutuhkan bibit yang mengandung materi genetik yang mampu mengatasi

KOTAK 3.5. *Diversifikasi produk dan pasar: Alternatif ekonomi dan ekologi untuk para petani di daerah tropis*

Wilayah tropis menghadapi tantangan besar: kemiskinan yang melanda populasi di wilayah pedesaan, termasuk penduduk pedalaman; degradasi sumber daya alami; kehilangan keragaman hayati; dan konsekuensi dari perubahan iklim. Volatilitas harga produk tropis pada pasar internasional juga memengaruhi ekonomi lokal. Para petani di seluruh dunia memiliki mekanismenya sendiri untuk bertahan, tetapi upaya untuk meningkatkan mata pencaharian dan mengantisipasi dampak dari perubahan iklim akan membutuhkan institusi yang inovatif dan metode yang kreatif untuk pencapaian pendapatan dan keamanan.

Satu strategi yang menunjukkan potensi besar dari pembangunan cerdas-iklim adalah diversifikasi produk pertanian dan kehutanan. Strategi ini memperbolehkan para petani untuk memberi pangan diri mereka sendiri dan menjaga aliran produk untuk dijual atau ditukar pada pasar setempat walaupun terjadi kekeringan, serangan hama atau harga yang rendah pada pasar internasional.

Mempertimbangkan ladang kopi kecil di Meksiko. Pada tahun 2001 dan 2002 terjadi penurunan dramatis pada harga pasar internasional kopi yang menekan harga kopi Meksiko hingga berada di bawah biaya produksi. Untuk menyelamatkan para petani, pemerintahan bagian Veracruz menaikkan harga produksi kopi

pada daerah yang ditetapkan sebagai “tanda asli dari Veracruz” dan memberikan subsidi kepada petani kopi berkualitas tinggi di area dengan ketinggian lebih dari 600 meter di atas permukaan laut. Oleh karena kebijakan ini akan menyakiti ribuan produsen yang tinggal di area produksi berkualitas rendah di bawah 600 meter, pemerintah mengundang Veracruzana University untuk menemukan alternatif lain monokultur kopi.

Diversifikasi dari lahan kopi berkualitas rendah mendapatkan dukungan pendanaan yang bersumber langsung dari UN Common Fund for Commodity (Pendanaan Umum PBB untuk Komoditas), dengan sponsor dan pengawasan Organisasi Kopi Internasional (International Coffee Organization). Hal ini dimulai dari dua kota dengan grup percontohan sekitar 1.500 petani yang tinggal di tempat terpencil dengan 25–100 rumah tangga.

Banyak dari para petani yang memproduksi kopi secara tradisional dalam sistem multitanam, menyediakan peluang untuk menguji masing-masing konfigurasi plot yang berbeda dari kayu alternatif dan spesies herba yang mempunyai nilai ekonomi dan budaya: kayu manis Spanyol dan pohon mahoni Honduras (untuk kayu dan perabotan), pohon karet Panama, cengkeh, jambu (untuk makanan dan *phytomedicine*—obat alamiah), *jatropha* (untuk makanan dan biofuel),

bumbu-bumbuan, cokelat, jagung, vanili, cabai, buah markisa, segala macam kopi. Semua pohon, herba, dan produk lokal yang dikenal, kecuali untuk tanaman cengkeh. Terdapat potensi pasar yang cukup besar untuk cengkeh, khususnya yang diimpor. Para petani belajar bagaimana cara menerapkan dan merangkai potensi produksi terbaik dalam sistem diversifikasi inovatif.

Perusahaan bekerja sama mengumpulkan produk pertanian yang beragam dengan nilai pasar yang hampir mirip tetapi berbeda tampilan untuk iklim, hama, dan risiko pasar. Hasil awal mengindikasikan bahwa kelompok ini tampak berjalan dengan baik, memperbaiki kehidupan dan menambah ketahanan komunitas. Perusahaan akan mampu menjual segala tipe produk, beberapa di antaranya dengan harga yang lebih baik dari sebelum proyeknya dimulai. Pada dua tahun pertama diperkenalkannya, proyek ini sudah memperkenalkan jutaan pohon kayu asli.

Laporan setempat yang menyatakan praktik tersebut telah mengurangi erosi dan memperbaiki tanah, menguntungkan ekosistem di sekitarnya untuk mencegah terjadinya banjir di masa depan yang disebabkan oleh perubahan iklim.

Sumber: Dikontribusikan oleh Arturo Gomez-Pompa.

variasi kondisi iklim. Setiap tahun, beberapa tanaman dapat menghasilkan apa pun iklimnya. Setelah beberapa tahun, rata-rata panen akan lebih tinggi dari bermacam benih dibandingkan dengan benih yang seragam, walaupun panen pada pada tahun yang “normal” mungkin lebih rendah.

Percobaan menggunakan praktik standar penanaman mengindikasikan bahwa berdasarkan penambahan konsentrasi CO₂ dan suhu yang lebih tinggi (mencerminkan perkiraan dari Pertemuan Internasional untuk Perubahan Iklim pada tahun 2050)

varietas padi atau gandum terdahulu yang mungkin tumbuh lebih baik dan memiliki keunggulan atas varietas modern yang diperkenalkan pada akhir abad 20.⁹³ Lebih lanjut, varietas liar dari tanaman pangan saat ini mengandung material genetik yang bisa lebih beradaptasi dengan perubahan kondisi. Peningkatan suhu dan tingkat CO₂ memiliki efek positif yang lebih besar terhadap beberapa tanaman liarnya daripada tanaman budidaya.⁹⁴ Materi genetik dari tanaman liar dapat digunakan untuk meningkatkan kultivar tanaman pangan komersial untuk menghasilkan varietas yang lebih

Figur 3.7 Simulasi komputer dari penggunaan lahan terintegrasi di Colombia



Sumber: Foto oleh Walter Galindo, dari file Fundación CIPAV (Centro para Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria), Colombia. Foto menunjukkan Finca "La Sirena," di Cordillera Central, Valle del Cauca. Arango 2003.

Catatan: Foto pertama adalah tata ruang sebenarnya. Figur kedua adalah ciptaan komputer dan menunjukkan peroduktivitas lahan yang ditingkatkan dengan menggunakan prinsip ekoagrikultur. Produktivitas yang ditingkatkan akan mengurangi tekanan perumputan pada lereng, melindungi batas air, dan memerangkap karbon melalui aforestasi, dan meningkatkan habitat untuk keragaman hayati di antara lahan.

tangguh.⁹⁵

Lanskap yang produktif dapat mengintegrasikan keragaman hayati.

Saat wilayah yang dilindungi dijadikan landasan konservasi, namun tidak akan pernah cukup untuk melestarikan keragaman hayati dalam menghadapi perubahan iklim (lihat Fokus B pada Keragaman Hayati). Cadangan dunia berlipat ganda menjadi empat kali lipat lebih banyak antara tahun 1970 sampai tahun 2007 untuk melindungi 12 persen daratan Bumi,⁹⁶ tetapi tetap tidak mencukupi kebutuhan untuk melestarikan keragaman hayati. Untuk mencukupi simpanan spesies benua saat ini, ketika menangkap proporsi luas dari jangkauan geografisnya, Afrika harus melindungi tambahan 10% lahan yang dimilikinya, hampir dua kali perlindungan yang ada saat ini.⁹⁷ Terbatas secara geografis dan terkadang terisolasi akibat rusaknya habitat, cadangan kurang persiapan untuk mengakomodasi pergeseran jangkauan spesies yang diakibatkan oleh perubahan iklim. Suatu penelitian pada daerah yang dilindungi di Afrika Selatan, Meksiko dan Eropa Barat memperkirakan antara 6 dan 20 persen spesies akan lenyap pada tahun 2050.⁹⁸ Lebih lanjut, keberadaan cadangan lahan saat ini terancam karena

adanya tekanan ekonomi di masa depan dan lemahnya regulasi dan penegakan sistem. Pada tahun 1999, Persatuan Internasional untuk Pelestarian Alam (Union for the Conservation of Nature) menetapkan kurang dari seperempat area dilindungi pada 10 negara berkembang yang kurang terkelola dan lebih dari 10 persen kawasan lindung terdegradasi.⁹⁹ Sekurang-kurangnya 75 persen area hutan lindung yang disurvei di Afrika mengalami kekurangan pendanaan dalam jangka waktu panjang, walaupun penyumbang internasional terlibat pada 94 persen di dalamnya.¹⁰⁰

Pendekatan skala lanskap untuk penggunaan lahan dapat mendorong keragaman hayati yang lebih besar di luar area yang dilindungi, yang penting untuk memberikan pergeseran pada ekosistem, penyebaran spesies dan promosi layanan ekosistem. Lahan ekoagrikultur memegang janji.¹⁰¹ Ide untuk meningkatkan produktivitas ladang pertanian, secara simultan dapat melestarikan keragaman hayati dan meningkatkan kondisi lingkungan di sekitarnya. Melalui metode agrikultur, para petani dapat meningkatkan hasil dari pertanian dan mengurangi pembiayaannya, mengurangi polusi agrikultur dan membuat habitat untuk

keragaman hayati (Figur 3.7).

Kebijakan efektif untuk melestarikan keragaman hayati memberikan para petani insentif yang kuat untuk meminimalkan konversi area alami untuk lahan pertanian dan melindungi atau bahkan memperluas habitat berkualitas tinggi pada lahan mereka. Pilihan lain termasuk insentif untuk membangun jaringan ekologi dan koridor antara area terlindungi dan habitat lainnya. Studi di Amerika Utara dan Eropa menunjukkan bahwa dataran yang diambil dari produksi pertanian konvensional (saling berhadapan) tidak dengan tegas menambah keanekaragaman hayati.¹⁰²

Pelaksanaan agrikultur yang mengembangkan keragaman hayati sering kali memiliki banyak keuntungan sampingan, seperti mengurangi kerentanan terhadap bencana alami, dan menyajikan ketahanan terhadap perubahan iklim. Selama Badai Mitch pada tahun 1998, pertanian yang menggunakan pelaksanaan ekoagrikultural sekurangnya menderita 58 persen, 70 persen dan 99 persen kerusakan di Honduras, Nikaragua dan Guatemala, terutama, dibandingkan dengan pertanian yang menggunakan teknik konvensional.¹⁰³ Di Kosta Rika, vegetasi pemecah angin dan barisan pagar mendorong pendapatan para petani datang dari ladang penggembalaan dan kopi yang juga menambah keragaman burung.¹⁰⁴ Di Zambia menggunakan pohon legum dan tanaman tutupan herba pada lahan yang belum ditanami dapat meningkatkan kesuburan tanah, menekan gulma, dan mengendalikan erosi, lebih lanjut hampir menjadikan jaring pendapatan petani tahunan meningkat tiga kali lipat.¹⁰⁶ Penyerbukan lebah menjadi lebih efektif ketika ladang pertanian lebih dekat pada habitat semi

alami atau alami,¹⁰⁷ penemuan penting karena 87 dari 107 penghasil utama tanaman pangan dunia bergantung kepada penyerbukan hewan.¹⁰⁸ Sistem pola pertumbuhan kopi dapat melindungi tanaman dari suhu ekstrem dan banjir.¹⁰⁹

Di Kosta Rika, Nikaragua dan Kolombia, sistem silvopastoral yang menggabungkan pepohonan dengan ladang penggembalaan telah meningkatkan keberlanjutan dari produksi ternak dan meragamkan dan menambah pendapatan para petani.¹¹⁰ Sistem seperti itu akan berguna sebagai cara beradaptasi terhadap perubahan iklim, karena pepohonan mempertahankan dedaunannya pada sebagian besar kekeringan, menyediakan pangan ternak dan perlindungan dan menstabilkan produksi susu dan daging. Pepohonan juga meningkatkan kualitas air. Produksi pertanian dan keuntungan sebaliknya dapat diperoleh bersamaan dengan pelestarian keragaman hayati. Memang, dalam banyak kasus ekosistem yang utuh menghasilkan lebih banyak pendapatan daripada yang dikonversi. Di Madagaskar, mengelola 2,2 juta hektar hutan selama 15 tahun menghabiskan \$97 juta, ketika akuntansi manfaat ekonomi yang hilang yang akan terjadi di negara itu telah dikonversi untuk pertanian. Akan tetapi keuntungan dari pengelolaan hutan yang baik (setengah darinya datang dari perlindungan punggungan air dan dan pengurangan erosi tanah) bernilai antara \$150 juta dan \$180 juta selama periode yang sama.¹¹¹

Pengalaman pembangunan selama berpuluh-puluh tahun menunjukkan bagaimana sulitnya melaksanakan perlindungan habitat untuk keragaman hayati. Skema-skema baru, bagaimanapun juga, berkembang untuk memberi insentif keuangan yang kuat untuk para pemilik

lahan menghentikan konversi lahan. Hal ini termasuk jalan untuk menghasilkan keuntungan dari pelayanan ekosistem terhadap masyarakat (lihat Fokus B), kenikmatan konservasi (yang membayar petani untuk tidak menggunakan lahan sensitif untuk berproduksi,¹¹² dan hak pembangunan perdagangan.¹¹³

Perubahan iklim akan perlu untuk mengadopsi dengan lebih cepat teknologi-teknologi dan pendekatan-pendekatan yang meningkatkan produktivitas, mengatasi perubahan iklim, dan mengurangi emisi

Beberapa pilihan perlu diteruskan secara simultan untuk meningkatkan produktivitas. Penelitian dan perluasan bidang pertanian kekurangan dana selama beberapa dekade terakhir. Bantuan dana resmi untuk pertanian diturunkan dari 17 persen pada tahun 1980 hingga 4 persen pada tahun 2007,¹¹⁴ walaupun perkiraan kecepatan pengembalian investasi pada penelitian pertanian dan pengembangannya adalah tinggi (30–59 persen).¹¹⁵ Pengeluaran untuk penelitian dan pengembangan bidang pertanian (R&D) di negara berpendapatan menengah dan rendah perlahan-lahan telah meningkat sejak tahun 1980, dari \$6 miliar menjadi \$10 miliar pada tahun 2000 (diukur tahun 2005 penjualan kekuatan dolar), dan investasi swasta yang menghasilkan keuntungan kecil (6 persen) dari sumber daya pertanian pada negara-negara ini.

Pendapat dari Integrated Assessment of Agricultural Knowledge, Science, and Technology for Development (IAASTD) menunjukkan bahwa suksesnya pembangunan pertanian pada saat terjadi perubahan iklim akan melibatkan pendekatan yang ada saat ini dan baru.¹¹⁷

Pertama, negara-negara tersebut dapat membangun pengetahuan tradisional para petani. Seperti pengetahuan mengenai kesejahteraan dari adaptasi lokasi spesifik dan pilihan manajemen risiko yang dapat diaplikasikan secara lebih luas. Kedua, kebijakan yang mengubah harga relatif dihadapi para petani memiliki potensi besar untuk membantu dunia beradaptasi dengan perubahan iklim (dengan peningkatan produktivitas) dan mengurangnya (dengan mengurangi emisi pertanian).

Ketiga, praktik pertanian baru atau tidak konvensional dapat meningkatkan produktivitas dan mengurangi emisi karbon. Para petani akan mulai mengadopsi “pelestarian pertanian,” yang meliputi pembajakan ringan (di mana benih ditebar dengan gangguan tanah yang minimum dan tutupan residu pada permukaan tanah sekurang-kurangnya 30 persen), penyimpanan residu tanaman, dan rotasi tanam. Metode pembajakan ini dapat meningkatkan hasil panen,¹¹⁸ mengontrol erosi tanah dan limpasan,¹¹⁹ meningkatkan efisiensi penggunaan air dan nutrisi,¹²⁰ mengurangi ongkos produksi, dan pada banyak kasus dapat menguraikan karbon.

Pada tahun 2008, 100 juta hektar, atau sekitar 6,3 persen dari lahan yang dapat ditanami, digarap dengan pengolahan tanah minimum—tahun 2001 sekitar dua kali lipat lebih banyak jumlahnya.¹²² Kebanyakan terjadi pada negara-negara berkembang karena teknik ini memerlukan peralatan berat dan belum dimodifikasi untuk kondisi di Afrika dan Asia.¹²³ Pengolahan tanah minimum juga digunakan untuk mengontrol rumput liar, hama, dan penyakit yang lebih kompleks, memerlukan pengelolaan yang lebih baik.¹²⁴

Meskipun demikian, pada sistem

penanaman beras-gandum di dataran Indo-Gangetic India, para petani menerapkan pengolahan tanah nol (zero tillage) pada sekitar 1,6 juta hektar lahan pada tahun 2005.¹²⁵ Pada tahun 2007–2008, diperkirakan ada sekitar 20–25 persen gandum dari dua negara bagian India (Haryana dan Punjab) yang diolah dengan pengolahan tanah minimum, berkaitan dengan 1,26 juta hektar.¹²⁶ Hasil panen bertambah sekitar 5–7 persen dan biaya menurun sebesar \$52 per hektar.¹²⁷ Sekitar 45 persen dari lahan tanam Brazil adalah lahan pertanian yang menggunakan teknik ini.¹²⁸ Penggunaan metode pengolahan tanah minimum akan terus berkembang, terutama jika teknik memenuhi syarat untuk penguraian karbon pada tanah dalam memenuhi pasar karbon.

Bioteknologi dapat melayani pendekatan transformasi yang ditujukan untuk perdagangan antara tekanan tanah dan air dan produktivitas pertanian, karena hal ini dapat meningkatkan produktivitas tanaman, menambah adaptasi tanaman terhadap tekanan iklim seperti banjir dan panas, memitigasi emisi gas rumah kaca, mengurangi penggunaan pestisida dan herbisida, dan memodifikasi tanaman untuk ketersediaan biofuel yang lebih baik (Kotak 3.6). Hal ini, bagaimanapun, kecil kemungkinannya modifikasi genetik memengaruhi produktivitas air pada jangka pendek.¹²⁹

Penerapan pertanian cerdas-iklim meningkatkan kehidupan sehari-hari pedesaan ketika memitigasi dan mengadaptasi perubahan iklim. Varietas tanaman baru, menambah rotasi tanaman (khususnya untuk tanaman yang dapat bertahan lama), mengurangi penggunaan lahan tandus, pengolahan tanah konservasi, tanaman penutup, dan *biochar* (arang bio) dapat secara

keseluruhan menambah penyimpanan karbon (Kotak 3.7). Pengeringan sawah pada sekurang-kurangnya sekali selama masa pertumbuhan dan menerapkan pembuangan jerami ke tanah pada masa panen dapat mengurangi emisi gas metana sebesar 30 persen.¹³⁰ Emisi gas metana dari peternakan dapat dihentikan dengan menggunakan pakan berkualitas lebih tinggi, pemberian pakan yang tepat, dan memperbaiki praktik penggembalaan.¹³¹ Pengelolaan peternakan yang lebih baik dapat menghasilkan sekitar 30 persen potensi gas rumah kaca dari pertanian (1,3 gigaton CO₂e per tahun pada 2030 atas 3 miliar hektar secara global).¹³²

Seiring negara yang mengintensifkan produksi pertanian, dampak lingkungan dari praktik penyuburan tanah akan menjadi penting.¹³³ Dunia maju berkembang serta banyak lokasi di Asia dan Amerika Latin mungkin akan mengurangi penggunaan pupuk untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan limpasan nutrisi yang dapat merusak ekosistem air. Mengubah ukuran dan waktu penggunaan pupuk dapat mengurangi emisi nitrogen oksida dari mikroba tanah. Mengawasi pelepasan nitrogen¹³⁴ dapat memperbaiki efisiensi (lahan per unit nitrogen), tetapi sejauh ini masih terlalu mahal untuk petani di negara-negara berkembang.¹³⁵ Penghambat biologis baru yang dapat mengurangi penguapan nitrogen dapat mencapai tujuan yang sama dengan lebih murah. Mereka sepertinya lebih populer dengan para petani karena tidak melibatkan banyak pekerja dan sedikit perubahan dalam pengelolaannya.¹³⁶ Jika produsen dan para petani memiliki dorongan untuk menerapkan teknologi pemupukan baru dan menggunakan pupuk secara efisien, maka banyak negara-negara

KOTAK 3.6 *Penanaman bioteknologi dapat membantu para petani beradaptasi terhadap perubahan iklim*

Seleksi konvensional dan persilangan tanaman telah menghasilkan varietas modern dan perolehan produktivitas utama. Di masa depan, pengkombinasian persilangan tanaman dan seleksi sifat yang diinginkan melalui teknik genetika (modifikasi genetika atau GM) tampak paling berkontribusi untuk menghasilkan tanaman yang lebih baik dalam beradaptasi terhadap hama, kekeringan, dan tekanan lingkungan lainnya akibat adanya perubahan iklim.

Sejumlah tanaman dengan sifat yang sudah dimodifikasi secara genetika telah dikomersialkan secara luas 12 tahun terakhir. Pada tahun 2007 diperkirakan 114 juta hektar telah ditanami varietas tanaman transgenik, sebagian besar mempunyai sifat toleransi tahan serangga dan herbisida. Lebih dari 90 persen lahan yang telah ditanami ini hanya di 4 negara (Argentina, Brazil, Kanada, dan Amerika Serikat). Teknologi ini secara signifikan mengurangi polusi lingkungan, menambah produktivitas tanaman, memotong biaya produksi, dan mengurangi emisi nitrogen oksida. Untuk mencatat kesuksesan program persilangan telah dihasilkan varietas tanaman, termasuk menghasilkan varietas tanaman termasuk singkong dan jagung, yang tahan terhadap sejumlah hama dan penyakit dan varietas toleran herbisida dari kedelai, kanola, kapas, dan jagung telah tersedia. Para petani menggunakan tanaman GM yang tahan serangga telah mengurangi penggunaan pestisida yang mereka gunakan dan sejumlah bahan aktif di dalam herbisida yang mereka gunakan.

Gen memengaruhi panen secara langsung dan gen-gen yang berkaitan dengan adaptasi terhadap berbagai tipe tekanan telah diidentifikasi dan sedang dievaluasi di lapangan. Varietas baru dapat memperbaiki cara tanaman pangan berhadapan dengan pasokan air yang tidak bisa diandalkan dan secara potensial memperbaiki bagaimana tanaman mengonversi air. Tanaman hasil persilangan yang dapat bertahan dalam periode lebih panjang terhadap kekeringan akan menjadi lebih penting dalam beradaptasi terhadap perubahan iklim. Percobaan awal dan uji coba lahan dengan tanaman GM menyakini bahwa pelaksanaan akan mungkin tanpa mencampurtangani lahan selama periode tanpa kekeringan, sebuah permasalahan perdagangan untuk varietas tahan kekeringan yang dikembangkan melalui persilangan konvensional. Jagung tahan kekeringan hampir dikomersialisasikan di Amerika Serikat dan sedang dalam tahap pengembangan di Afrika dan Asia.

Walaupun demikian, tanaman GM mengalami kontroversi, dan penerimaan dan keselamatan publik harus diutamakan. Publik peduli mengenai etika dari kesengajaan pengubahan materi genetika sama seperti kepedulian mereka pada risiko potensial keamanan pangan dan lingkungan, dan kepedulian secara etika. Setelah lebih dari 10 tahun pengalaman, tidak ada dokumentasi kasus dari dampak negatif terhadap kesehatan manusia dari tanaman pangan GM, sekalipun penerimaan populernya masih terbatas. Risiko

lingkungan termasuk kemungkinan penyerbukan silang GM dengan tanaman liar kerabatnya, menciptakan tumbuhan agresif yang lebih tahan penyakit dengan perkembangan cepat sebagai tipe hama biologis yang didaptasi dari tanaman GM. Bagaimanapun, pembuktian para ahli dan 10 tahun dari penggunaan secara komersial menunjukkan keselamatan, ketika pengutamaan, dapat melindungi perkembangan ketahanan pada hama target dan kerusakan lingkungan dari pembibitan komersial tanaman transgenik, seperti aliran genetika pada tanaman liar. Keragaman tanaman pangan mungkin akan berkurang jika sejumlah kecil kultivar GM mengambillah kultivar tradisional, tetapi risiko ini juga ada pada varietas hasil silang konvensional. Dampak terhadap keragaman hayati dapat dikurangi dengan pengenalan beberapa varietas tanaman GM, seperti di India, di mana terdapat lebih dari 110 varietas kapas *Bt* (*Bacillus thuringiensis*). Walaupun, rekam jejak dari tanaman GM baik, penetapan keselamatan biologi berbasis keilmuan menjadi penting sehingga risiko dan keuntungan dapat dievaluasi dalam basis kasus per kasus, dibandingkan dengan potensi risiko dengan teknologi alternatif dan mengambil perhitungan karakteristik dan konteks agroekologi untuk menggunakannya.

Sumber: Benbrook 2001; FAO 2005; Gruere, Mehta-Bhatt, dan Sengupta 2008; James 2000; James 2007; James 2008; Normile 2006; Phipps dan Park 2002; Rosegrant, Cline, dan Valmonte-Santos 2007; World Bank 2007c.

dapat menjaga pertumbuhan pertanian apalagi jika mereka mengurangi emisi dan pencemaran air.

Di Afrika Sub-Sahara, sebaliknya, kesuburan tanah sangat rendah, dan negara tidak bisa menghindari penggunaan pupuk anorganik lebih banyak. Program pengelolaan adaptif terpadu dengan pengujian tempat-spesifik dan pengawasan dapat mengurangi risiko akibat penggunaan pupuk yang berlebihan. Akan tetapi, program-program seperti itu masih

jarang di sebagian besar negara-negara berkembang karena belum ada investasi publik dalam penelitian, perluasan, dan layanan informasi yang diperlukan untuk pelaksanaannya yang efektif—tema yang berulang pada bab ini.

Bagian dari penerimaan kepentingan menambah produktivitas pertanian di dunia berkembang, kebijakan pemupukan termasuk pengukuran untuk membuat pupuk supaya dapat dibeli oleh kaum miskin.¹³⁷ Hal ini termasuk program yang lebih luas, seperti program *Farm*

KOTAK 3.7. *Biochar (arang bio) dapat memerangkap karbon dan meningkatkan panen pada skala yang lebih luas*

Para ilmuwan meneliti beberapa tanah subur yang tidak seperti biasanya di cekungan Amazon menemukan bahwa tanah tersebut berubah karena proses pembentukan arang di masa lampau. Penduduk pedalaman membakar biomassa basah (residu tanaman dan pupuk hewani) pada temperatur rendah yang hampir tanpa oksigen. Hasilnya adalah tipe arang padat pada dengan kandungan karbon yang sangat tinggi. Para ilmuwan telah memproduksi ulang proses ini di beberapa industri modern di beberapa negara.

Biochar tampak sangat stabil dalam tanah. Studi dalam kelangsungan teknik dan ekonomi dari teknik tersebut berlanjut, dengan beberapa hasil mengindikasikan bahwa biochar mungkin mengunci karbon ke dalam tanah untuk ratusan bahkan ribuan tahun,

saat yang lainnya menyakini bahwa pada tanah yang sama keuntungannya jauh lebih kurang. Walaupun demikian, biochar dapat memerangkap karbon yang akan dengan kata lain dilepaskan ke atmosfer melalui pembakaran atau dekomposisi.

Jadi, biochar dapat memiliki potensi mitigasi karbon yang sangat besar. Untuk memberikan skala ide, di Amerika Serikat, limbah biomassa dari kehutanan dan pertanian, ditambah biomassa yang dapat dihasilkan oleh lahan saat ini berada pada kondisi menganggur, akan memberikan material yang cukup untuk Amerika Serikat memerangkap 30 persen emisi bahan bakar fosil menggunakan teknik ini. Biochar juga dapat meningkatkan kesuburan tanah. Biochar terikat pada nutrisi dan sehingga dapat membantu meregenerasi lahan terdegradasi

seperti mengurangi kebutuhan pupuk buatan dan kemudian polusi sungai dan alirannya. Potensinya terdapat di sana. Akan tetapi terdapat dua tantangan: untuk mendemonstrasikan sifat kimia dan untuk mengembangkan mekanisme untuk aplikasi pada skala besar.

Penelitian diperlukan pada sejumlah area, termasuk metodologi pengukuran potensi biochar untuk pemerangkapan karbon dalam jangka panjang, kajian risiko lingkungan; perilaku biochar dalam tipe tanah yang berbeda; kelangsungan ekonomi; dan potensi keuntungan bagi negara berkembang.

Sumber: Lehmann 2007a; Lehmann 2007b; Sohi dkk. 2009; Wardle, Nilsson, dan Zackrisson 2008; Wolf 2008.

Inputs Promotion di Kenya yang bekerja sama dengan perusahaan setempat dan anak perusahaan dari perusahaan pembibitan internasional untuk meningkatkan pemasukan pertanian (dengan merumuskan pupuk yang menggunakan mineral yang tersedia secara lokal, menyediakan varietas bibit yang lebih baik, dan mendistribusikan pupuk pada area pedesaan) dan mempromosikan praktik agronomi yang baik (penempatan pupuk yang benar, pengelolaan tanah, serta pengendalian rumput dan hama yang efektif).

Menghasilkan lebih dan melindungi lebih baik pada perikanan dan akuakultur *Ekosistem lautan akan harus menghadapi tekanan yang kurang lebih hampir sama besarnya dengan tekanan pada daratan*

Lautan menyerap sekitar setengah dari emisi antropogenik yang dilepaskan sejak tahun 1800,¹³⁸ dan lebih dari 80

persen pemanasan global.¹³⁹ Akibatnya adalah pemanasan, asidifikasi lautan, perubahan pada laju yang belum pernah terjadi dengan dampak pada semua keadaan aquatik (lihat Fokus A pada Ilmu Perubahan Iklim).¹⁴⁰

Pengelolaan berbasis ekosistem dapat membantu mengoordinasi respons pada krisis perikanan.

Walaupun tanpa perubahan iklim, antara 25 dan 30 persen dari stok ikan laut telah tereksploitasi secara berlebihan, lenyap atau pulih dari pelenyapan—dan kemudian pemanenannya kurang dari potensi maksimumnya. Sekitar 50 persen stok telah dieksploitasi berlebihan dan menghasilkan tangkapan pada atau mendekati batas keberlangsungan maksimum, dengan tidak ada ruang untuk perluasan lebih lanjut. Proporsi dari eksploitasi berlebihan menurun sekitar 40 persen pada pertengahan tahun 1970 hingga 20 persen pada tahun 2007.¹⁴¹ Hal ini memungkinkan untuk mendapatkan nilai lebih dari tangkapan ikan—sebagai

contoh, dengan mengurangi intensitas penangkapan ikan, yang diperkirakan seperempat dari tangkapan ikan di dunia.¹⁴² Hal ini tampaknya potensi maksimal dari perikanan di lautan dunia yang telah tercapai, dan hanya praktik yang berkelanjutan yang dapat menjaga produktivitas dari sektor ini.¹⁴³

Pengelolaan berbasis ekosistem, yang mempertimbangkan ekosistem secara keseluruhan daripada spesies atau lokasi tertentu dan mengenali manusia sebagai bagian dari elemen dalam sistem, dapat melindungi struktur secara efektif, pemfungsian, dan kunci proses ekosistem pantai dan lautan.¹⁴⁴ Kebijakan meliputi pengelolaan pantai, pengelolaan berbasis wilayah, wilayah laut yang dilindungi, batas pada usaha dan jarring perikanan, lisensi, pembuatan zona, dan pembuatan hukum pantai. Mengelola ekosistem laut dengan efektif juga melibatkan pengelolaan aktivitas pada lahan untuk meminimalkan episode eutrofikasi yang menekankan ekosistem lautan, seperti terumbu karang, di banyak bagian dunia.¹⁴⁵ Nilai ekonomi dari terumbu karang mungkin berlipat dari pertanian yang menjadi penyebab permasalahan.¹⁴⁶

Dunia berkembang telah memiliki

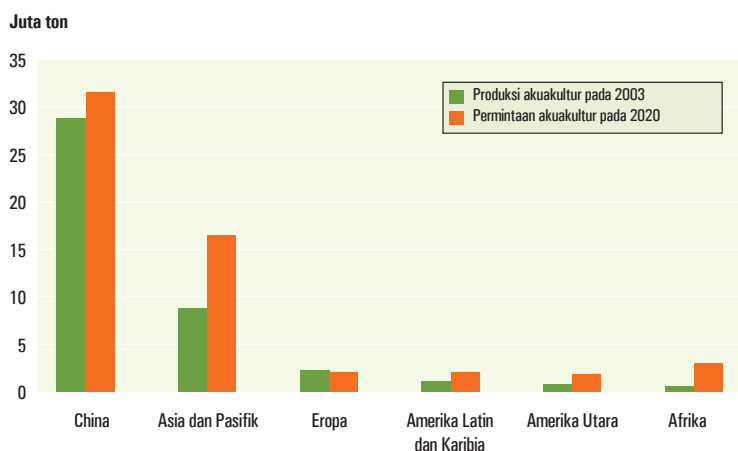
kisah sukses. Program pada Danajon Bank reef di Filipina tengah telah memulai menambah biomassa ikan melebihi tingkat sebelumnya.¹⁴⁷ Lagipula, beberapa negara-negara berkembang menerapkan pengelolaan berbasis ekosistem yang lebih efektif daripada kebanyakan negara-negara maju.¹⁴⁸

Perubahan iklim akan membentuk tekanan baru—perkecualian menambah harga pangan, menambah permintaan untuk protein ikan, dan kebutuhan untuk melindungi ekosistem lautan—yang dapat mendorong pemerintah untuk menerapkan reformasi advokasi jangka panjang. Hal ini termasuk pengurangan tangkapan pada tingkat berkelanjutan, di mana memenuhi secara berlebihan dari armada perikanan.¹⁴⁹ Jumlah tahunan dari pembangunan kapal pemancingan baru sekurang-kurangnya 10 persen dari tingkat di akhir tahun 1980-an, tetapi kapasitas berlebihan tetap menjadi persoalan.¹⁵⁰ Pembiayaan global dari tata kelola yang buruk penangkapan ikan laut diperkirakan sekitar \$50 miliar setahun.¹⁵¹ Pembagian hak tangkapan dapat memberikan insentif individu dan komunitas untuk pemanenan berkesinambungan. Skema dapat memberikan hak dalam berbagai bentuk untuk akses yang didedikasikan, termasuk penangkapan berbasis komunitas, sama baiknya dengan pemberian kuota pemancingan individu.¹⁵²

Akuakultur (budidaya perairan) akan membantu mencukupi pertambahan permintaan pangan

Ikan dan kerang saat ini memasok sekitar 8 persen dari protein hewani yang dikonsumsi dunia.¹⁵³ Dengan pertumbuhan populasi dunia sekitar 78 juta penduduk setahun,¹⁵⁴ produksi ikan dan kerang harus tumbuh sekitar

Figur 3.8 Permintaan ikan yang berasal dari akuakultur akan meningkat, terutama di Asia dan Afrika



Sumber: De Silva dan Soto 2009.

2,2 juta metrik ton setiap tahun untuk menjaga konsumsi saat ini sekitar 29 kilogram per orang setiap tahunnya.¹⁵⁵ Jika tangkapan stok ikan gagal untuk dipulihkan, hanya budidaya perairan yang mampu memenuhi kebutuhan di masa depan.¹⁵⁶

Akuakultur menyumbangkan 46 persen dari pasokan pangan ikan dunia pada tahun 2006,¹⁵⁷ dengan pertumbuhan rata-rata tahunan (7 persen) di luar pertumbuhan populasi selama dekade terakhir. Produktivitas telah bertambah dengan kecenderungan terhadap beberapa spesies, menurunkan harga dan memperluas pasar produk.¹⁵⁸ Negara-negara berkembang, sebagian besar berada di wilayah Asia Pasifik, mendominasi produksi. Dari ikan yang dimakan di China, 90 persen datang dari budidaya perairan.¹⁵⁹

Kebutuhan akan ikan dari budidaya perairan diproyeksikan akan bertambah (Figur 3.8), tetapi perubahan iklim akan memengaruhi pelaksanaan budidaya perairan di seluruh dunia. Kenaikan lautan, beberapa badai ganas, dan intrusi air laut akan menghancurkan budidaya perairan, yang didasarkan pada spesies dengan toleransi salinitas yang sempit, seperti ikan lele pada Delta Mekong. Suhu air yang lebih tinggi pada zona beriklim sedang mungkin akan memengaruhi jangkauan suhu optimal untuk berkembangbiakan organisme. Ketika suhu naik, penyakit yang memengaruhi budidaya perairan akan terpengaruh baik oleh kenaikan kejadian dan dampak.¹⁶⁰

Budidaya perairan diharapkan akan tumbuh dengan kecepatan 4,5 persen per tahun antara tahun 2010 dan 2030.¹⁶¹ Akan tetapi pertumbuhan berkelanjutan untuk sektor ini meliputi dua halangan utama yang akan datang. Pertama adalah ekstensif penggunaan

dari protein ikan dan minyak sebagai pangan ikan, yang tetap menekan penangkapan ikan.¹⁶² Pertumbuhan budidaya perikanan akan membutuhkan spesies yang tidak bergantung pada pangan yang dihasilkan dari pakan ikan; saat ini, 40 persen dari budidaya perairan bergantung pada industri pakan, sebagian besar dari ekosistem lautan dan pantai, yang telah tertekan.¹⁶³ Akuakultur berbasis pakan tanaman (seperti pakan berbasis biji minyak) sangat menjanjikan,¹⁶⁴ dan beberapa operasi telah melengkapi penggantian pakan ikan dengan pakan berbasis tanaman di dalam menu makanan ikan herbivora dan omnivora—saat ini sekitar 7 persen dari produksi total, tanpa berkompromi pertumbuhan dan lahan.¹⁶⁵ Pengembangan spesies herbivora dan omnivora—saat ini berkisar 7 persen dari total produksi—dapat diterima untuk efisiensi sumber daya.¹⁶⁶ Sebagai contoh, produksi dari satu kilogram salmon, ikan fin laut atau kerang di dalam sistem budidaya perairan adalah sumber daya intensif yang sangat tinggi, membutuhkan antara 2,5–5 kilogram dari ikan liar sebagai pangan untuk satu kilogram pangan yang diproduksi.¹⁶⁷

Kedua, budidaya perairan dapat menyebabkan persoalan lingkungan. Budidaya pantai bertanggung jawab untuk 20 hingga 50 persen dari hilangnya bakau di seluruh dunia;¹⁶⁸ kehilangan yang lebih banyak akan membahayakan ketahanan terhadap iklim pada ekosistem dan membuat populasi pantai menjadi lebih rentan terhadap badai tropis. Budidaya perairan juga dapat menyebabkan masuknya limbah ke dalam ekosistem pantai yang di beberapa area berkontribusi terhadap terjadinya eutrofikasi. Teknik pengelolaan limbah cair—seperti sirkulasi air,¹⁶⁹ kalibrasi pangan yang lebih baik, dan integrasi dan polikultur pada organisme

pelengkap dapat ditingkatkan bersamaan dengan pengurangan limbah¹⁷⁰—dapat memperkecil dampak lingkungan. Jadi, mengutamakan pembangunan budidaya perairan pada tubuh air yang tidak tereksplotasi, seperti sawah, kanal irigrasi, dan kolam musiman. Skema integrasi pertanian-akuakultur mempromosikan daur ulang nutrisi, sehingga limbah dari akuakultur dapat menjadi masukan (pupuk) untuk pertanian dan sebaliknya, dengan demikian optimalisasi penggunaan sumber daya dan pengurangan polusi.¹⁷¹ Sistem ini telah mendiversifikasi pendapatan dan menyediakan protein untuk rumah tangga di banyak bagian Asia, Amerika Latin, dan Afrika Sub-Sahara.¹⁷²

Membuat perjanjian internasional yang fleksibel

Pengelolaan sumber daya alam dalam rangka menghadapi perubahan iklim memerlukan kolaborasi internasional yang lebih baik. Juga memerlukan perdagangan pangan internasional yang lebih tangguh sehingga negara-negara dibekali dengan lebih baik untuk menghadapi kejutan iklim dan potensi pertanian yang berkurang.¹⁷⁵

Negara-negara yang berbagi manfaat air akan membutuhkan perjanjian tentang bagaimana mengelolanya

Sekitar seperlima dari sumber daya air yang terbarukan di dunia melintasi atau membentuk batas internasional, dan di beberapa wilayah, khususnya di negara-negara berkembang, pembagiannya jauh lebih tinggi. Bagaimanapun, hanya 1 persen dari air tersebut dilindungi oleh perjanjian.¹⁷³ Selain itu, beberapa perjanjian yang ada untuk aliran internasional mencakup semua negara yang bersentuhan dengan aliran yang

dipermasalahan. Konvensi PBB untuk *Law of the Non-Navigational Uses of International Watercourses*, yang diadopsi oleh Sekjen PBB pada 1997, telah memberikan perintah ratifikasi yang mencukupi untuk masuk dalam penekanan.¹⁷⁵

Kerja sama antara negara-negara berpantai adalah penting untuk menghadapi tantangan air yang disebabkan perubahan iklim. Kerja sama tersebut dapat diperoleh hanya dari kesepakatan inklusif yang membuat seluruh negara-negara berpantai bertanggung jawab untuk pengelolaan bersama dan pembagian aliran dan mendesainnya untuk menghadapi variasi banjir maupun kekeringan. Kesepakatan air umumnya didasarkan pada penetapan kuantitas air untuk setiap bagian; perubahan iklim dapat membuat konsep ini menjadi masalah. Alokasi berdasarkan persentase volume aliran akan menghadapi variabilitas dengan lebih baik. Walaupun lebih baik dengan pendekatan “pembagian keuntungan”, di mana fokusnya tidak pada volume air tetapi pada nilai ekonomi, sosial, politik dan lingkungan yang diperoleh dari penggunaan air.¹⁷⁶

Negara-negara akan perlu bekerja sama untuk mengelola perikanan dengan lebih baik

Ikan adalah komoditi pangan internasional. Sepertiga dari produksi ikan global diperdagangkan secara internasional, rasio tertinggi untuk komoditi utama.¹⁷⁷ Saat pasokan ikan menurun, Eropa, Amerika Utara, dan banyak negara Asia mulai mengimpor ikan dari negara-negara berkembang.¹⁷⁸ Hal ini meningkatkan permintaan, dikombinasikan dengan penguasaan berlebihan dari beberapa armada penangkapan ikan (armada Eropa

sekitar 40 lebih besar daripada stok ikan yang dapat diakomodasi), memperluas lenyapnya sumber daya kelautan untuk Mediterania Bagian Selatan, Afrika Barat, dan Amerika Selatan. Dan tak terkecuali multimiliar dolar per tahun perdagangan perikanan internasional, negara-negara berkembang menerima relatif sedikit dalam bayaran dari armada asing yang beroperasi di laut mereka. Bahkan di perairan kaya tuna di Pasifik bagian barat, negara kepulauan kecil yang sedang berkembang hanya menerima sekitar 4 persen nilai tuna yang diperoleh.¹⁷⁹ Dengan memodifikasi distribusi stok ikan, mengubah jaring pakan, dan mengganggu secara psikologi spesies ikan yang telah tertekan, perubahan iklim hanya akan membuatnya menjadi lebih buruk.¹⁸⁰ Armada berhadapan dengan penurunan pasokan yang mungkin lebih jauh menurun di lapangan, dan perjanjian baru akan pembagian sumber daya akan perlu dinegosiasikan.

Untuk memfasilitasi adaptasi dan regulasi hak penangkapan ikan, hal ini penting untuk membangun rezim pengelolaan sumber daya internasional, baik legal maupun institusional, dan diasosiasikan dengan sistem pemantauan. Perjanjian semacam itu mungkin akan difasilitasi oleh penguatan organisasi pengelolaan penangkapan ikan.¹⁸¹ The Benguela Current's Large Marine Ecosystem Programme adalah pembangunan yang menjanjikan. Berjalan sepanjang pantai barat Angola, Namibia, dan Afrika Selatan, ekosistem Benguela adalah salah satu yang sangat produktif di dunia, mendukung penampungan keragaman hayati termasuk ikan, burung, dan mamalia laut. Dalam ekosistem terdapat bukti bahwa perubahan iklim telah menggeser jangkauan beberapa spesies komersial kunci yang paling

utama di daerah tropis.¹⁸² Pergeseran ini mencakup tekanan saat ini dari pengambilan ikan secara berlebihan, penambangan intan, dan pengambilan minyak dan gas. Angola, Namibia dan Afrika Selatan menetapkan Benguela Current Commission pada tahun 2006, institusi pertama yang dibentuk untuk ekosistem kelautan terbesar. Tiga negara berkomitmen untuk mengintegrasikan pengelolaan perikanan dalam rangka menghadapi perubahan iklim.¹⁸³

***Perdagangan komoditas
budidaya pertanian yang lebih
andal akan membantu negara-
negara menghadapi cuaca
ekstrem yang tak terduga***

Biarpun para petani, pengusaha, pemerintahan, dan pengelola air secara dramatis menambah produktivitas tanah dan air, beberapa bagian dunia tidak akan pernah berkecukupan air untuk selalu menumbuhkan semua pangan mereka. Memutuskan seberapa banyak pangan yang diimpor dan seberapa banyak yang ditumbuhkan secara domestik mempunyai implikasi untuk produktivitas pertanian dan pengelolaan air (Kotak 3.8). Mencari pemenuhan pangan sendiri ketika sumber daya menurun dan potensi pertumbuhan tidak mencukupi akan menyebabkan pembiayaan yang berat pada ekonomi dan lingkungan.

Banyak negara-negara yang telah mengimpor sebagian besar pangan mereka—sebagian besar negara-negara Arab telah mengimpor sekurangnya setengah dari kalori makanan yang mereka konsumsi—dan kondisi yang terus memburuk berarti bahwa semua negara perlu untuk bersiap menghadapi kegagalan panen domestik.¹⁸⁴ Perubahan iklim akan membuat negara-negara yang tandus menjadi lebih kering,

KOTAK 3.8 Para pengambil kebijakan di Maroko menghadapi penurunan mencolok dalam impor sereal

Maroko, dengan pembatasan air yang parah dan pertumbuhan populasi, mengimpor setengah dari sereal mereka. Walaupun tanpa perubahan iklim, jika mereka berharap menjaga impor sereal tidak lebih dari 50 persen kebutuhan tanpa adanya penambahan penggunaan air, Maroko akan perlu untuk membuat perbaikan teknis untuk mencapai kombinasi dari dua pilihan: baik 2 persen lebih dari keluaran per unit alokasi air untuk mengirigasi sereal atau 1 persen lebih keluaran per unit lahan pada area tadah hujan.

Menambah efek kenaikan suhu yang lebih tinggi dan pengurangan hujan membuat tugas menjadi lebih menantang: pelaksanaan teknologi akan perlu lebih cepat 22–23 persen daripada tanpa perubahan iklim (bergantung pada pemilihan instrumen kebijakan). Akan tetapi jika negara membutuhkan lebih banyak perlindungan menghadapi kejutan iklim domestik terhadap pertanian dan menghadapi kejutan harga pasar dan memutuskan untuk menambah keuntungan dari konsumsi yang dihasilkan secara domestik dari 50 menjadi 60 persen, negara

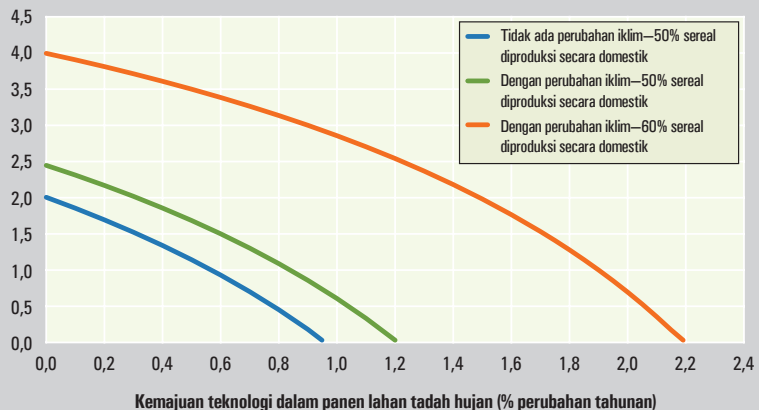
harus meningkatkan efisiensi air setiap tahun sekitar 4 persen di pertanian beririgasi, atau sekitar 2,2 persen di area tadah hujan, atau kombinasi apa pun di antaranya. Dengan kata lain, ketangguhan merespons perubahan iklim mengharuskan Maroko menerapkan peningkatan teknis lebih cepat antara 100 persen dan 140

persen daripada tanpa adanya perubahan iklim. Pengurangan jaring impor hanya dapat dicapai jika Maroko memiliki efisien perolehan domestik yang lebih tinggi.

Sumber: World Bank, akan terbit a.

Mencapai swasembada sereal tanpa meningkatkan penggunaan air di Maroko

Kemajuan teknologi dalam efisiensi irigasi (% perubahan tahunan)

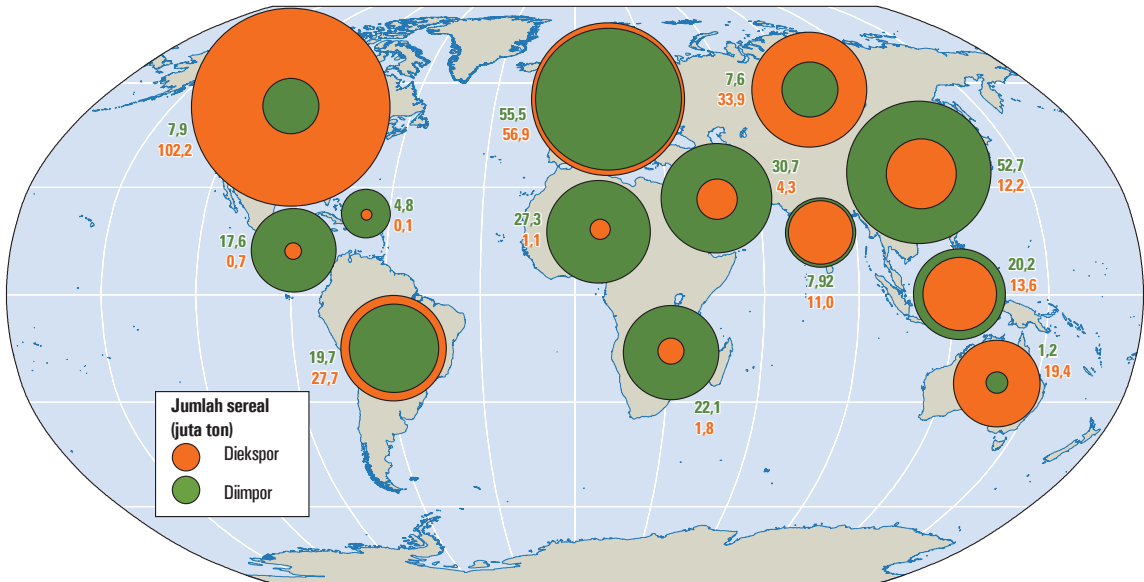


menggabungkan permintaan yang meningkat dari pertumbuhan pendapatan dan populasi. Oleh karena itu, sebagian besar masyarakat akan hidup pada daerah yang secara konsisten mengimpor sebagian besar kebutuhan pangan mereka setiap tahunnya. Tambahan, lebih banyak penduduk akan hidup di negara yang telah berpengalaman menghadapi kejutan terhadap pertanian domestik, karena perubahan iklim menambah kemungkinan dan kedahsyatan episode iklim ekstrem. Beberapa skenario global memproyeksikan 10–40 persen peningkatan pada impor bersih oleh negara-negara berkembang sebagai hasil perubahan iklim.¹⁸⁵ Perdagangan sereal diproyeksikan sekitar dua kali lipat volumenya pada tahun 2050, dan perdagangan produksi daging akan meningkat empat kali lipat lebih.¹⁸⁶ Dan sebagian besar peningkatan

ketergantungan pada impor makanan akan datang pada negara-negara berkembang.

Ketika kenaikan tajam dari harga pangan pada tahun 2008 diilustrasikan, pasar pangan global menjadi rawan. Kenapa harga melonjak? Pertama, pasar biji-bijian menjadi lebih tipis: hanya 18 persen dari gandum dunia dan 6 persen dari beras dunia yang diekspor. Sisanya dikonsumsi di mana hal ini terus tumbuh.¹⁸⁸ Dan hanya beberapa negara yang mengekspor biji-bijian (Peta 3.5). Dalam pasar yang kecil, perubahan kecil dalam suplai dan permintaan dapat membuat perubahan yang besar dalam harga. Kedua, stok pangan global per kapita merupakan yang terendah yang pernah tercatat. Ketiga, ketika pasar biofuel ditambah, beberapa petani mengubah produksi pangan, berkontribusi secara signifikan

Peta 3.5 Perdagangan biji-bijian dunia bergantung pada ekspor di beberapa negara



Sumber: FAO 2009c

Catatan: Ekspor dan impor tahunan didasarkan pada rata-rata selama empat tahun (2002–2006).

untuk menambah harga pangan dunia.

Ketika negara-negara tidak mempercayai pasar internasional, mereka merespons kenaikan harga dengan cara yang dapat membuatnya lebih buruk. Pada tahun 2008, banyak negara yang melarang ekspor atau mengendalikan harga untuk berusaha meminimalkan efek harga yang tinggi bagi populasi mereka termasuk Argentina, India, Kazakhstan, Pakistan, Rusia, Ukraina, dan Vietnam. India melarang ekspor beras dan sejenisnya, dan Argentina menaikkan pajak ekspor untuk daging, tepung terigu, kedelai, dan gandum.¹⁸⁹

Larangan ekspor atau tarif ekspor tinggi membuat pasar internasional makin mengecil dan menjadi lebih rapuh. Misalnya, pelarangan ekspor pada beras di India memengaruhi konsumen Bangladesh secara langsung dan memengaruhi pendapatan para petani di India untuk berinvestasi pada pertanian, pengendalian jangka panjang untuk pertumbuhan. Sebagai

tambahan, stimulasi pelarangan ekspor akan membentuk kartel, meruntuhkan kepercayaan perdagangan, dan mendorong perlindungan. Pengendalian harga domestik akan juga dapat diketahui sebelumnya dengan mendiversi sumber daya dari mereka yang paling membutuhkan dan dengan mengurangi insentif untuk petani agar memproduksi pangan lebih banyak.

Negara-negara dapat mengukir untuk perbaikan akses pada pasar

Negara-negara dapat melakukan tindakan unilateral untuk meningkatkan akses mereka pada pasar pangan internasional, sebagian merupakan langkah penting untuk negara-negara kecil yang tindakannya tidak akan memengaruhi pasar tetapi meskipun demikian mengimpor sebagian besar kebutuhan pangan mereka. Salah satu cara yang paling sederhana adalah dengan memperbaiki metode

perolehannya. Pengukuran yang rumit untuk permasalahan tender impor pangan, seperti elektronik tender dan pelelangan serta kredit yang canggih dan perlindungan produk, seluruhnya dapat membantu pemerintah mendapatkan perjanjian yang lebih baik. Pilihan lainnya mungkin lebih melonggarkan hukum nasional yang melarang pengadaan multinasional sehingga negara-negara kecil dapat membentuk grup untuk skala ekonomi.¹⁹⁰

Pengukuran ketiga adalah pengelolaan aktif stok. Negara-negara membutuhkan cadangan stok nasional yang tangguh dan instrumen terakhir dalam perlindungan risiko, mengombinasikan pembelian stok cadangan virtual yang dibeli melalui *futures and options*. Model mengindikasikan bahwa *futures and options* akan dapat menyelamatkan Mesir antara 5 dan 24 persen dari sekitar \$2,7 miliar pembelian gandum di antara bulan November 2007 dan Oktober 2008, ketika harga menjadi tinggi.¹⁹¹ Aksi kolektif global dalam pengelolaan stok juga dapat membantu mencegah peningkatan harga yang ekstrem. Cadangan makanan dalam bentuk fisik dalam jumlah kecil akan memberikan respons yang lebih halus dalam kondisi darurat pangan. Cadangan pangan global yang dikoordinasi secara internasional dapat mengurangi tekanan untuk mencapai swasembada beras. Dan inovasi cadangan virtual dapat mencegah kenaikan tajam harga pasar dan tetap menjaga harga berada dekat dengan tingkat yang disarankan oleh asas-asas pasar tanpa membuat cadangan global yang dikoordinasikan berada dalam risiko.¹⁹²

Layanan transportasi tahan cuaca juga penting untuk memastikan akses sepanjang tahun pada pasar, khususnya di negara-negara seperti Ethiopia,

dengan variasi curah hujan lokal yang tinggi. Penambahan investasi untuk meningkatkan logistik dalam rantai makanan—jalan, pelabuhan, jembatan timbang, dan gudang penyimpanan—akan membantu memperoleh pangan yang lebih bagi konsumen dengan harga yang lebih rendah. Akan tetapi infrastruktur institusi juga diperlukan. Transparansi, ketertebakan, dan kejujuran dalam kepabeanaan dan penggudangan menjadi sama pentingnya dengan fasilitas.

Negara-negara pengimpor dapat berinvestasi di beberapa bagian rantai makanan pada negara-negara penghasil. Hal ini juga mungkin terjadi, dan memang kurang berisiko, untuk berfokus pada infrastruktur rantai makanan atau penelitian pertanian dan pembangunan pada negara-negara penghasil.

Peraturan internasional untuk mengatur perdagangan akan menjadi bagian penting sebuah keadaan

Agenda Pembangunan Doha oleh Organisasi Perdagangan Dunia (WTO's Doha Development Agenda) mencoba menghilangkan hambatan perdagangan dan meningkatkan akses pasar untuk negara-negara berkembang. Akan tetapi negosiasinya ditangguhkan pada tahun 2008. Salah satu studi menyimpulkan bahwa akan ada potensi kerugian sekurangnya \$1,1 triliun pada perdagangan dunia jika pemimpin dunia gagal menghasilkan keputusan dalam Pertemuan Doha.¹⁹³ Melengkapi kesepakatan ini akan menjadi langkah kunci pertama dalam meningkatkan perdagangan pangan internasional. Pengukuran kunci meliputi penurunan tarif efektif dan mengurangi subsidi pertanian dan perlindungan oleh negara-negara berkembang.¹⁹⁴

Informasi yang dapat diandalkan merupakan dasar untuk pengelolaan sumber daya alami yang baik

Investasi pada layanan-layanan iklim dan cuaca berbayar untuk mereka sendiri berulang kali, sekalipun layanan-layanan ini sangat kurang di dunia berkembang.

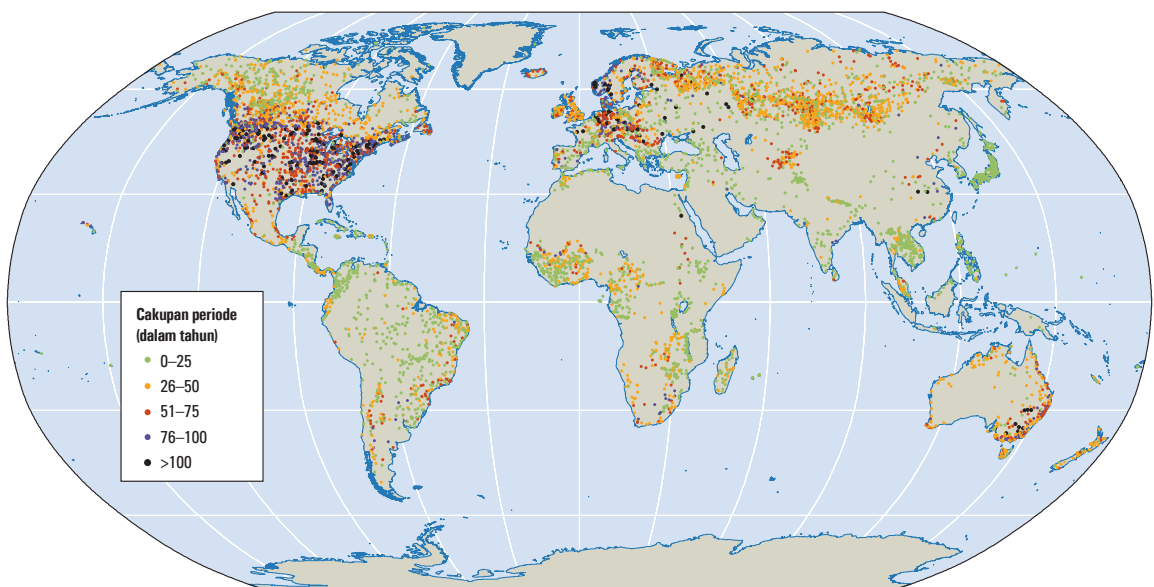
Secara khusus, rasio keuntungan ekonomi terhadap biaya pelayanan meteorologi nasional berkisar 5–10 berbanding 1,¹⁹⁵ dan perkiraan pada 2006 menunjukkan bahwa rasio tersebut akan menjadi 69 berbanding 1 di China.¹⁹⁶ Pelayanan iklim dan cuaca dapat memperbaiki dampak dari episode ekstrem hingga beberapa derajat (lihat Bab 2 dan 7). Berdasarkan Strategi Pengurangan Risiko Bencana PBB (United Nations International Strategy for Disaster Reduction), peringatan banjir yang canggih dapat mengurangi bahaya banjir

hingga 35 persen.¹⁹⁷ Sebagian besar dunia berkembang, khususnya di Afrika, sangat membutuhkan sistem pengawasan dan peramalan untuk perubahan cuaca dan hidrologi (Peta 3.6). Berdasarkan Organisasi Meteorologi Dunia (World Meteorological Organization), Afrika hanya memiliki satu stasiun cuaca per 26.000 kilometer persegi—seperdelapan dari rekomendasi minimum.¹⁹⁸ Penyelamatan data dan pengarsipan juga menjadi penting karena perekaman jangka panjang dari data berkualitas tinggi sangat penting untuk memahami variasi iklim sepenuhnya. Banyak dari kumpulan data iklim dunia bermuatan data digital sejak tahun 1940, tetapi hanya beberapa yang mempunyai arsip digital sebelum tahun 1940.¹⁹⁹

Peramalan yang lebih baik akan memperbaiki pengambilan keputusan

Di Bangladesh, peramalan curah hujan hanya diperpanjang satu sampai tiga hari; peramalan yang lebih lama akan

Peta 3.6 Negara-negara maju mempunyai lebih banyak titik koleksi data dan data deret waktu pemantauan air yang lebih lama



Sumber: Rangkaian data untuk distribusi global dan deret waktu tutupan disediakan oleh Global Runoff Data Center.
Catatan: Peta menunjukkan stasiun pelaksana pemantauan yang menyediakan informasi tentang limpasan sungai.

memberikan waktu bagi para petani untuk memodifikasi penanaman, pemanenan, dan aplikasi pemupukan, khususnya area tadah hujan di mana krisis pangan dapat terjadi pada akhir bulan. Terdapat beberapa peningkatan signifikan dalam peramalan cuaca musiman (bagaimana curah hujan dan suhu selama beberapa bulan akan bervariasi dari keadaan normalnya), khususnya di daerah tropis dan di daerah yang dipengaruhi *El Niño Southern Oscillation* (ENSO).²⁰⁰ Jatuhnya waktu musim hujan monsun di Indonesia dan Filipina dan jumlah hari hujan dalam satu musim di beberapa bagian Afrika, Brazil, India, dan Asia Tenggara dapat diprediksikan dengan akurasi yang lebih baik.²⁰¹ Peramalan cuaca berbasis ENSO di Amerika Selatan, Asia Selatan dan Afrika memiliki potensi bagus untuk memperbaiki produksi pertanian dan keamanan pangan.²⁰² Sebagai contoh, di Zimbabwe, kelangsungan hidup petani

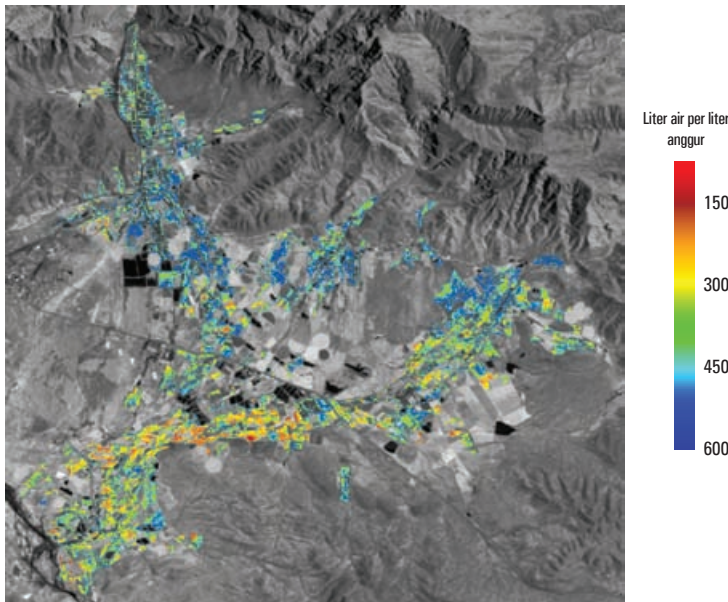
ditingkatkan oleh panen (berkisar 17 persen dalam tahun curah hujan yang bagus hingga 3 persen pada tahun curah hujan yang buruk) ketika mereka menggunakan peramalan cuaca untuk memodifikasi waktu atau varietas tanaman yang ditanam.

Teknologi penginderaan jauh dan pengawasan terbaru menjanjikan harapan besar keberlanjutan

Satu alasan yang ditemukan oleh para pengambil kebijakan tentang begitu sulitnya memotong eksploitasi yang berlebihan dari tanah dan air dan keterkaitannya dengan ekosistem adalah tidak ada satu pun pengelola maupun pengguna sumber daya yang memiliki informasi yang akurat dan tepat waktu. Mereka tidak tahu seberapa banyak sumber daya yang tersedia, seberapa banyak yang digunakan, atau bagaimana tindakan mereka akan memengaruhi kuantitas di masa depan. Akan tetapi teknologi penginderaan jauh terbaru mulai mengisi beberapa celah tersebut, menginformasikan keputusan mengenai alokasi air yang lebih efisien dan membantu dengan menjalankan pembatasan air.

Salah satu aplikasi penginderaan jauh yang paling menjanjikan adalah mengukur produktivitas air.²⁰⁴ Ketika citra termal dari satelit dikombinasikan dengan data lapangan pada tipe tanaman dan dihubungkan dengan peta dari sistem informasi geografis, para ilmuwan dapat mengukur lahan dalam skala geografi (ladang, cekungan atau negara). Kombinasi itu akan memberikan para pengelola air untuk membuat keputusan yang lebih baik mengenai alokasi air dan menargetkan layanan konsultasi kepada para petani dengan produktivitas air paling rendah. Hal ini

Figur 3.9 Teknik penginderaan jauh digunakan untuk kebun anggur di Worchester (West Cape, Afrika Selatan) untuk menaksir produktivitas air



Sumber: Water Watch, www.waterwatch.nl (diakses 1 Mei 2009).

Catatan: Para petani yang ladangnya berwarna merah menggunakan seperempat lebih banyak air per liter anggur dibandingkan dengan yang berwarna biru. Sebagai tambahan penaksiran air, pemerintah juga dapat menggunakan teknik ini untuk menargetkan aktivitas layanan konseling dan pelaksanaan.

juga mengarahkan pentingnya keputusan investasi—katakanlah, antara menambah produktivitas dari pertanian tadah hujan atau irigrasi. Dan dapat membantu para pengelola mengukur hasil investasi sebenarnya pada teknik penghematan irigrasi air, yang sulit dilakukan pada masa lalu (Figur 3.9).

Hingga saat ini, mengukur konsumsi air tanah sangat sulit dan mahal untuk di semua negara, dan sangat mudah untuk tidak dilakukan di negara-negara berkembang. Mencatat ratusan hingga ribuan sumur pribadi serta pemasangan dan pembacaan meteran akan menjadi sangat mahal. Akan tetapi, penginderaan jauh terbaru dapat mengukur total evaporasi dan transpirasi dari area geografis. Jika kedudukan permukaan air yang dikerahkan ke suatu area melalui curah hujan dan pengiriman irigrasi investasi diketahui, jaring konsumsi air tanah dapat diperhitungkan.²⁰⁵ Berbagai negara beruji coba dengan menggunakan informasi dari teknologi penginderaan jauh terbaru untuk menentukan batasan air tanah, termasuk para petani Maroko yang telah mempertimbangkan untuk beralih ke irigrasi berundak-undak/terasering (telah didiskusikan pada awal bab). Pilihan untuk penegakan meliputi pompa yang mati secara otomatis ketika para petani melampaui batas evapotranspirasi dan sistem yang secara simultan mengirimkan pesan pendek ke telepon genggam para petani, memperingatkan mereka tentang berlebihannya mereka mengalokasikan air tanah dan memperingatkan para pengawas untuk mengawasi ladang khusus tersebut.²⁰⁶

Peta digital yang dibuat dari informasi penginderaan jauh akan membantu para pengelola sumber daya di berbagai tingkatan. Menggunakan informasi dari

penginderaan jauh untuk membuat peta digital dari seluruh lahan di Afrika akan sangat berguna untuk pengelolaan lahan yang berkelanjutan. Peta tanah saat ini telah berusia 10–30 tahun dan umumnya belum didigitalisasi, membuatnya kurang informatif bagi pengambilan kebijakan untuk erosi dan kesuburan tanah. Konsorsium internasional menggunakan teknologi mutakhir untuk menyiapkan peta global terdigitasi, dimulai dari benua Afrika.²⁰⁷ Citra satelit dan aplikasi terbaru sekarang mampu memberikan para ilmuwan kemampuan untuk mengukur aliran sungai, kelembapan tanah dan simpanan air (danau, waduk, akuifer, salju, dan es) serta meramalkan banjir. Mereka juga membuat jadi mungkin untuk menunjukkan hasil panen, stres tanaman, pengambilan CO₂, komposisi dan kekayaan spesies, tutupan lahan dan perubahan tutupan lahan (seperti penghijauan kembali), dan produktivitas utama. Bahkan mereka juga dapat membuat peta penyebaran spesies tanaman invansi individual.²⁰⁸ Skalanya beragam, sama seperti waktu untuk pemutakhiran. Akan tetapi, kemajuan yang cepat memungkinkan para pengelola untuk mengukur dengan akurat dan teratur hingga tidak hanya beberapa tahun lalu saja. Bergantung pada satelit dan kondisi cuaca, data dapat tersedia setiap hari bahkan untuk setiap 15 menit.

Penelitian dan pengembangan akan dibutuhkan untuk mendapatkan keuntungan penuh dari teknologi-teknologi informasi terbaru. Terdapat kesempatan besar dari penerapan teknologi terbaru dan sistem informasi untuk mengelola masalah sumber daya alam yang terkait dengan perubahan iklim. Investasi pada data satelit untuk pengelolaan sumber daya alam dapat

terlunasi dalam jangka panjang. Akan tetapi potensinya sangat jauh dari yang diperlukan, khususnya di negara-negara termiskin. Studi di Belanda menyimpulkan bahwa investasi tambahan dalam pengamatan satelit untuk pengelolaan kualitas air (eutrofikasi, ledakan alga, turbiditas), mempunyai peluang sebesar 75 persen untuk menghasilkan dari keuntungan produksi.²⁰⁹ Penelitian dan pengembangan dari peralatan dan aplikasinya di negara berkembang memerlukan investasi publik dan swasta.²¹⁰

Informasi yang lebih terpercaya dapat menguatkan komunitas dan mengubah tata kelola sumber daya alam

Pengelolaan sumber daya alam terkadang mengharuskan pemerintah untuk mengatur dan menegakkan hukum, batasan, dan harga. Tekanan politik dan sosioekonomi membuat hal ini menjadi sulit, khususnya di mana institusi formalnya sangat lemah. Akan tetapi ketika pengguna sumber daya alam memiliki informasi yang tepat mengenai dampak dari tindakan mereka, mereka dapat melewati pemerintah dan bekerja bersama untuk mengurangi eksploitasi berlebihan, terkadang menambah pemasukan. Membuat kasus perekonomian lebih kuat untuk reformasi dapat membantu, seperti pada beberapa studi saat ini yang menekankan pembiayaan global tata kelola yang buruk dalam penangkapan ikan di lautan.

India menawarkan beberapa contoh dari hasil informasi yang lebih baik dalam produksi pertanian dan perolehan kesejahteraan yang lebih efisien. Pada negara bagian Madhya Pradesh, sebuah subsidi pada Indian Tobacco Company (ITC) membangun sistem yang disebut eChoupals untuk menurunkan biaya

pengadaan dan meningkatkan kualitas kedelai yang diterima dari para petani. eChoupals adalah kios Internet pedesaan yang dijalankan para pengusaha lokal yang memberikan informasi harga kedelai di masa depan kepada para petani dan memungkinkan mereka untuk menjual produknya langsung pada ITC, memotong pasar grosir dan makelar (*mandis*). Melalui eChoupals, ITC mengeluarkan biaya yang lebih sedikit untuk setiap ton produksinya, dan para petani dapat mengetahui dengan cepat harga yang akan mereka terima, mengurangi limbah dan efisiensi. Periode pengembalian untuk pembiayaan modal awal dari pembangunan kios berkisar empat hingga enam tahun.²¹²

Proyek yang disponsori oleh Organisasi Makanan dan Pertanian (Food and Agricultural Organization—FAO) PBB di Andhra Pradesh, India, secara dramatis mengurangi eksploitasi berlebihan dari akuifer. Menggunakan pendekatan rendah teknologi dan rendah biaya memungkinkan komunitas untuk menilai keadaan sumber daya yang mereka miliki. Daripada menggunakan peralatan mahal dan spesialis hidrogeologi, proyek melibatkan para sosiolog dan psikologi untuk menilai cara paling baik untuk memotivasi para penduduk desa agar mengurangi konsumsi air sehari-hari. Hal ini menciptakan “ahli hidrogeologi bertelanjang kaki—*barefoot hydrogeologists*” untuk mengajari para penduduk setempat mengenai lapisan air tanah yang mempertahankan kelangsungan hidup mereka (Figur 3.10). Para non-spesialis ini, jarang membaca buku, para petani menghasilkan data yang bagus yang terkadang mereka jual pada layanan hidrogeologi pemerintahan. Melalui proyek ini, kesadaran akan dampak dari aksi mereka, regulasi sosial, dan informasi mengenai teknik

Figur 3.10 Di Andhra Pradesh, India, petani menciptakan data hidrologi mereka sendiri, menggunakan peralatan dan perlengkapan yang sederhana, untuk mengatur pengambilan dari akuifer



Sumber: Staf bank.

Catatan: Dilengkapi dengan informasi, setiap petani merangkai batasan mereka sendiri untuk berapa banyak air yang boleh diambil untuk setiap musim tanam. Bantuan teknis menolong mereka untuk mendapatkan keuntungan yang lebih besar dari air yang mereka gunakan dengan mengelola tanah dan air lebih baik, mengganti tanaman, dan mengadopsi varietas tanaman yang berbeda.

dan varietas tanaman baru akan mengarahkan para penduduk desa agar setuju mengganti tanaman dan mengadopsi praktik-praktik untuk mengurangi kerugian evapotranspirasi.

Dengan hampir 1 juta petani, keseluruhan proyek dikendalikan sendiri, dan tidak ada insentif keuangan sama sekali atau denda untuk yang tidak terlibat. Peran serta desa-desa telah mengurangi pengeluaran, pada saat pengeluaran dari desa sebelah terus bertambah. Untuk memahami skala ini, biaya yang dikenakan rendah—\$2.000 setahun untuk masing-masing dari 65 desa.²¹³ Hal ini memiliki potensi besar untuk replikasi, tetapi secara prinsip dalam lapisan batuan akuifer yang telah kosong dan terisi kembali dengan cepat dan tidak memerlukan pemulihan lapisan terbawah tampak pada formasi geologi lain.²¹⁴

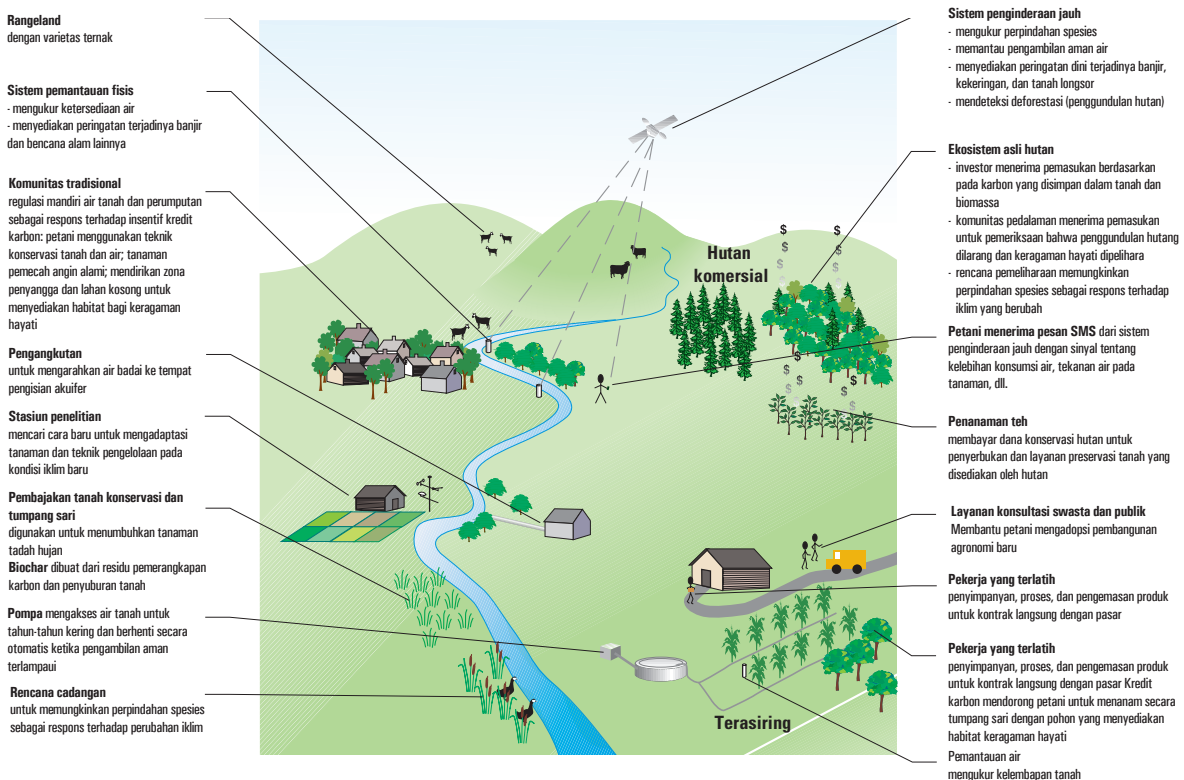
Inisiatif untuk memengaruhi para pengguna dalam mengurangi eksploitasi berlebihan dari sumber daya alam dapat mengurangi ketergantungan pengaturan berlebihan dari badan pemerintahan dan persoalan tata kelola yang berasal dari luar negeri. Inisiatif-inisiatif ini juga dapat menjadi alat untuk

pemerintah, bekerja dengan komunitas, untuk mengubah kebiasaan pengguna. Cekungan Hai, sumber air paling langka di China, sangat penting bagi pertanian. Bersamaan dengan dua cekungan tetangganya, menghasilkan setengah dari gandum China. Sumber mata air pada Cekungan Hai telah tercemar, ekosistem lahan basah terancam, dan air tanah dieksploitasi berlebihan. Setiap tahunnya, cekungan menggunakan 25 persen lebih air tanah melebihi yang diterima sebagai presipitasi.²¹⁵

Pada cekungan yang sama, pemerintah China telah bekerja dengan 300.000 petani untuk melakukan inovasi dalam pengelolaan mata air. Inisiatif ini berfokus pada pengurangan penggunaan air secara keseluruhan daripada sekadar penambahan produktivitas mata air secara sederhana. Hal ini mengombinasikan investasi pada infrastruktur irigrasi dengan layanan konsultasi untuk membantu mengoptimalkan air tanah. Hal ini membatasi penggunaan air tanah. Juga memperkenalkan pengaturan institusi baru, seperti memindahkan tanggung jawab untuk layanan pengelolaan irigrasi pada kelompok petani dan meningkatkan pemulihan pembiayaan untuk irigrasi air permukaan. Dan menggunakan teknik pengawasan terbaru, dengan mengukur produktivitas air dan konsumsi air tanah pada tingkatan tertentu dengan data satelit, dikombinasikan dengan layanan agronomi yang lebih tradisional. Pengawasan menyajikan informasi terkini untuk para pembuat kebijakan dan para petani sehingga mereka dapat menyesuaikan praktik mereka dan mendeteksi ketidakpatuhan.

Hasilnya yang sangat mengagumkan. Pendapatan para petani bertambah saat mengurangi konsumsi air dengan beralih ke tanaman bernilai tinggi. Uang tunai

Figur 3.11 Lanskap pertanian cerdas iklim yang ideal di masa depan akan memungkinkan petani untuk menggunakan teknologi dan teknik baru untuk memaksimalkan panen dan mengizinkan pengelola tanah untuk melindungi sistem alami, dengan habitat alami yang diintegrasikan menjadi tata ruang pertanian yang produktif



Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia

produksi tanaman berlipat tiga, pendapatan ladang bertambah lima kali lipat di berbagai area, dan produksi pertanian per unit konsumsi air bertambah 60–80 persen. Penggunaan air total turun menjadi 17 persen dengan kondisi hilangnya air tanah terkini sekitar 0,02 meter per tahun, dibandingkan dengan 0,41 meter per tahun di luar area proyek.

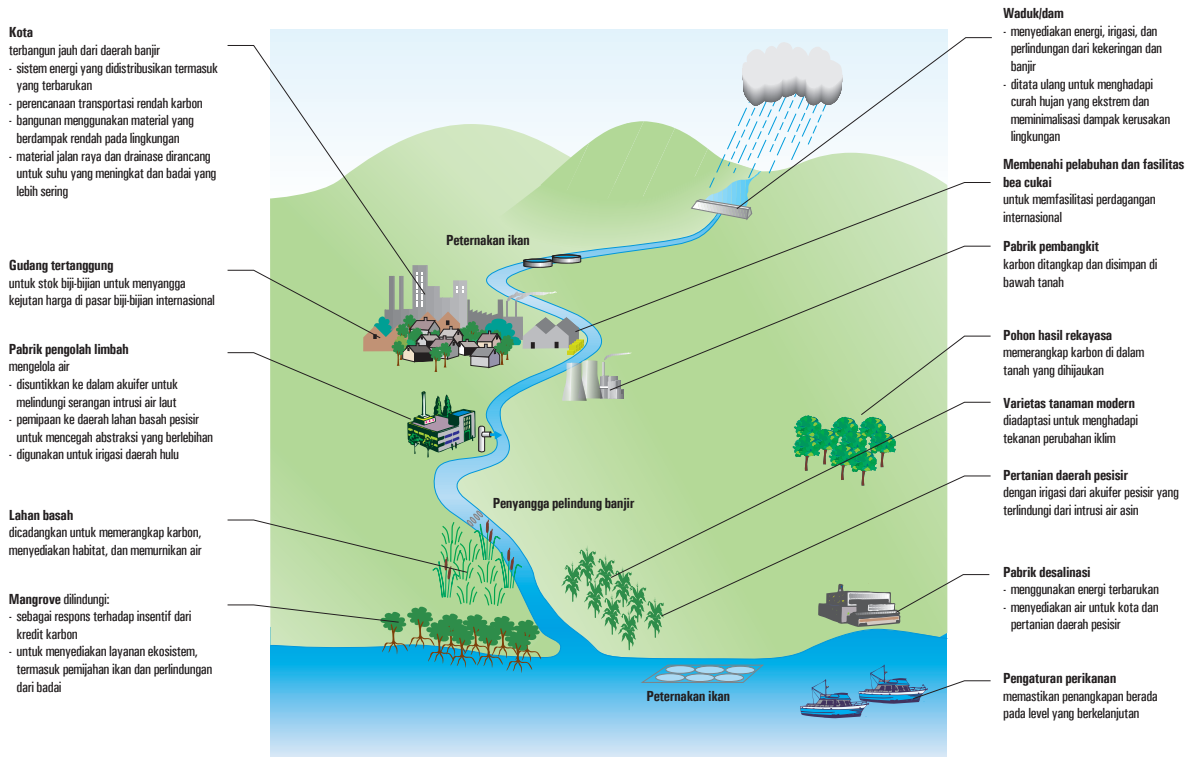
Ringkasnya, teknologi dan peralatan yang ada dapat dikembangkan untuk membantu para petani dan pengelola sumber daya lainnya mengelola air, tanah, lading, dan perikanan. Dalam dunia yang ideal, hak setiap orang untuk dapat mengakses teknologi dan peralatan ini. Akan tetapi, teknologi dan peralatan ini akan lebih efektif dengan kebijakan dan infrastruktur yang tepat. Dunia yang ideal ditampilkan dalam gambar pada Figur 3.11 dan 3.12. Banyak jalan menuju

dunia ideal yang telah membuat frustrasi komunitasnya selama beberapa dekade di masa lampau. Akan tetapi, siklus selalu berubah sedemikian sehingga mungkin mempercepat pelaksanaan.

Pemberian harga karbon, pangan, dan energi dapat menjadi batu loncatan

Bagian ini menganjurkan beberapa pendekatan baru untuk membantu negara-negara berkembang menghadapi kesulitan dengan tekanan tambahan terhadap perubahan iklim yang akan membutuhkan usaha dalam pengelolaan tanah dan air dengan baik. Hal ini menegaskan berulang kali bahwa teknologi baru dan investasi baru akan menghasilkan hanya dalam konteks kelembagaan yang kuat dan kebijaksanaan yang sensitif—ketika “dasarnya” benar.

Figur 3.12 Tata ruang pertanian cerdas iklim yang ideal di masa depan menggunakan teknologi yang fleksibel sebagai menyangga melawan kejutan iklim pada infrastruktur alami, infrastruktur terbangun, dan mekanisme pasar



Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia.

Walaupun dasarnya tidak benar di beberapa negara termiskin di dunia. Dan membuatnya benar—membangun institusi yang kuat, mengubah rezim subsidi, mengubah cara pengalokasian komoditas yang bernilai—merupakan proses jangka panjang bahkan jika berada dalam keadaan yang terbaik.

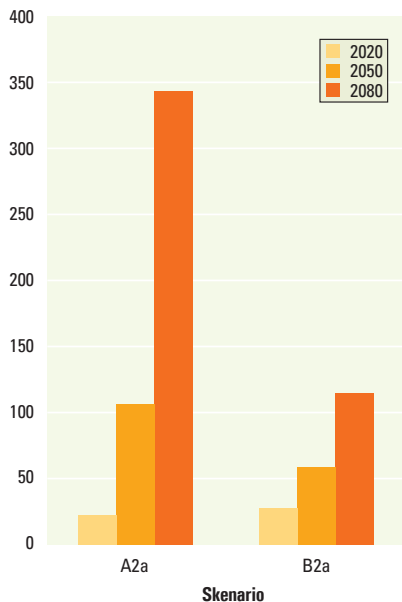
Untuk mengurai persoalannya, banyak respons yang diajukan oleh bab ini untuk membantu negara-negara memperbaiki pengelolaan daratan dan air dalam menghadapi perubahan iklim yang membutuhkan para petani, banyak di antara mereka adalah yang termiskin di dunia, untuk mengubah praktik mereka. Hal ini juga memerlukan masyarakat yang beroperasi melewati hukum (penebangan liar, penambangan liar) dan orang kaya, masyarakat berpengaruh (termasuk para pengembang perumahan) untuk

menghentikan praktik mereka yang telah memberi mereka keuntungan yang berlebihan. Bab ini mengajukan percepatan tindakan yang terlihat amat lambat dilaksanakan beberapa dekade di masa lalu. Apakah realistis untuk mengharapkan perubahan pada skala yang mencukupi untuk sungguh-sungguh menghalangi tantangan perubahan iklim yang berhadapan dengan kita?

Tiga faktor baru mungkin memberikan stimulus untuk perubahan dan pengendalian beberapa penghalang yang telah menghalangi peningkatan di masa lalu. Pertama, perubahan iklim diperkirakan akan meningkatkan harga energi, air, dan tanah dan juga pangan serta komoditi pertanian lainnya. Hal itu akan meningkatkan kelincahan inovasi dan mempercepat proses adopsi praktik-praktik yang meningkatkan produktivitas.

Figur 3.13 Harga sereal global diperkirakan meningkat sebesar 50 hingga 100 persen pada 2050

Peningkatan harga sereal tanpa pemupukan CO₂
(persentase perubahan)



Sumber: Parry dkk. 2004.

Catatan: Skenario emisi kelompok IPCC SRES A2 menjabarkan dunia di mana populasinya terus bertambah, dan tren pertumbuhan pendapatan per kapita dan perubahan teknologi bervariasi di antara wilayah dan lebih rendah daripada garis batas lainnya. Skenario kelompok B2 menjabarkan dunia di mana populasi terus bertambah pada tingkat di bawah A2, perkembangan ekonominya menengah, dan perubahan teknologinya sedang.

Tentu saja harga yang lebih tinggi juga akan membuatnya lebih menguntungkan dalam mengeksploitasi berlebihan sumber daya atau menghabiskan habitat alami. Kedua, harga karbon yang diterapkan untuk karbon pada lanskap, mungkin mendorong para pemilik tanah untuk melestarikan sumber daya alami. Jika kesulitan implementasi dapat menjadi diatasi, ini akan menurunkan risiko para petani untuk mengadopsi praktik baru. Hal ini juga memberikan para pemilik lahan hak insentif untuk melindungi sumber daya alami. Ketiga, jika \$258 miliar per tahun dunia pada subsidi pertanian dapat dibagi secara merata untuk memerangkap karbon dan konservasi keragaman hayati, hal ini akan menunjukkan teknik dan pendekatan utama dalam bab ini pada skala yang diperlukan.

Kenaikan harga energi, air, dan pertanian dapat memacu inovasi dan Investasi pada peningkatan produktivitas

Kombinasi beberapa faktor akan menaikkan harga pangan untuk beberapa dekade ke depan. Faktor-faktor itu termasuk pertambahan permintaan pangan dari populasi kaya yang berkembang dan bertambah. Termasuk juga penambahan produksi biofuel, yang dapat menyebabkan persaingan untuk lahan pertanian dan air. Lebih lanjut lagi, akan menjadi lebih sulit untuk menumbuhkan pangan karena perubahan iklim. Dan seperti yang ditunjukkan dalam Bab 4, kebijakan perubahan iklim tampaknya akan menaikkan harga energi.²¹⁷

Harga listrik yang lebih tinggi berarti harga air yang lebih tinggi ketika air dipompa. Dalam kasus tersebut, mekanisme efisiensi alokasi air akan menjadi lebih penting, sebagai usaha untuk mengurangi kebocoran dari penyaluran air dan jaringan distribusi yang dikelola dengan buruk. Harga energi yang lebih tinggi juga menaikkan biaya pemerintah dalam melayani subsidi air. Hal ini dapat menambah insentif untuk reformasi kebutuhan jangka panjang dari kebijakan pengelolaan air dan investasinya.²¹⁸ Dan karena pupuk merupakan produk berbasis bahan bakar minyak bumi, harga minyak bumi yang lebih tinggi akan mendorong penggunaan yang lebih bijaksana.

Harga pangan dapat diperkirakan menjadi lebih tinggi dan lebih rawan pada jangka panjang. Pemodelan dari IAASTD memperkirakan bahwa harga jagung, beras, kedelai, dan gandum akan naik 60–97 persen antara tahun 2000 dan 2050 melalui bisnis-seperti-biasanya, dan harga untuk daging sapi, babi, dan

unggas naik sebesar 31–39 persen.²¹⁹ Simulasi lainnya pada sistem pangan dunia juga menunjukkan jatuhnya harga sereal akibat perubahan iklim menyebabkan kenaikan harga pangan.²²⁰ Pada sebagian besar perkiraan, harga sereal diperkirakan akan naik, walaupun para petani telah beradaptasi.²²¹ Tahun 2080, skenario berbeda memproyeksikan bahwa harga pangan dunia akan naik sekitar 7–20 persen dengan pemupukan CO₂ dan sekitar 40–350 persen tanpanya (Figur 3.13).²²²

Masyarakat miskin, yang telah menghabiskan 80 persen uang mereka untuk pangan, kemungkinan akan mengalami benturan keras dengan harga pangan yang tinggi. Harga lebih tinggi yang diasosiasikan dengan risiko perubahan iklim membalikkan kemajuan keamanan pangan di beberapa negara berpendapatan rendah. Walaupun hasil skenario berbeda, hampir seluruhnya setuju bahwa perubahan iklim akan menyebabkan lebih banyak masyarakat berisiko mengalami kelaparan di negara-negara miskin, dengan pertumbuhan terbesar di Asia Selatan dan Afrika.²²³

Seperti harga energi, harga pangan yang tinggi akan memiliki efek beruntun di dalam penyesuaian potensi daratan dan air yang dipicu oleh perubahan iklim. Investasi pada pertanian, daratan, dan air menjadi lebih menguntungkan untuk para petani seperti pada sektor publik dan swasta. Perusahaan pertanian swasta, donor bantuan internasional, bank pembangunan internasional, dan pemerintahan nasional dapat melihat dan bertindak atas kenaikan harga internasional dengan cukup cepat. Akan tetapi pengiriman peningkatan harga pangan internasional kepada para petani adalah tidak sempurna, seperti yang terjadi pada krisis harga pangan tahun 2007–2008. Sebagai contoh, para

petani di sebagian besar Afrika Sub Sahara mengamati bahwa harga pangan lebih tinggi hanya setelah beberapa kelambatan, dan perpindahan pada harga yang lebih tinggi menjadi lebih lambat dan kurang lengkap dibandingkan dengan di sebagian besar wilayah Asia dan Amerika Latin.²²⁴

Semakin baik kualitas infrastruktur pedesaan, para petani akan semakin diuntungkan oleh harga internasional yang lebih tinggi. Harga pangan tinggi dapat memicu konversi lahan menjadi pertanian dan peternakan, dengan dampak negatif pada ekosistem. Akan tetapi mereka dapat juga memengaruhi secara signifikan investasi baru dalam penelitian pertanian, pembangunan irigrasi, dan infrastruktur pedesaan untuk intensifikasi produksi. Kenaikan simultan harga energi dan pangan juga akan membuat beberapa keuntungan investasi yang besar lagi, termasuk waduk multiguna yang luas untuk pembangkit tenaga dan irigrasi. Hal ini akan menjadi penting untuk menghubungkan pendapatan dari harga pangan tinggi ke dalam investasi inovasi dan reformasi kebijakan untuk meningkatkan produktivitas pertanian seraya membuat lahan dan penggunaan air lebih berkelanjutan.

Harga internasional yang dibayarkan untuk menghindari emisi dan pemerangkapan karbon dalam pertanian dapat mendorong perlindungan lebih pada sistem alami

Berdasarkan Mekanisme Pembangunan Bersih (CDM) dari Protokol Kyoto, proyek pemerangkapan karbon tanah pertanian di negara-negara berkembang tidak mencukupi untuk menjual kredit karbon kepada investor di negara-negara maju. Jika mereka tetap melakukannya,

insentif untuk para petani dan pengguna lahan lainnya akan berubah secara fundamental. Pasar karbon yang meliputi gas rumah kaca dari pertanian dan praktik pengelolaan lahan dapat menjadi salah satu mekanisme yang paling penting untuk mengendalikan pembangunan yang berkelanjutan di dunia yang terpengaruh oleh perubahan iklim. Potensinya besar: satu sumber diperkirakan 4,6 gigaton CO₂ atau lebih per tahun pada 2030, di mana lebih dari setengah potensi hutan (7,8 gigaton CO₂ per tahun).²²⁵ Pada \$100 per ton CO₂e, pengurangan potensi emisi dari pertanian sebanding dengan yang berasal dari energi (lihat Gambaran Umum, Kotak 8). Model menunjukkan bahwa pemberian harga karbon pada pertanian dan perubahan tata guna lahan dapat membantu mencegah konversi ekosistem yang lengkap (“lahan tidak terkelola” pada Figur 3.14) untuk memenuhi kenaikan permintaan biofuel.

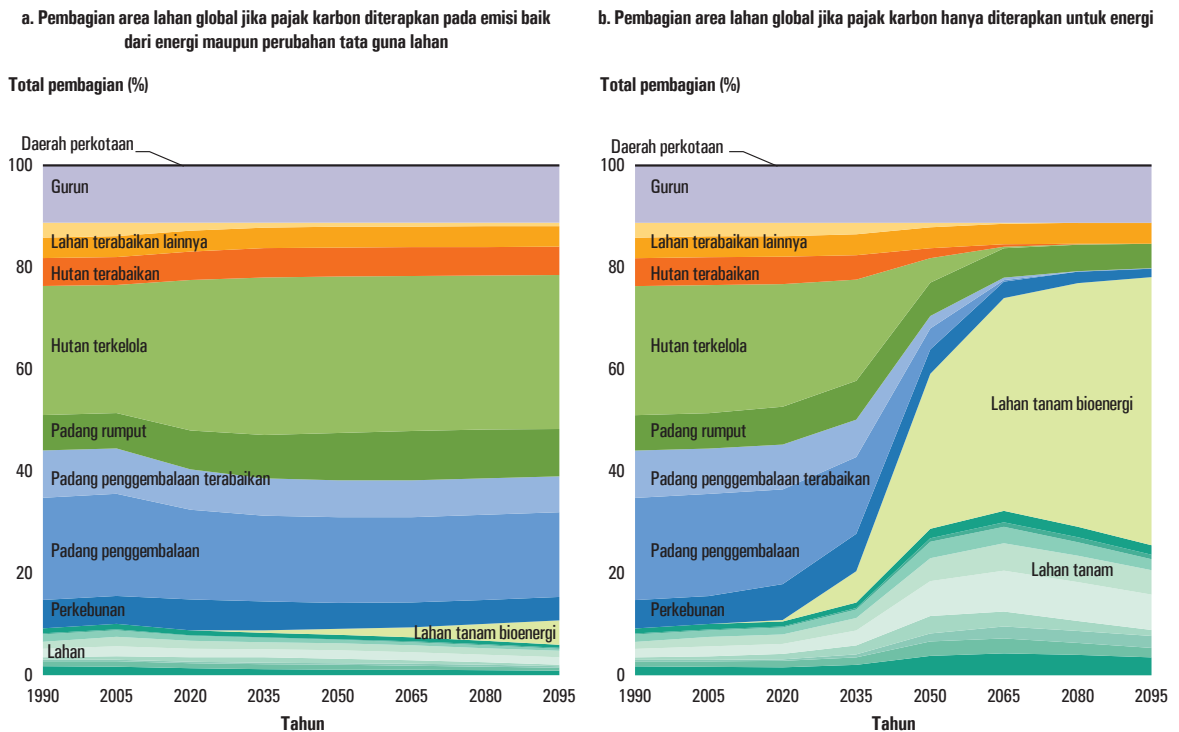
Walaupun mekanisme untuk pelestarian karbon tanah belumlah dikembangkan, potensi untuk pengurangan emisi dari pertanian sangatlah besar. Bahkan di Afrika, di mana setiap dataran kering rendah karbon mencapai 44 persen dari benua, kemungkinan untuk memerangkap karbon pertanian sangat besar.²²⁶ Rerata potensi mitigasi pertanian yang diproyeksikan di semua benua adalah 100 juta hingga 400 juta metrik ton CO₂e per tahun pada tahun 2030.²²⁷ Dengan harga yang relatif rendah, \$10 metrik ton pada tahun 2030, aliran keuangan akan dapat dibandingkan dengan bantuan pembangunan resmi tahunan untuk Afrika.²²⁸ Studi dari kepasturan Afrika menunjukkan bahwa peningkatan terbaik pada pengelolaan sumber daya alami dapat menghasilkan pemerangkapan karbon sekitar 0,50

metrik ton karbon per tahun. Harga sebesar \$10 per metrik ton CO₂ akan menambah pendapatan mereka sekitar 14 persen.²²⁹

Pemerangkapan karbon dalam pertanian akan menjadi relatif tidak mahal dan respons efisien terhadap perubahan iklim. Pengurangan biaya pada pertanian di tahun 2030 diperkirakan akan menjadi lebih rendah daripada sektor kehutanan (\$1,8 per metrik ton dari CO₂ ekuivalen dibandingkan dengan \$13,5 per metrik ton CO₂ ekuivalen).²³⁰ Salah satu alasan untuk hal ini adalah bahwa teknik pertanian yang meningkatkan pemerangkapan karbon juga meningkatkan panen dan pendapatan.

Jadi, teknik untuk penyimpanan lebih banyak karbon di dalam tanah telah ada, tetapi teknik tersebut belum diadaptasi. Daftar penyebabnya sangat panjang—pengetahuan yang kurang tentang teknik pengelolaan yang sesuai untuk tanah di daerah tropis dan subtropis, penambahan infrastruktur yang lemah untuk mengirim ketersediaan inovasi, kurangnya hak properti untuk memperoleh investasi dengan pelunasan jangka panjang tetapi pendanaan jangka pendek, kebijaksanaan pajak pupuk yang tidak sesuai, dan infrastruktur transportasi yang sangat kurang.

Komunitas dunia dapat menerapkan empat langkah praktis untuk memperluas pasar karbon. Pertama, daripada menerapkan pengawasan emisi secara rinci dan penanganannya pada setiap lahan, masyarakat yang terlibat dalam pasar karbon (lokal dan internasional) perlu menyetujui sebuah sistem keuangan berbasis peramalan yang sederhana yang mengawasi aktivitas para petani dan memperkirakan secara konservatif pemerangkapan karbon yang terkait.²³¹ Hal ini tidak akan menjadi efektif

Figur 3.14 Pajak karbon yang diterapkan pada emisi dari pertanian dan perubahan tata guna lahan akan mendorong perlindungan terhadap sumber daya alami

Sumber: Wise dkk. 2009.

Catatan: Diproyeksikan berdasarkan MiniCAM Global Integrated Assessment Model. Kedua skenario menunjukkan jalur untuk mencapai konsentrasi CO₂ 450 bpj pada 2095. Pada Figur 3.14a, harga dikenakan pada emisi karbon dari bahan bakar fosil, industri, dan perubahan tata guna lahan. Pada Figur 3.14b, harga yang sama hanya dikenakan pada emisi dari bahan bakar fosil dan industri. Ketika harga tidak dikenakan pada emisi daratan, penanaman tampaknya akan melanggar habitat alami, umumnya sebagai respons terhadap permintaan biofuel.

biaya atau mungkin untuk mengukur pemerangkapan karbon pada semua pemilik paket kecil yang beragam dan terpisah di dunia berkembang. Selain itu, pendekatannya transparan dan akan memperbolehkan para petani untuk mengetahui sebelumnya seperti apa pembayaran dan denda untuk berbagai tindakan.

Proses di mana tanah mengambil atau memancarkan karbon adalah hal yang kompleks. Prosesnya beragam dari tempat ke tempat (biarpun dalam satu lahan) dan bergantung pada sifat tanah, iklim, sistem perladangan, dan riwayat tata guna tanah. Lebih lanjut, perubahan tahunan biasanya relatif kecil terhadap stok saat ini. Dan pemerangkapan karbon di dataran tinggi sangat cepat. Akumulasi karbon dalam tanah akan menjadi jenuh setelah 15–30 tahun,

bergantung pada tipe pertanian, dan beberapa pengurangan emisi akan terjadi setelah waktu tersebut.²³² Lebih lanjut lagi, pertanian tanpa pembajakan pada tanah liat dapat menghasilkan pelepasan nitrogen oksida—gas rumah kaca yang sangat kuat. Emisi ini akan melebihi keuntungan penyimpanan karbon dalam menerapkan teknik baru selama lima tahun pertama. Oleh karena itu, tanpa pembajakan mungkin tidak menjadi teknik pengurangan emisi gas rumah kaca yang baik untuk beberapa kondisi tanah.²³³ Akan tetapi, hal ini memungkinkan berdasarkan permodelan dan data yang ada saat ini, untuk memperluas perkiraan pemerangkapan karbon per praktik pertanian untuk zona agroekologi dan iklim. Lebih lanjut, teknik efektif biaya untuk pengukuran karbon tanah pada

lahan (menggunakan laser, radar tembus tanah, dan spektroskopi sinar gamma) sekarang dapat melakukan pengukuran pemerangkapan karbon lebih cepat dan memperbarui estimasi pada skala spasial yang lebih kecil.²³⁴ Dalam pada itu, program-program dapat menggunakan perkiraan konservatif pemerangkapan karbon di semua tipe tanah dan berfokus pada daerah di mana terdapat lebih stok karbon tanah yang lebih pasti dan alirannya (seperti area pertanian yang lebih produktif). Selain itu, tidak ada teknik pemerangkapan karbon (seperti konservasi lahan persemaian) yang menjadi obat mujarab di setiap sistem penanaman dan semua tipe tanah.

Model untuk sistem tersebut mungkin adalah Conservation Reserve Program (Administrasi Program Cadangan) yang diadministrasikan oleh U.S. Department of Agriculture pada hampir 14 juta hektar lahan di tahun 1986.²³⁵ Program sukarela ini pada awalnya ditujukan untuk mengurangi erosi tanah, dengan pemilik lahan dan penghasil pertanian memasuki kontrak untuk menghentikan kemungkinan erosi dan penanaman yang sensitif secara lingkungan serta padang penggembalaan dari produksi untuk 10–15 tahun dalam pengembalian pembayaran. Melebihi waktu program tersebut untuk meluaskan tujuannya dengan memasukkan pelestarian habitat satwa liar dan kualitas air, dan pembayarannya berdasarkan Environmental Benefits Index (Indeks Keuntungan Lingkungan) dari paket dan aktivitas spesifik (seperti penyangga kawasan tepi pantai dan sabuk penahan). Keuntungan lingkungan sebenarnya dari setiap paket tidak secara langsung diukur tetapi lebih diperkirakan berdasarkan aktivitas, dan menyerupai sistem berbasis aktivitas yang dapat

diterapkan pada pemerangkapan karbon pertanian.²³⁶

Langkah praktis kedua melibatkan pembangunan “agregator”—khususnya organisasi swasta atau non-pemerintahan yang mengurangi biaya transaksi dari aktivitas dengan menggabungkan mereka pada beragam petani ladang kecil, penambang-penambang hutan, dan kepasturan. Tanpa mereka pasar akan cenderung lebih menyukai proyek reforestasi yang besar, karena lahan dari rata-rata individu para petani ladang sempit pada negara berkembang tidak dapat memerangkap jumlah yang sangat besar. Peningkatan skala secara spasial juga akan mengurangi perhatian yang berkaitan dengan ketidakpastian dan ketidakpermanenan stok karbon. Pengadopsian pendekatan dengan perkiraan, pengumpulan seluruh portofolio proyek-proyek, dan pengaplikasian perkiraan konservatif dapat membuat pemerangkapan karbon tanah ekuivalen sepenuhnya terhadap pengurangan CO₂ di sektor lain.

Ketiga, biaya di muka untuk penerapan pengelolaan pemerangkapan karbon harus diamanatkan. Pengadopsian praktik baru memang berisiko, terutama bagi para petani miskin.²³⁸ Pembiayaan karbon khususnya ditujukan hanya setelah para petani benar-benar mengurangi emisi (seperti pada proyek percontohan di Kenya yang dijelaskan di Kotak 3.9). Akan tetapi, janji untuk pembiayaan karbon masa depan dapat digunakan sebagai pembayaran di muka untuk mengurangi risiko para petani, baik sebagai jaminan pinjaman, atau memiliki investor-investor yang dapat melakukan pembayaran di muka.

Chicago Climate Exchange, satu bagian dari pasar sukarela, menunjukkan kemungkinan keuntungan perdagangan pemerangkapan karbon dari aktivitas

KOTAK 3.9 *Proyek percontohan untuk pembiayaan karbon pertanian di Kenya*

Hasil kajian awal dari dua proyek percontohan di barat Kenya mengindikasikan para pemilik lahan pertanian sempit dapat berintegrasi dalam pembiayaan karbon. Salah satunya melibatkan sistem penanaman campuran atas 86.000 hektar, menggunakan pendaftaran asosiasi dari 80.000 petani sebagai pemicu. Proyek kopi kecil lainnya memberikan 7.200 hektar sejauh ini, dan 9.000 anggota petani yang kooperatif melayani sebagai pemicu. Ukuran rerata dari pemegang lahan untuk kedua proyek adalah kecil (sekitar 0,3 hektar).

Jumlah pemerangkapan karbon diperkirakan sekitar 516.000 dan 30.000 ton CO₂e setiap tahunnya, diharapkan.

Aktivitas pemerangkapan termasuk pengurangan pembajakan, tanaman penutup, pengelolaan residu, pembibitan, pengomposan, pupuk hijau, aplikasi pemupukan yang lebih tepat sasaran, mengurangi pembakaran biomassa, dan agroforestry. Proyek menggunakan pemantauan berbasis aktivitas. Perkiraan pemerangkapan karbon selama 20 tahun diperoleh dari model yang dikenal dengan nama RothC. World Bank BioCarbon Fund (Pendanaan BioKarbon Bank Dunia) membeli kredit karbon yang telah disetujui oleh pendanaan dan pengembang proyek, VI Agroforestry and Swedish Cooperative Centre dan ECOM Agroindustrial Group. Dari keuntungan total yang diterima komunitas, 80 persen akan

digunakan komunitas dan 20 persen untuk pembangunan proyek dan pengawasan.

Dua pembelajaran sedang dikembangkan. Pertama, agregator yang baik sangatlah penting, khususnya salah satu dapat memberikan nasihat dalam praktik pertanian. Kedua, metode pengawasan haruslah sederhana dan dapat diakses serta transparan bagi para petani. Dalam kasus ini, petani dapat dengan mudah merujuk pada tabel untuk menentukan pembayaran yang tepat yang akan diterimanya untuk setiap aktivitas, sistem yang mendorong partisipasi.

Sumber: Kaonga dan Coleman 2008; Woelcke dan Tenningkeit 2009.

terkait lanskap.²⁴⁰ Hal ini memungkinkan para pemicu menerima kredit karbon untuk melanjutkan pelestarian tanah bajakan yang berkelanjutan, penanaman padang rumput, dan pengelolaan lahan peternakan. Untuk perdagangan karbon pertanian, pertukarannya mengharuskan anggotanya menempatkan sekitar 20 persen dari jumlah yang dihasilkan dalam bentuk cadangan untuk menyakinkan terhadap kemungkinan kondisi sebaliknya di masa depan. Exchange menunjukkan aturan yang sederhana dan teknik pengawasan yang modern dapat menghadapi hambatan teknis. Bagaimanapun juga, beberapa kritik mengklaim bahwa “penambahan” tidak diperoleh sepenuhnya: jaring pengurangan emisi mungkin tidak akan lebih besar daripada yang diperoleh dengan tanpa adanya pasar.

Dalam waktu dekat, pasar sukarela menginkubasi metode untuk pertanian dan pemerangkapan pada tingkat lanskap. Akan tetapi, untuk pengukuran ini agar benar-benar luas dalam arah ini, pasarnya akan perlu untuk dihubungkan dengan pasar pemenuhan global masa depan. Skala ekonomi yang dijanjikan

oleh pemerangkapan tingkat lanskap akan lebih mudah diakses jika hal ini tidak ada pemisahan divisi pemerangkapan pada pertanian dan kehutanan.

Oleh karena aktivitas pemerangkapan karbon cenderung memiliki dampak positif pada pengelolaan tanah dan air seperti pada hasil panen,²⁴¹ aspek paling terpenting dari pendanaan karbon yang diterapkan dalam pengelolaan tanah mungkin melayani sebagai “pengungkit” untuk menjalankan penerapan pertanian yang berkelanjutan yang telah memiliki keuntungan lainnya. Dari tahun 1945 hingga 1990, degradasi tanah di Afrika mengurangi produktivitas pertanian dengan estimasi 25 persen.²⁴² Dan sekitar 86 persen dari lahan di Afrika Sub-Sahara mengalami tekanan kelembapan.²⁴³ Mekanisme pembiayaan karbon efektif akan dapat membantu mengurangi frekuensi degradasi lahan. Tanah untuk pemenuhan pasar karbon memegang potensi besar untuk membantu meraih keseimbangan penting antara produktivitas intensif, melindungi sumber daya alam, dan membantu pembangunan pedesaan secara simultan

di beberapa komunitas termiskin di dunia. Pasar semacam itu belumlah siap. Permasalahan teknis memerlukan verifikasi, skala, dan kerangka waktu untuk dipecahkan. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) mengajukan fase pendekatan yang dimulai dengan pembangunan kapasitas dan dukungan finansial. Fase pertama akan mendemonstrasikan teknik, pendekatan pengawasan, mekanisme pembiayaan. Pada fase kedua, teknik karbon tanah akan digabungkan dengan pasar karbon yang terkait secara lebih luas.²⁴⁴

Pengalihan subsidi pertanian dapat menjadi mekanisme penting untuk mencapai lahan cerdas-iklim dan pengelolaan air

Negara-negara anggota dari Organisation for Economic Co-operation and Development (Organisasi untuk Pembangunan dan Kerja sama Ekonomi) memberikan \$258 miliar setiap tahunnya dalam mendukung para petani mereka, yang berjumlah 23 persen dari pendapatan petani.²⁴⁵ Dari dukungan ini, 60 persennya berdasarkan kuantitas komoditi tertentu yang dihasilkan dan pada masukan beragam dengan tanpa pembatasan penggunaan—hanya 2 persen untuk layanan nonkomoditi (seperti pembentukan batas penyangga untuk melindungi jalur air, melindungi jalur hijau atau melindungi hewan-hewan langka).

Pentingnya politik untuk perubahan iklim menawarkan kesempatan untuk mengubah skema subsidi, lebih memfokuskannya pada mitigasi dan adaptasi perubahan iklim yang juga akan menguntungkan tanah, air, dan sumber daya keragaman hayati domestik seperti pada peningkatan produktivitas ladang. Sebagai tambahan keuntungan langsung, pengalokasian sumber daya pada skala

tersebut akan mendemonstrasikan bagaimana teknik cerdas-iklim dapat diterapkan pada skala besar di dunia berkembang dan menarik kecerdikan pengusaha dan energi untuk menemukan jalan baru dalam memecahkan masalah teknis dan pemantauan yang akan muncul.

Uni Eropa telah mengubah Common Agricultural Policy (Kebijakan Pertanian Umum) sehingga dukungan pendapatan apa pun untuk petani harus memenuhi kebutuhan mereka akan lingkungan yang baik dan standar pertanian, dan dukungan pembangunan desa apa pun akan diukur sehingga memperbaiki kemampuan persaingan, pengelolaan lingkungan dan lahan, meningkatkan kualitas hidup, dan menambah diversifikasi. Melalui kategori dukungan pembangunan pedesaan, para petani dapat dikompensasi jika mereka memberikan layanan lingkungan jauh melebihi standar yang dimandatkan.²⁴⁶ Reformasi ini menjanjikan insiatif untuk awal loncatan cerdas-iklim dan para petani cerdas-pertanian dan kebijakan sumber daya alami, dan Uni Eropa dapat berfungsi sebagai dasar uji coba untuk mekanisme yang dapat diterapkan dalam pengelolaan lahan dan air pada dunia berkembang

Untuk menangani efek dari perubahan iklim pada sumber daya alami dan pengurangan emisi gas rumah kaca secara simultan, masyarakat perlu untuk menghasilkan lebih dari tanah dan air serta melindungi sumber daya mereka dengan lebih baik. Untuk menghasilkan lebih, mereka membutuhkan investasi lebih pada pengelolaan air dan pertanian, khususnya pada negara-negara berkembang. Untuk pertanian berarti investasi pada jalan dan penelitian dan pengembangan sama baiknya dengan

penerapan kebijakan dan institusi yang lebih baik. Untuk air, berarti penggunaan alat pengambilan keputusan baru dan data yang lebih baik, memperkuat kebijakan dan institusi, dan berinvestasi pada infrastruktur. Penambahan harga yang diperkirakan dari produksi pertanian akan memberikan para petani dan pengguna sumber daya lainnya pendapatan untuk inovasi dan investasi. Akan tetapi penambahan keuntungan akan menambah insentif untuk mengeksploitasi secara berlebihan sumber daya. Perlindungan memerlukan peningkatan yang sama besarnya seperti usaha dalam produksi.

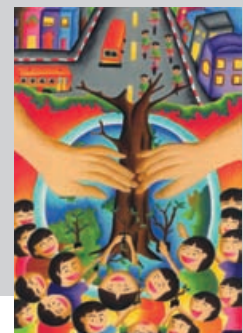
Sejumlah alat, teknik dan pendekatan yang ada dapat membantu para pengguna melindungi sumber daya dengan lebih baik. Akan tetapi para pengguna terkadang tidak memiliki insentif yang tepat untuk menerapkannya. Terdapat pemisahan dalam ruang dan waktu. Apa yang terbaik bagi para petani belum tentu menjadi terbaik untuk seluruh lanskap atau batas air. Apa yang optimal selama periode waktu yang pendek tidak optimal sepanjang dekade. Melakukan sesuatu dengan cara yang berbeda juga akan melibatkan untuk meminta para petani miskin dan para penambang pedesaan mengambil risiko yang mungkin tidak mereka inginkan.

Pemerintahan dan organisasi publik dapat menggunakan tiga tipe

tindakan untuk membuat insentif bagi para pengguna sumber daya agar lebih cerdas iklim. Pertama, mereka dapat menyediakan informasi sehingga masyarakat dapat membuat pilihan yang lebih terinformasi dan dapat menjalankan kesepakatan kerja sama. Hal ini dapat berupa informasi berteknologi tinggi. Kedua, mereka dapat menetapkan harga untuk kepemilikan kembali atau penyimpanan karbon di tanah. Jika dilakukan dengan benar, hal ini akan mengurangi risiko bagi para petani dalam menerapkan praktik baru. Hal ini juga membantu para pengguna sumber daya mempertimbangkan horizon waktu yang lebih panjang dalam keputusan mereka. Ketiga, mereka dapat mengizinkan subsidi pertanian, khususnya di negara-negara kaya, sehingga mereka dapat melakukan praktik pembangunan desa cerdas iklim. Subsidi ini dapat diubah untuk menunjukkan bagaimana teknik baru dapat diadopsi dalam skala besar, dan dapat digunakan untuk menciptakan tindakan individu yang lebih sesuai dengan lanskap secara keseluruhan. Terakhir, mereka dapat menarik kecerdikan dan kreativitas yang diperlukan untuk mencapai tindakan keseimbangan yang mulus dengan memberi pangan 9 miliar penduduk dunia, mengurangi emisi gas rumah kaca, dan melindungi basis sumber daya alami.

“Bumi kita menghadapi masalah lingkungan karena perilaku manusia—menebang pepohonan, polusi udara, penggunaan plastik yang sekali pakai dan tidak bisa didaur ulang, bahaya kimia pada pertanian....Penanaman pohon akan mengurangi CO₂,”

—Netpakaikarn Netwong, Thailand, umur 14



Catatan

1. Lihat misalnya Lotze-Campen dkk. 2009.
2. IPCC 2007b.
3. OECD 2008.
4. Burke dan Brown 2008; Burke, Brown, dan Christidis 2006.
5. Milly dkk. 2008; Barnett, Adam, dan Lettenmaier 2005.
6. de la Torre, Fajnzylber, dan Nash 2008.
7. World Water Assessment Programme 2009.
8. Perry dkk., akan diterbitkan.
9. World Water Assessment Programme 2009.
10. World Bank, akan terbit d.
11. World Bank, akan terbit d.
12. Molden 2007.
13. Milly dkk. 2008; Ritchie 2008; Young dan McColl 2005.
14. Sebagai lembaga pengelola sumber daya air di negara tersebut, pemerintah nasionalnya, bertindak melalui kementerian urusan air, harus memastikan bahwa air dilindungi, digunakan, dikembangkan, dilestarikan, dikelola, dan dikendalikan secara berkelanjutan dan merata, untuk manfaat seluruh masyarakat dan sesuai dengan mandat konstitusionalnya. Salman M. A. Salman, Staf World Bank, komunikasi pribadi, Juli 2009.
15. Dye dan Versfeld 2007.
16. Bates dkk. 2008.
17. Molle dan Berkoff 2007.
18. Molle dan Berkoff 2007; OECD 2009.
19. Olmstead, Hanemann, dan Stavins 2007.
20. Molle dan Berkoff 2007.
21. Asad dkk. 1999.
22. Bosworth dkk. 2002.
23. Lihat Murray Darling Basin Agreement Schedule E, http://www.mdbc.gov.au/about/the_mdbc_agreement.
24. Molle dan Berkoff 2007.
25. Rosegrant dan Binswanger 1994.
26. World Bank 2007b.
27. Bates dkk. 2008; Molden 2007.
28. Young dan McColl 2005.
29. <http://www.environment.gov.au/water/mdb/overallocation.html> (diakses 7 Mei 2009).
30. Molden 2007.
31. World Bank, akan terbit b.
32. World Bank, akan terbit b.
33. World Bank, akan terbit b.
34. Bhatia dkk. 2008.
35. Strzepek dkk. 2004.
36. World Commission on Dams 2000. Untuk pembahasan mengenai dampak-dampak High Dam di Aswan terhadap kesuburan tanah dan garis pesisir di Delta Sungai Nil, lihat Ritchie 2008.
37. World Water Assessment Programme 2009.
38. Danfoss Group Global. <http://www.danfoss.com/Solutions/Reverse+Osmosis/Case+stories.htm> (diakses 9 Mei 2009).
39. FAO 2004b.
40. Desalinasi juga memungkinkan bagi pertanian bernilai tinggi di berbagai bagian di dunia, misalnya Spanyol. Gobierno de España 2009.
41. World Water Assessment Programme 2009.
42. Molden 2007.
43. Molden 2007.
44. Molden 2007.
45. Rosegrant, Cai, dan Cline 2002.
46. Misalnya, lihat referensi kepada *Indian Financial Express* tanggal 1 Desember 2008, yang dikutip dalam Perry dkk., akan diterbitkan.
47. De Fraiture dan Perry 2007; Molden 2007; Ward dan Pulido-Velazquez 2008.

48. Perry dkk., akan diterbitkan.
49. Moller dkk. 2004; Perry dkk., akan terbit.
50. Perry dkk., akan terbit.
51. www.fieldlook.com (diakses 5 Mei 2009).
52. Perry dkk., akan terbit.
53. World Bank, akan terbit c.
54. Karbondioksida (CO_2) adalah input bagi fotosintesis, proses di mana tumbuhan menggunakan cahaya matahari untuk membentuk karbohidrat. Oleh karena itu, konsentrasi CO_2 yang lebih tinggi berdampak positif pada banyak tanaman, meningkatkan akumulasi biomassa dan hasil panen akhirnya. Selain itu, konsentrasi CO_2 yang lebih tinggi mengurangi bukaan stomata—stomata adalah pori-pori yang memungkinkan tumbuhan untuk bernapas dan mengeluarkan air—sehingga mengurangi jumlah air yang hilang. Tumbuhan yang dikelompokkan dalam tanaman C3, seperti beras, gandum, kedelai, kacang-kacangan, dan juga pohon-pohonan, harus mendapatkan lebih banyak manfaat dari tanaman C4, seperti jagung, millet, dan sorgum. Akan tetapi, eksperimen terkini di lapangan menunjukkan bahwa pengujian-pengujian di laboratorium di masa lampau telah melebihi-lebihkan efek positif ini. Sebagai contoh, suatu penelitian menunjukkan bahwa pada konsentrasi CO_2 sebesar 550 bpm, hasil panen meningkat sebesar 13 persen untuk gandum, bukan 31 persen; 14 persen untuk kedelai, bukan 32 persen; dan 0 persen, bukan 18 persen, untuk tanaman C4. Cline 2007. Oleh karena alasan inilah, grafik dalam bab ini hanya menunjukkan hasil panen tanpa fertilisasi CO_2 saja.
55. Easterling dkk. 2007.
56. EBRD dan FAO 2008.
57. Fay, Block, dan Ebinger 2010.
58. Suatu kekurangan dalam produksi pangan adalah situasi di mana cuaca menyebabkan potensi produksi tahunan dari tanaman-tanaman terpenting di suatu daerah administratif hanya kurang dari 50 persen dari tingkat produksi rata-rata daerah tersebut selama tahun 1961-1990. Lebih besarnya kemungkinan terjadinya kekurangan produksi ini di lebih dari suatu daerah dalam suatu tahun tertentu mungkin akan mengurangi potensi ekspor dari daerah-daerah lain untuk mengompensasi kekurangan produksi pangan ini, sehingga menimbulkan masalah-masalah dalam hal ketahanan pangan. Alcamo dkk. 2007.
59. Easterling dkk. 2007.
60. Cline 2007. Skenario emisi tingginya adalah skenario SRES A2 IPCC, yang di berbagai model menghasilkan peningkatan temperatur rata-rata sebesar $3,13^\circ\text{C}$ dari 2080 ke 2099 relatif terhadap 1980–99. Meehl dkk. 2007.
61. Lobell dkk. 2008.
62. Schmidhuber dan Tubiello 2007.
63. Didasarkan pada lima model iklim dan skenario emisi tinggi SRES A2. Fischer dkk. 2005.
64. Perhitungan didasarkan pada FAO 2009c.
65. IPCC 2007a.
66. Emisinya berasal dari konversi lahan yang tidak dikelola menjadi lahan pertanian, dan dari erosi tanah.
67. van der Werf dkk. 2008.
68. Steinfeld dkk. 2006.
69. Angka 18 persen ini menggabungkan kontribusi yang diestimasikan dari produksi hewan ternak terhadap emisi di beberapa kategori, seperti penggunaan lahan, alih fungsi lahan, dan kehutanan, untuk mendapatkan kontribusi total dari hewan ternak. Hal ini terdiri dari emisi gas-gas rumah kaca dari hewan ternak akibat alih fungsi lahan (36 persen); pengelolaan kotoran hewan (31

persen); emisi langsung dari hewan (25 persen); produksi pakan (7 persen); serta pemrosesan dan transportasi (1 persen). Steinfeld dkk. 2006.

70. IEA 2006. Estimasi ini mengasumsikan bahwa larangan perdagangan yang sekarang terus dijaga. Jika larangan-larangan tersebut berubah, khususnya yang melarang impor biofuel ke AS, akan terjadi pergeseran regional yang besar dalam produksi.

71. Gurgel, Reilly, dan Paltsev 2008.

72. NRC 2007; Tilman, Hill, dan Lehman 2006.

73. Beckett dan Oltjen 1993.

74. Hoekstra dan Chapagain 2007. Pimentel dkk. (2004) memberikan estimasi sebesar 43.000 liter per kilogram daging sapi.

75. Peden, Tadesse, dan Mammo 2004. Dalam sistem ini satu hewan ternak mengonsumsi 25 liter air per hari selama periode dua tahun untuk menghasilkan 125 kilogram berat badannya dan mengonsumsi residu tanaman pangan yang tidak membutuhkan tambahan input air.

76. Williams, Audsley, dan Sandars 2006. Terlebih lagi, beberapa sumber memberikan estimasi emisi yang lebih tinggi terhadap produksi daging—hingga 30 kilogram CO₂e per kilogram daging sapi yang diproduksi, misalnya Carlsson-Kanyama dan Gonzales 2009.

77. Randolph dkk. 2007; Rivera dkk. 2003.

78. Delgado dkk. 1999; Rosegrant dkk. 2001; Rosegrant, Fernandez, dan Sinha 2009; Thornton 2009; World Bank 2008e.

79. Suatu penelitian memproyeksikan bahwa total lahan pertanian yang “baik” dan “prima” yang tersedia akan tetap tidak berubah, masing-masing sebanyak 2,6 miliar dan 2 miliar hektar, di tahun 2080,

dibandingkan rata-rata tahun 1961–1990 (berdasarkan model iklim Hadley Centre HadCM3 dan mengasumsikan skenario emisi yang sangat tinggi, SRES A1F1). Fischer, Shah, dan van Velthuisen 2002; Parry dkk. 2004.

80. Lotze-Campen dkk. 2009.

81. Cassman 1999; Cassman dkk. 2003.

82. Calculated from FAO 2009c.

83. Diaz dan Rosenberg 2008.

84. Schoups dkk. 2005.

85. Delgado dkk. 1999.

86. Hazell 2003.

87. Hazell 2003; Rosegrant dan Hazell 2000.

88. Pingali dan Rosegrant 2001.

89. Reardon dkk. 1998.

90. Rosegrant dan Hazell 2000.

91. Rosegrant dan Hazell 2000.

92. Suatu bentuk produk pertanian khusus disebut sebagai makanan fungsional. Ini adalah produk-produk dalam bentuk makanan atau minuman yang memengaruhi fungsi-fungsi tubuh dan dengan demikian memberikan manfaat bagi kesehatan, kesejahteraan, atau kinerja di atas nilai nutrisi regulernya. Contohnya adalah makanan-makanan antioksidan, seperti guarana dan açai berry, nasi berwarna keemasan dan ketela yang berdaging oranye yang kaya vitamin A, margarin yang difortifikasi dengan sterol tumbuhan untuk memperbaiki tingkat kolesterol, dan telur dengan asam lemak omega-3 yang lebih banyak untuk menjaga kesehatan jantung. Kotilainen dkk. 2006.

93. Ziska 2008.

94. T. Christopher, “Can Weeds Help Solve the Climate Crisis?” *New York Times*, 28 Juni 2008.

95. Ziska dan McClung 2008.

96. UNEP-WCMC 2008. Di lautan, bagian dari total daerah yang dilindungi bahkan jauh lebih sedikit. Kira-kira 2,58

juta kilometer persegi, atau 0,65 persen dari lautan dunia dan 1,6 persen dari daerah kelautan total di dalam ZEE, adalah daerah kelautan yang dilindungi. Laffoley 2008.

97. Gaston dkk. 2008.

98. Hannah dkk. 2007.

99. Dudley dan Stolton 1999.

100. Struhsaker, Struhsaker, dan Siex 2005.

101. Scherr dan McNeely 2008; McNeely dan Scherr 2003.

102. van Buskirk dan Willi 2004.

103. McNeely dan Scherr 2008.

104. Chan dan Daily 2008.

105. Pohon-pohon kacang-kacangan mengandung nodul-nodul bakteri simbiotik yang mengikat nitrogen di atmosfer dan dengan demikian meningkatkan jumlah nutrisi di dalam tumbuhan tersebut dan juga di tanah.

106. McNeely dan Scherr 2003.

107. Ricketts dkk. 2008.

108. Klein dkk. 2007.

109. Lin, Perfecto, dan Vandermeer 2008.

110. World Bank 2008a.

111. World Bank 2008a.

112. Dari \$6 miliar yang dihabiskan per tahunnya untuk pengelolaan lahan dan penggunaan lahan untuk konservasi, sepertiganya dihabiskan di negara berkembang. Scherr dan McNeely 2008.

113. Suatu sistem penzanaan untuk konservasi yang lazim memungkinkan pembangunan di beberapa daerah dan membatasinya di daerah-daerah konservasi. Hak-hak pembangunan yang dapat diperdagangkan adalah suatu alternatif bagi penzanaan murni, yang memungkinkan dipertukarkannya daerah-daerah dalam rangka mencapai sasaran-sasaran konservasi dan memberikan insentif untuk kepatuhan terhadapnya. Sebagian pemilik lahan setuju untuk membatasi pembangunan—

yaitu pembatasan dalam hak-hak kepemilikannya—dengan ganti rugi uang. Sebagai contoh, suatu hukum negara dapat mewajibkan bahwa 20 persen dari setiap lahan swasta dikelola sebagai hutan alami. Para pemilik lahan diizinkan untuk membatasi hutannya melebihi batas 20 persen tadi hanya jika mereka membeli haknya dari pemilik lahan lain yang menjaga lebih dari 20 persen lahannya dalam bentuk hutan dan menjual hak-hak pembangunan atas “kelebihan” hutannya ini, yang secara tak terbalikkan menempatkannya dalam status hutan lindung. Chomitz 2004.

114. World Bank 2008c.

115. Alston dkk. 2000; World Bank 2007c.

116. Beintema dan Stads 2008.

117. IAASTD 2009.

118. Blaise, Majumdar, dan Tekale 2005; Govaerts, Sayre, dan Deckers 2005; Kosgei dkk. 2007; Su dkk. 2007.

119. Thierfelder, Amezcuita, dan Stahr 2005; Zhang dkk. 2007.

120. Franzluebbbers 2002.

121. Govaerts dkk. 2009.

122. Derpsch dan Friedrich 2009.

123. Derpsch 2007; Hobbs, Sayre, dan Gupta 2008.

124. World Bank 2005.

125. Derpsch dan Friedrich 2009; Erenstein dan Laxmi 2008.

126. Erenstein 2009.

127. Erenstein dkk. 2008.

128. de la Torre, Fajnzylber, dan Nash 2008.

129. Passioura 2006.

130. Yan dkk. 2009.

131. Thornton 2009.

132. Smith dkk. 2009.

133. Doraiswamy dkk. 2007; Perez dkk. 2007; Singh 2005.

134. Misalnya penyimpanan briket urea atau supergranula di tempat yang sangat dalam.

135. Singh 2005.
136. Singh 2005.
137. Poulton, Kydd, dan Dorward 2006; Dorward dkk. 2004; Pender dan Mertz 2006.
138. Hofmann dan Schellnhuber 2009; Sabine dkk. 2004.
139. Hansen dkk. 2005.
140. FAO 2009e.
141. FAO 2009e.
142. Delgado dkk. 2003.
143. FAO 2009e.
144. Arkema, Abramson, dan Dewsbury 2006.
145. Smith, Gilmour, dan Heyward 2008.
146. Gordon 2007.
147. Armada, White, dan Christie 2009.
148. Pitcher dkk. 2009.
149. OECD 2008; World Bank 2008d.
150. FAO 2009e.
151. World Bank 2008d.
152. Costello, Gaines, dan Lynham 2008; Hardin 1968; Hilborn 2007a; Hilborn 2007b.
153. FAO 2009c. Ikan dan makanan laut mencakup ikan dan invertebrata air laut dan air tawar. Proten hewani total mencakup yang di atas, ditambah dengan seluruh daging hewan di darat, susu, dan produk-produk hewani lainnya. Datanya adalah untuk 2003.
154. PBB 2009.
155. FAO 2009c (data 2003).
156. FAO 2009e.
157. FAO 2009e.
158. World Bank 2006.
159. De Silva dan Soto 2009.
160. De Silva dan Soto 2009.
161. FAO 2004a.
162. Gyllenhammar dan Hakanson 2005.
163. Deutsch dkk. 2007.
164. Gatlin dkk. 2007.
165. Tacon, Hasan, dan Subasinghe 2006.
166. Tacon, Hasan, dan Subasinghe 2006.
167. Naylor dkk. 2000.
168. Primavera 1997.
169. Tal dkk. 2009.
170. Naylor dkk. 2000.
171. FAO 2001; Lightfoot 1990.
172. Delgado dkk. 2003.
173. FAO 2009b.
174. Misalnya, Cina dan Nepal bukanlah pihak-pihak yang termasuk dalam kesepakatan antara Bangladesh dengan India untuk air di cekungan Gangga dan tidak mendapatkan alokasi apa pun.
175. Salman 2007.
176. Qaddumi 2008.
177. Kurien 2005.
178. FAO 2009e.
179. Duda dan Sherman 2002.
180. FAO 2009d; Sundby dan Nakken 2008.
181. Lodge 2007.
182. BCLMEProgramme 2007.
183. GEF 2009.
184. World Bank 2009.
185. Fischer dkk. 2005.
186. Rosegrant, Fernandez, dan Sinha 2009.
187. Easterling dkk. 2007.
188. FAO 2008.
189. Mitchell 2008. Guncangan iklim telah menciptakan kebijakan-kebijakan perdagangan restriktif dan juga memperparah kenaikan harga di masa lalu, sebagai contoh, lihat Battisti dan Naylor 2009.
190. World Bank 2009.
191. World Bank 2009.
192. von Braun dkk. 2008.
193. Bouet dan Laborde 2008.
194. Isu-isu lainnya membutuhkan penelaahan kasus per kasus, seperti pengecualian dari potongan tarif untuk

- produk-produk khusus, sebagaimana yang diupayakan oleh negara-negara berkembang untuk produk-produk yang penting bagi ketahanan pangan, ketahanan penghidupan, dan pembangunan pedesaan. World Bank 2007c.
195. WMO 2000.
 196. Xiaofeng 2007.
 197. PBB 2004.
 198. "Africa's Weather Stations Need 'Major Effort,'" Science dan Development Network. www.SciDev.net, 7 November, 2006.
 199. WMO 2007.
 200. Barnston dkk. 2005; Mason 2008.
 201. Moron dkk., akan terbit; Moron, Robertson, dan Boer 2009; Moron, Robertson, dan Ward 2006; Moron, Robertson, dan Ward 2007.
 202. Sivakumar dan Hansen 2007.
 203. Patt, Suarez, dan Gwata 2005.
 204. Bastiaanssen 1998; Menenti 2000.
 205. WaterWatch, www.waterwatch.nl (diakses 9 Mei 2009).
 206. Bastiaansen, W., WaterWatch, komunikasi pribadi, Mei 2009.
 207. <http://www.globalsoilmap.net/> (diakses 15 Mei 2009).
 208. Bindlish, Crow, dan Jackson 2009; Frappart dkk. 2006; Turner dkk. 2003.
 209. Bouma, van der Woerd, dan Kulik 2009.
 210. UNESCO 2007.
 211. World Bank 2008d.
 212. Kumar 2004.
 213. World Bank 2007a.
 214. World Bank, akan terbit b.
 215. World Bank 2008b.
 216. World Bank 2008b.
 217. Mitchell 2008.
 218. Zilberman dkk. 2008.
 219. Rosegrant, Fernandez, dan Sinha 2009.
 220. Parry dkk. 1999; Parry, Rosenzweig, dan Livermore 2005; Rosenzweig dkk. 2001.
 221. Rosenzweig dkk. 2001.
 222. Parry dkk. 2004.
 223. Fischer dkk. 2005; Parry dkk. 1999; Parry dkk. 2004; Parry 2007; Parry, Rosenzweig, dan Livermore 2005; Schmidhuber dan Tubiello 2007.
 224. Dawe 2008; Robles dan Torero, akan terbit; Simler 2009.
 225. McKinsey & Company 2009.
 226. Perez dkk. 2007.
 227. Smith dkk. 2009.
 228. Aliran dana bantuan pembangunan resmi ke Afrika dari 1996 hingga 2004 adalah sekitar \$1,30 miliar per tahun: World Bank 2007c.
 229. Perez dkk. 2007.
 230. McKinsey & Company 2009.
 231. Manfaat dari sekuestrasi (penangkapan) dari aktivitas-aktivitas tersebut akan diperbarui secara rutin berdasarkan pendekatan-pendekatan berbasis model serta pengukuran yang paling canggih.
 232. West dan Post 2002.
 233. Rochette dkk. 2008.
 234. Johnston dkk. 2004.
 235. Sullivan dkk. 2004.
 236. Dalam Conservation Reserve Program, bagaimanapun juga, para tuan tanah mengajukan penawaran harga atas pembayarannya dan pemerintah menolak atau menerima tawaran tersebut, yang cukup berbeda dibandingkan pasar perdagangan emisi karbon.
 237. McKinsey & Company 2009.
 238. Tschakert 2004.
 239. Alston dkk. 2000.
 240. Chicago Climate Exchange, <http://www.chicagoclimatex.com/index.jsf> (diakses 10 Februari 2009).
 241. Lal 2005.
 242. UNEP 1990.
 243. Swift dan Shepherd 2007.

244. FAO 2009a.
245. OECD 2008.
246. http://ec.europa.eu/agriculture/capreform/infosheets/crocom_en.pdf (diakses 12 Mei 2009).

Referensi

- Alcamo, J., N. Dronin, M. Endejan, G. Golubev, dan A. Kirilenko. 2007. "A New Assessment of Climate Change Impacts on Food Production Shortfalls and Water Availability in Russia." *Global Environmental Change* 17 (3–4): 429–44.
- Alston, J. M., C. Chan-Kang, M. C. Marra, P. G. Pardey, dan T. Wyatt. 2000. *A Meta-Analysis of Rates of Return to Agricultural R&D: Ex Pede Herculem?* Washington, DC: International Food Policy Research Institute.
- Arango, H. 2003. *Planificación Predial Participativa, Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria*. Cali, Colombia: Fundación CIPAV, Ingeniero Agrícola.
- Arkema, K. K., S. C. Abramson, dan B. M. Dewsbury. 2006. "Marine Ecosystem-Based Management: From Characterization to Implementation." *Ecology and the Environment* 4 (10): 525–32.
- Armada, N., A. T. White, dan P. Christie. 2009. "Managing Fisheries Resources in Danajon Bank, Bohol, Philippines: An Ecosystem-Based Approach." *Coastal Management* 307 (3–4): 308–30.
- Asad, M., L. G. Azevedo, K. E. Kemper, dan L. D. Simpson. 1999. "Management of Water Resources: Bulk Water Pricing in Brazil." Technical Paper 432, World Bank, Washington, DC.
- Barnett, T. P., J. C. Adam, dan D. P. Lettenmaier. 2005. "Potential Impacts of a Warming Climate on Water Availability in Snow-dominated Regions." *Nature* 438: 303–09.
- Barnston, A. G., A. Kumar, L. Goddard, dan M. P. Hoerling. 2005. "Improving Seasonal Prediction Practices through Attribution of Climate Variability." *Bulletin of the American Meteorological Society* 86 (1): 59–72.
- Bastiaanssen, W. G. M. 1998. *Remote Sensing in Water Resources Management: The State of the Art*. Colombo: International Water Management Institute.
- Bates, B., Z. W. Kundzewicz, S. Wu, dan J. Palutikof. 2008. "Climate Change and Water." Technical Paper, Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.
- Battisti, D. S., dan R. L. Naylor. 2009. "Historical Warnings of Future Food Insecurity with Unprecedented Seasonal Heat." *Science* 323 (5911): 240–44.
- BCLME Programme. 2007. "The Changing State of the Benguela Current Large Marine Ecosystem." Paper presented at the Expert Workshop on Climate Change and Variability and Impacts Thereof in the BCLME Region, May 15. Kirstenbosch Research Centre, Cape Town.
- Beckett, J. L., dan J. W. Oltjen. 1993. "Estimation of the Water Requirement for Beef Production in the United States." *Journal of Animal Science* 7 (4): 818–26.
- Beintema, N. M., dan G.-J. Stads. 2008. "Measuring Agricultural Research Investments: A Revised Global Picture." Agricultural Science and Technology Indicators Background Note, International Food Policy

- Research Institute, Washington, DC.
- Benbrook, C. 2001. "Do GM Crops Mean Less Pesticide Use?" *Pesticide Outlook* 12 (5): 204–07.
- Bhatia, R., R. Cestti, M. Scatasta, dan R. P. S. Malik. 2008. *Indirect Economic Impacts of Dams: Case Studies from India, Egypt and Brazil*. New Delhi: Academic Foundation.
- Bindlish, R., W. T. Crow, dan T. J. Jackson. 2009. "Role of Passive Microwave Remote Sensing in Improving Flood Forecasts." *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters* 6 (1): 112–16.
- Blaise, D., G. Majumdar, dan K. U. Tekale. 2005. "On-Farm Evaluation of Fertilizer Application and Conservation Tillage on Productivity of Cotton and Pigeonpea Strip Intercropping on Rainfed Vertisols of Central India." *Soil and Tillage Research* 84 (1): 108–17.
- Bosworth, B., G. Cornish, C. Perry, dan F. van Steenberg. 2002. *Water Charging in Irrigated Agriculture: Lessons from the Literature*. Wallingford, UK: HRWallingford Ltd.
- Bouët, A., dan D. Laborde. 2008. "The Cost of a Non-Doha." Briefing note, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Bouma, J. A., H. J. van der Woerd, dan O. J. Kulik. 2009. "Assessing the Value of Information for Water Quality Management in the North Sea." *Journal of Environmental Management* 90 (2): 1280–88.
- Burke, E. J., dan S. J. Brown. 2008. "Evaluating Uncertainties in the Projection of Future Drought." *Journal of Hydrometeorology* 9 (2): 292–99.
- Burke, E. J., S. J. Brown, dan N. Christidis. 2006. "Modeling the Recent Evolution of Global Drought and Projections for the 21st Century with the Hadley Centre Climate Model." *Journal of Hydrometeorology* 7: 1113–25.
- Butler, R. A., L. P. Koh, dan J. Ghazoul. Akan terbit. "REDD in the Red: Palm Oil Could Undermine Carbon Payment Schemes." *Conservation Letters*.
- Carlsson-Kanyama, A., dan A. D. Gonzales. 2009. "Potential Contributions of Food Consumption Patterns to Climate Change." *American Journal of Clinical Nutrition* 89 (5):1704S–09S.
- Cassman, K. G. 1999. "Ecological Intensification of Cereal Production Systems: Yield Potential, Soil Quality, and Precision Agriculture." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 96 (11): 5952–59.
- Cassman, K. G., A. Dobermann, D. T. Walters, dan H. Yang. 2003. "Meeting Cereal Demand While Protecting Natural Resources and Improving Environmental Quality." *Annual Review of Environment and Resources* 28: 315–58.
- CEDARE (Center for Environment and Development in the Arab Region and Europe). 2006. *Water Conflicts and Conflict Management Mechanisms in the Middle East and North Africa Region*. Cairo: CEDARE.
- Chan, K. M. A., dan G. C. Daily. 2008. "The Payoff of Conservation Investments in Tropical Countryside." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (49): 19342–47.

- Chomitz, K. M. 2004. "Transferable Development Rights and Forest Protection: An Exploratory Analysis." *International Regional Science Review* 27 (3): 348–73.
- Cline, W. R. 2007. *Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country*. Washington, DC: Center for Global Development and Peterson Institute for International Economics.
- Costello, C., S. D. Gaines, dan J. Lynham. 2008. "Can Catch Shares Prevent Fisheries Collapse?" *Science* 321 (5896): 1678–81.
- Dawe, D. 2008. "Have Recent Increases in International Cereal Prices Been Transmitted to Domestic Economies? The Experience in Seven Large Asian Countries." Agricultural Development Economics Division Working Paper 08-03, Food and Agriculture Organization, Rome.
- De Fraiture, C., dan C. Perry. 2007. "Why Is Agricultural Water Demand Unresponsive at Low Price Ranges?" Dalam *Irrigation Water Pricing: The Gap between Theory and Practice*, ed. F. Molle dan J. Berkoff. Oxfordshire, UK: CAB International.
- de la Torre, A., P. Fajnzylber, dan J. Nash. 2008. *Low Carbon, High Growth: Latin American Responses to Climate Change*. Washington, DC: World Bank.
- De Silva, S., dan D. Soto. 2009. "Climate Change and Aquaculture: Potential Impacts, Adaptation and Mitigation." Technical Paper 530, Food and Agriculture Organization, Rome.
- Delgado, C. L., M. W. Rosegrant, H. Steinfeld, S. Ehui, dan C. Courbois. 1999. "Livestock to 2020: The Next Food Revolution." Food, Agriculture, and Environment Discussion Paper 28, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Delgado, C. L., N. Wada, M. Rosegrant, S. Meijer, dan M. Ahmed. 2003. *Outlook for Fish to 2020: Meeting Global Demand*. Washington, DC: International Food Policy Research Institute.
- Derpsch, R. 2007. "No-Tillage and Conservation Agriculture: A Progress Report." Dalam *No-Till Farming Systems*, T. Goddard, M. A. Zebisch, Y. T. Gan, W. Elli, A. Watson, dan S. Sombatpanit (para editor). Bangkok: World Association of Soil and Water Conservation.
- Derpsch, R., dan T. Friedrich. 2009. "Global Overview of Conservation Agriculture Adoption." Dalam *Lead Papers 4th World Congress on Conservation Agriculture*. New Delhi: World Congress on Conservation Agriculture.
- Deutsch, L., S. Graslund, C. Folke, M. Troell, M. Huitric, N. Kautsky, dan L. Lebel. 2007. "Feeding Aquaculture Growth through Globalization: Exploitation of Marine Ecosystems for Fishmeal." *Global Environmental Change* 17 (2): 238–49.
- Diaz, R. J., dan R. Rosenberg. 2008. "Spreading Dead Zones and Consequences for Marine Ecosystems." *Science* 321 (5891): 926–29.
- Doraiswamy, P., G. McCarty, E. Hunt, R. Yost, M. Doumbia, dan A. Franzluebbers. 2007. "Modeling Soil Carbon Sequestration in Agricultural Lands of Mali." *Agricultural Systems* 94 (1): 63–74.

- Dorward, A., S. Fan, J. Kydd, H. Lofgren, J. Morrison, C. Poulton, N. Rao, L. Smith, H. Tchale, S. Thorat, I. Urey, dan P. Wobst. 2004. "Institutions and Policies for Pro-Poor Agricultural Growth." *Development Policy Review* 22 (6): 611–22.
- Duda, A. M., dan K. Sherman. 2002. "A New Imperative for Improving Management of Large Marine Ecosystems." *Ocean and Coastal Management* 45: 797–833.
- Dudley, N., dan S. Stolton. 1999. *Conversion of "Paper Parks" to Effective Management: Developing a Target*. Gland, Switzerland: Report to the WWF-World Bank Alliance from the International Union for the Conservation of Nature and WWF, Forest Innovation Project.
- Dye, P., dan D. Versfeld. 2007. "Managing the Hydrological Impacts of South African Plantation Forests: An Overview." *Forest Ecology and Management* 251 (1–2): 121–28.
- Easterling, W., P. Aggarwal, P. Batima, K. Brander, L. Erda, M. Howden, A. Kirilenko, J. Morton, J.-F. Soussana, J. Schmidhuber, dan F. Tubiello. 2007. "Food, Fibre and Forest Products." Dalam *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, dan C. E. Hanson (para editor). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- EBRD (European Bank for Reconstruction and Development) dan FAO (Food and Agriculture Organization). 2008. "Fighting Food Inflation through Sustainable Investment." EBRD and FAO, London.
- Erenstein, O. 2009. "Adoption and Impact of Conservation Agriculture Based Resource Conserving Technologies in South Asia." Dalam *Lead Papers, 4th World Congress on Conservation Agriculture, 4–7 Februari 2009, New Delhi, India*. New Delhi: WCCA.
- Erenstein, O., U. Farooq, R. K. Malik, dan M. Sharif. 2008. "On-Farm Impacts of Zero Tillage Wheat in South Asia's Rice-Wheat Systems." *Field Crops Research* 105 (3): 240–52.
- Erenstein, O., dan V. Laxmi. 2008. "Zero Tillage Impacts in India's Rice-Wheat Systems: A Review." *Soil and Tillage Research* 100 (1–2): 1–14.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2001. "Integrated Agriculture-Aquaculture." Fisheries Technical Paper 407, Rome.
- . 2004a. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2004*. Rome: FAO.
- . 2004b. "Water Desalination For Agricultural Applications." Land and Water Discussion Paper 5, FAO, Rome.
- . 2005. *Agricultural Biodiversity in FAO*. Rome: FAO.
- . 2008. *Food Outlook: Global Market Analysis*. Rome: FAO.
- . 2009a. "Anchoring Agriculture within a Copenhagen Agreement: A Policy Brief for UNFCCC Parties by FAO." FAO, Rome.
- . 2009b. "Aquastat." FAO, Rome.
- . 2009c. "FAOSTAT." FAO, Rome.
- . 2009d. "Fisheries and Aquaculture in a Changing Climate." FAO, Rome.

- . 2009e. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2008*. Rome: FAO.
- Fay, M., R. I. Block, dan J. Ebinger, ed. 2010. *Adapting to Climate Change in Europe and Central Asia*. Washington, DC: World Bank.
- Fischer, G., M. Shah, F. Tubiello, dan H. T. Van Velthuisen. 2005. "Socio-economic and Climate Change Impacts on Agriculture: An Integrated Assessment, 1990–2080." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360: 2067–83.
- Fischer, G., M. Shah, dan H. van Velthuisen. 2002. "Climate Change and Agricultural Vulnerability." Paper presented at the World Summit on Sustainable Development, Johannesburg.
- Franzluebbers, A. J. 2002. "Water Infiltration and Soil Structure Related to Organic Matter and Its Stratification with Depth." *Soil and Tillage Research* 66: 197–205.
- Frappart, F., K. D. Minh, J. L'Hermitte, A. Cazenave, G. Ramillien, T. Le Toan, dan N. Mognard-Campbell. 2006. "Water Volume Change in the Lower Mekong from Satellite Altimetry and Imagery Data." *Geophysical Journal International* 167 (2): 570–84.
- Gaston, K. J., S. F. Jackson, L. Cantu-Salazar, dan G. Cruz-Pinon. 2008. "The Ecological Performance of Protected Areas." *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 39: 93–113.
- Gatlin, D. M., F. T. Barrows, P. Brown, K. Dabrowski, T. G. Gaylord, R. W. Hardy, E. Herman, G. Hu, A. Krogdahl, R. Nelson, K. Overturf, M. Rust, W. Sealey, D. Skonberg, E. J. Souza, D. Stone, R. Wilson, dan E. Wurtele. 2007. "Expanding the Utilization of Sustainable Plant Products in Aquafeeds: A Review." *Aquaculture Research* 38 (6): 551–79.
- Gleick, P. 2008. *The World's Water 2008–2009: The Biennial Report on Freshwater Resources*. Washington, DC: Island Press.
- GEF (Global Environment Facility). 2009. *From Ridge to Reef: Water, Environment, and Community Security: GEF Action on Transboundary Water Resources*. Washington, DC: GEF.
- Gobierno de España. 2009. *La Desalinización en España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Gordon, I. J. 2007. "Linking Land to Ocean: Feedbacks in the Management of Socio-Ecological Systems in the Great Barrier Reef Catchments." *Hydrobiologia* 591 (1): 25–33.
- Govaerts, B., K. Sayre, dan J. Deckers. 2005. "Stable High Yields With Zero Tillage and Permanent Bed Planting?" *Field Crops Research* 94: 33–42.
- Govaerts, B., N. Verhulst, A. Castellanos-Navarrete, K. D. Sayre, J. Dixon, dan L. Dendooven. 2009. "Conservation Agriculture and Soil Carbon Sequestration: Between Myth and Farmer Reality." *Critical Reviews in Plant Sciences* 28 (3): 97–122.
- Groves, D. G., M. Davis, R. Wilkinson, dan R. Lempert. 2008. "Planning for Climate Change in the Inland Empire: Southern California." *Water Resources Impact* 10 (4): 14–17.
- Groves, D. G., dan R. J. Lempert. 2007. "A New Analytic Method for

- Finding Policy-Relevant Scenarios." *Global Environmental Change* 17 (1): 73–85.
- Groves, D. G., D. Yates, dan C. Tebaldi. 2008. "Developing and Applying Uncertain Global Climate Change Projections for Regional Water Management Planning." *Water Resources Research* 44 (12): 1–16.
- Gruere, G. P., P. Mehta-Bhatt, dan D. Sengupta. 2008. "Bt Cotton and Farmer Suicides in India: Reviewing the Evidence." Discussion Paper 00808, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Gurgel, A. C., J. M. Reilly, dan S. Paltsev. 2008. *Potential Land Use Implications of a Global Biofuels Industry*. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology Joint Program on the Science and Policy of Global Change.
- Gyllenhammar, A., dan L. Hakanson. 2005. "Environmental Consequence Analyses of Fish Farm Emissions Related to Different Scales and Exemplified by Data from the Baltic: A Review." *Marine Environmental Research* 60: 211–43.
- Hannah, L., G. Midgley, S. Anelman, M. Araujo, G. Hughes, E. Martinez-Meyer, R. Pearson, dan P. Williams. 2007. "Protected Areas Needs in a Changing Climate." *Frontiers in Ecology and Evolution* 5 (3): 131–38.
- Hansen, J., L. Nazarenko, R. Ruedy, M. Sato, J. Willis, A. Del Genio, D. Koch, A. Lacis, K. Lo, S. Menon, T. Novakov, J. Perlwitz, G. Russell, G. A. Schmidt, dan N. Tausnev. 2005. "Earth's Energy Imbalance: Confirmation and Implications." *Science* 308 (5727): 1431–35.
- Hardin, G. 1968. "The Tragedy of the Commons." *Science* 162 (3859): 1243–48.
- Hazell, P. B. R. 2003. "The Green Revolution: Curse or Blessing?" Dalam *Oxford Encyclopedia of Economic History*, J. Mokyr (editor). New York: Oxford University Press.
- Henson, I. E. 2008. "The Carbon Cost of Palm Oil Production in Malaysia." *The Planter* 84: 445–64.
- Hilborn, R. 2007a. "Defining Success in Fisheries and Conflicts in Objectives." *Marine Policy* 31 (2): 153–58.
- . 2007b. "Moving to Sustainability by Learning from Successful Fisheries." *Ambio* 36 (4): 296–303.
- Hobbs, P. R., K. Sayre, dan R. Gupta. 2008. "The Role of Conservation Agriculture in Sustainable Agriculture." *Philosophical Transactions of the Royal Society* 363 (1491): 543–55.
- Hoekstra, A. Y., dan A. K. Chapagain. 2007. "Water Footprints of Nations: Water Use by People as a Function of Their Consumption Pattern." *Water Resources Management* 21 (1): 35–48.
- Hofmann, M., dan H.-J. Schellnhuber. 2009. "Oceanic Acidification Affects Marine Carbon Pump and Triggers Extended Marine Oxygen Holes." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (9): 3017–22.
- IAASTD (International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development). 2009. *Summary for Decision Makers of the Global Report*. Washington, DC: IAASTD.
- IEA (International Energy Agency). 2006. *World Energy Outlook 2006*. Paris: IEA.

- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007a. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC.
- . 2007b. "Summary for Policymakers." Dalam *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, dan L. A. Meyer (para editor). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- James, C. 2000. *Global Review of Commercialized Transgenic Crops*. Ithaca, NY: International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications.
- . 2007. *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2007*. Ithaca, NY: International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications.
- . 2008. *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2008*. Ithaca, NY: International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications.
- Johnston, C. A., P. Groffman, D. D. Breshears, Z. G. Cardon, W. Currie, W. Emanuel, J. Gaudinski, R. B. Jackson, K. Lajtha, K. Nadelhoffer, D. Nelson, W. MacPost, G. Retallack, dan L. Wielopolski. 2004. "Carbon Cycling in Soil." *Frontiers in Ecology and the Environment* 2 (10): 522–28.
- Kaonga, M. L., dan K. Coleman. 2008. "Modeling Soil Organic Carbon Turnover in Improved Fallows in Eastern Zambia Using the RothC-26.3 Model." *Forest Ecology and Management* 256 (5): 1160–66.
- Klein, A. M., B. E. Vaissiere, J. H. Cane, I. Steffan-Dewenter, S. A. Cunningham, C. Kremen, dan T. Tscharntke. 2007. "Importance of Pollinators in Changing Landscapes for World Crops." *Proceedings of the Royal Society* 274 (1608): 303–13.
- Koh, L. P., P. Levang, dan J. Ghazoul. Akan terbit. "Designer Landscapes for Sustainable Biofuels." *Trends in Ecology and Evolution*.
- Koh, L. P., dan D. S. Wilcove. 2009. "Is Oil Palm Agriculture Really Destroying Tropical Biodiversity?" *Conservation Letters* 1 (2): 60–64.
- Kosgei, J. R., G. P. W. Jewitt, V. M. Kongo, dan S. A. Lorentz. 2007. "The Influence Of Tillage on Field Scale Water Fluxes and Maize Yields in Semi-Arid Environments: A Case Study of Potshini Catchment, South Africa." *Physics and Chemistry of the Earth , Parts A/B/C* 32 (15–18): 1117–26.
- Kotilainen, L., R. Rajalahti, C. Ragasa, dan E. Pehu. 2006. "Health Enhancing Foods: Opportunities for Strengthening the Sector in Developing Countries." Agriculture and Rural Development Discussion Paper 30, World Bank, Washington, DC.
- Kumar, R. 2004. "eChoupals: A Study on the Financial Sustainability of Village Internet Centers in Rural Madhya Pradesh." *Information Technologies and International Development* 2 (1): 45–73.
- Kurien, J. 2005. "International Fish Trade and Food Security: Issues and Perspectives." Paper presented at the 31st Annual Conference of the International Association of Aquatic and Marine Science Libraries, Rome.

- Laffoley, D. d'A. 2008. "Towards Networks of Marine Protected Areas: The MPA Plan of Action for IUCN's World Commission on Protected Areas." International Union for Conservation of Nature, World Commission on Protected Areas, Gland, Switzerland.
- Lal, R. 2005. "Enhancing Crop Yields in the Developing Countries through Restoration of the Soil Organic Carbon Pool in Agricultural Lands." *Land Degradation and Development* 17 (2): 197–209.
- Lehmann, J. 2007a. "A Handful of Carbon." *Nature* 447: 143–44.
- . 2007b. "Bio-Energy in the Black." *Frontiers in Ecology and the Environment* 5 (7): 381–87.
- Lightfoot, C. 1990. "Integration of Aquaculture and Agriculture: A Route Towards Sustainable Farming Systems." *Naga: The ICLARM Quarterly* 13 (1): 9–12.
- Lin, B. B., I. Perfecto, dan J. Vandermeer. 2008. "Synergies between Agricultural Intensification and Climate Change Could Create Surprising Vulnerabilities for Crops." *BioScience* 58 (9): 847–54.
- Lobell, D. B., M. Burke, C. Tebaldi, M. D. Mastrandrea, W. P. Falcon, dan R. L. Naylor. 2008. "Prioritizing Climate Change Adaptation Needs for Food Security in 2030." *Science* 319 (5863): 607–10.
- Lodge, M. W. 2007. "Managing International Fisheries: Improving Fisheries Governance by Strengthening Regional Fisheries Management Organizations." Chatham House Energy, Environment and Development Programme Briefing Paper EEDPBP07/01, London.
- Lotze-Campen, H., A. Popp, J. P. Dietrich, dan M. Krause. 2009. "Competition for Land between Food, Bioenergy and Conservation." Background note for the WDR2010.
- Louati, Mohamed El Hedi. "Tunisia's Experience in Water Resource Mobilization and Management." Background note for the WDR2010.
- Mason, S. J. 2008. "Flowering Walnuts in the Wood' and Other Bases for Seasonal Climate Forecasting." Dalam *Seasonal Forecasts, Climatic Change and Human Health: Health and Climate*. M. C. Thomson, R. Garcia-Herrera, dan M. Beniston (para editor). Amsterdam: Springer Netherlands.
- McKinsey & Company. 2009. *Pathways to a Low-Carbon Economy: Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*. Washington, DC: McKinsey & Company.
- McNeely, J. A., dan S. J. Scherr. 2003. *Ecoagriculture: Strategies to Feed the World and Save Biodiversity*. Washington, DC: Island Press.
- Meehl, G. A., T. F. Stocker, W. D. Collins, P. Friedlingstein, A. T. Gaye, J. M. Gregory, A. Kitoh, R. Knutti, J. M. Murphy, A. Noda, S. C. B. Raper, I. G. Watterson, A. J. Weaver, dan Z.-C. Zhao. 2007. "Global Climate Projections." Dalam *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, dan H. L. Miller (para editor). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Menenti, M. 2000. "Evaporation." Dalam *Remote Sensing in Hydrology*

- and Water Management, G. A. Schultz dan E. T. Engman (para editor). Berlin: Springer-Verlag.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Biodiversity Synthesis*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Milly, P. C. D., J. Betancourt, M. Falkenmark, R. M. Hirsch, Z. W. Kundzewicz, D. P. Lettenmaier, dan R. J. Stouffer. 2008. "Stationarity Is Dead: Whither Water Management?" *Science* 319 (5863): 573–74.
- Milly, P. C. D., K. A. Dunne, dan A. V. Vecchia. 2005. "Global Pattern of Trends in Streamflow and Water Availability in a Changing Climate." *Nature* 438 (17): 347–50.
- Mitchell, D. 2008. "A Note on Rising Food Prices." Policy Research Working Paper 4682, World Bank, Washington, DC.
- Molden, D. 2007. *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. London: Earthscan and International Water Management Institute.
- Molle, F., dan J. Berkoff. 2007. *Irrigation Water Pricing: The Gap between Theory and Practice*. Wallingford, UK: CAB International.
- Moller, M., J. Tanny, Y. Li, dan S. Cohen. 2004. "Measuring and Predicting Evapotranspiration in an Insect-Proof Screenhouse." *Agricultural and Forest Meteorology* 127 (12): 35–51.
- Moron, V., A. Lucero, F. Hilario, B. Lyon, A. W. Robertson, dan D. DeWitt. Akan terbit. "Spatio-Temporal Variability and Predictability of Summer Monsoon Onset over the Philippines." *Climate Dynamics*.
- Moron, V., A. W. Robertson, dan R. Boer. 2009. "Spatial Coherence and Seasonal Predictability of Monsoon Onset over Indonesia." *Journal of Climate* 22 (3): 840–50.
- Moron, V., A. W. Robertson, dan M. N. Ward. 2006. "Seasonal Predictability and Spatial Coherence of Rainfall Characteristics in the Tropical Setting of Senegal." *Monthly Weather Review* 134 (11): 3248–62.
- . 2007. "Spatial Coherence of Tropical Rainfall at Regional Scale." *Journal of Climate* 20 (21): 5244–63.
- Müller, C., A. Bondeau, A. Popp, K. Waha, dan M. Fader. 2009. "Climate Change Impacts on Agricultural Yields." Background note for the WDR2010.
- NRC (National Research Council). 2007. *Water Implications of Biofuels Production in the United States*. Washington, DC: National Academies Press.
- Naylor, R. L., R. J. Goldberg, J. H. Primavera, N. Kautsky, M. C. M. Beveridge, J. Clay, C. Folke, J. Lubchenco, H. Mooney, dan M. Troell. 2000. "Effects of Aquaculture on World Fish Supplies." *Nature* 405 (6790): 1017–24.
- Normile, D. 2006. "Agricultural Research: Consortium Aims to Supercharge Rice Photosynthesis." *Science* 313 (5786): 423.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2008. *Agricultural Policies in OECD Countries: At a Glance 2008*. Paris: OECD.
- . 2009. *Managing Water for All: An OECD Perspective on Pricing and Financing*. Paris: OECD.
- Olmstead, S., W. M. Hanemann, dan R. N. Stavins. 2007. "Water Demand

- under Alternative Price Structures.” Working Paper 13573, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Parry, M. 2007. “The Implications of Climate Change for Crop Yields, Global Food Supply and Risk of Hunger.” *SAT e-Journal* 4 (1), Open Access e-Journal, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT). <http://www.icrisat.org/Journal/SpecialProject/sp14.pdf>.
- Parry, M., C. Rosenzweig, A. Iglesias, G. Fischer, dan M. Livermore. 1999. “Climate Change and World Food Security: A New Assessment.” *Global Environmental Change* 9 (S1): S51–S67.
- Parry, M., C. Rosenzweig, A. Iglesias, M. Livermore, dan G. Fischer. 2004. “Effects of Climate Change on Global Food Production under SRES Emissions and Socio-Economic Scenarios.” *Global Environmental Change* 14 (1): 53–67.
- Parry, M., C. Rosenzweig, dan M. Livermore. 2005. “Climate Change, Global Food Supply and Risk of Hunger.” *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 360 (1463): 2125–38.
- Passioura, J. 2006. “Increasing Crop Productivity When Water Is Scarce: From Breeding to Field Management.” *Agricultural Water Management* 80 (1-3): 176–96.
- Patt, A. G., P. Suarez, dan C. Gwata. 2005. “Effects of Seasonal Climate Forecasts and Participatory Workshops among Subsistence Farmers in Zimbabwe.” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102 (35): 12623–28.
- Peden, D., G. Tadesse, dan M. Mammo. 2004. “Improving the Water Productivity of Livestock: An Opportunity for Poverty Reduction.” Paper presented at the Integrated Water and Land Management Research and Capacity Building Priorities for Ethiopia Conference. Addis Ababa.
- Pender, J., dan O. Mertz. 2006. “Soil Fertility Depletion Sub-Saharan Africa: What Is the Role of Organic Agriculture.” Dalam *Global Development or Organic Agriculture: Challenges and Prospects*, ed. N. Halberg, H. F. Alroe, M. T. Knudsen, dan E. S. Kristensen. Wallingford, UK: CAB International.
- Perez, C., C. Roncoli, C. Neely, dan J. Steiner. 2007. “Can Carbon Sequestration Markets Benefit Low-Income Producers in Semi-Arid Africa? Potentials and Challenges.” *Agricultural Systems* 94 (1): 2–12.
- Perry, C., P. Steduto, R. G. Allen, dan C. M. Burt. Akan terbit. “Increasing Productivity in Irrigated Agriculture: Agronomic Constraints and Hydrological Realities.” *Agricultural Water Management*.
- Phipps, R., dan J. Park. 2002. “Environmental Benefits of Genetically Modified Crops: Global and European Perspectives on Their Ability to Reduce Pesticide Use.” *Journal of Animal and Feed Science* 11: 1–18.
- Pimentel, D., B. Berger, D. Filiberto, M. Newton, B. Wolfe, E. Karabinakis, S. Clark, E. Poon, E. Abbett, dan S. Nandagopal. 2004. “Water Resources: Agricultural and Environmental Issues.” *BioScience* 54 (10): 909–18.
- Pingali, P. L., dan M. W. Rosegrant. 2001. “Intensive Food Systems

- in Asia: Can the Degradation Problems Be Reversed?" Dalam *Tradeoffs or Synergies? Agricultural Intensification, Economic Development and the Environment*, ed. D. R. Lee dan C. B. Barrett. Wallingford, UK: CAB International.
- Pitcher, T., D. Kalikoski, K. Short, D. Varkey, dan G. Pramod. 2009. "An Evaluation of Progress in Implementing Ecosystem-Based Management of Fisheries in 33 Countries." *Marine Policy* 33 (2): 223–32.
- Poulton, C., J. Kydd, dan A. Dorward. 2006. "Increasing Fertilizer Use in Africa: What Have We Learned?" Discussion Paper 25, World Bank, Washington, DC.
- Primavera, J. H. 1997. "Socio-economic Impacts of Shrimp Culture." *Aquaculture Research* 28: 815–27.
- Qaddumi, H. 2008. "Practical Approaches to Transboundary Water Benefit Sharing." Working Paper 292, Overseas Development Institute, London.
- Randolph, T. F., E. Schelling, D. Grace, C. F. Nicholson, J. L. Leroy, D. C. Cole, M. W. Demment, A. Omere, J. Zinsstag, dan M. Ruel. 2007. "Invited Review: Role of Livestock in Human Nutrition and Health for Poverty Reduction in Developing Countries." *Journal of Animal Science* 85 (11): 2788–2800.
- Reardon, T., K. Stamoulis, M. E. Cruz, A. Balisacan, J. Berdugue, dan K. Savadogo. 1998. "Diversification of Household Incomes into Nonfarm Sources: Patterns, Determinants and Effects." Paper presented at the IFPRI/World Bank Conference on Strategies for Stimulating Growth of the Rural Nonfarm Economy in Developing Countries, Airlie House, Virginia.
- Ricketts, T. H., J. Regetz, I. Steffan-Dewenter, S. A. Cunningham, C. Kremen, A. Bogdanski, B. Gemmill-Herren, S. S. Greenleaf, A. M. Klein, M. M. Mayfield, L. A. Morandin, A. Ochieng, dan B. F. Viana. 2008. "Landscape Effects on Crop Pollination Services: Are There General Patterns?" *Ecology Letters* 11(5):499–515.
- Ritchie, J. E. 2008. "Land-Ocean Interactions: Human, Freshwater, Coastal and Ocean Interactions under Changing Environments." Paper presented at the Hydrology Expert Facility Workshop: Hydrologic Analysis to Inform Bank Policies and Projects: Bridging the Gap, November 24, Washington, DC.
- Rivera, J. A., C. Hotz, T. Gonzalez-Cossio, L. Neufeld, dan A. Garcia-Guerra. 2003. "The Effect of Micronutrient Deficiencies on Child Growth: A Review of Results from Community-Based Supplementation Trials." *Journal of Nutrition* 133 (11): 4010S–20S.
- Robles, M., dan M. Torero. Akan terbit. "Understanding the Impact of High Food Prices in Latin America." *Economia*.
- Rochette, P., D. A. Angers, M. H. Chantigny, dan N. Bertrand. 2008. "Nitrous Oxide Emissions Respond Differently to No-Till in a Loam and a Heavy Clay Soil." *Soil Science Society of America Journal* 72: 1363–69.
- Rosegrant, M. W., dan H. Binswanger. 1994. "Markets in Tradable Water Rights: Potential for Efficiency Gains in Developing Country Water Resource Allocation." *World Development* 22 (11): 1613–25.

- Rosegrant, M. W., X. Cai, dan S. Cline. 2002. *World Water and Food to 2025: Dealing with Scarcity*. Washington, DC: International Food Policy Research Institute.
- Rosegrant, M. W., S. A. Cline, dan R. A. Valmonte-Santos. 2007. "Global Water and Food Security: Emerging Issues." Dalam *Proceedings of the International Conference on Water for Irrigated Agriculture and the Environment: Finding a Flow for All*, ed. A. G. Brown. Canberra: ATSECrawford Fund.
- Rosegrant, M. W., M. Fernandez, dan A. Sinha. 2009. "Looking into the Future for Agriculture and KST." Dalam *IAASTD Global Report*, B. McIntyre, H. R. Herren, J. Wakhungu, dan R. T. Watson (para editor). Washington, DC: Island Press.
- Rosegrant, M. W., dan P. B. R. Hazell. 2000. *Transforming the Rural Asian Economy: The Unfinished Revolution*. New York: Oxford University Press.
- Rosegrant, M. W., M. Paisner, S. Meijer, dan J. Witcover. 2001. *Global Food Projections to 2020: Emerging Trends and Alternative Futures*. Washington, DC: International Food Policy Research Institute.
- Rosenzweig, C., A. Iglesias, X. Yang, P. R. Epstein, dan E. Chivian. 2001. "Climate Change and Extreme Weather Events: Implications for Food Production, Plant Diseases and Pests." *Global Change and Human Health* 2 (2): 90–104.
- Sabine, C. L., R. A. Feely, N. Gruber, R. M. Key, K. Lee, J. L. Bullister, R. Wanninkhof, C. S. Wong, D. W. R. Wallace, B. Tilbrook, F. J. Millero, T.-H. Peng, A. Kozyr, T. Ono, dan A. F. Rios. 2004. "The Oceanic Sink for Anthropogenic CO₂." *Science* 305: 367–71.
- Salman, S. M. A. 2007. "The United Nations Watercourses Convention Ten Years Later: Why Has Its Entry into Force Proven Difficult?" *Water International* 32 (1): 1–15.
- Scherr, S. J., dan J. A. McNeely. 2008. "Biodiversity Conservation and Agricultural Sustainability: Towards a New Paradigm of Ecoagriculture Landscapes." *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363: 477–94.
- Schmidhuber, J., dan F. N. Tubiello. 2007. "Global Food Security under Climate Change." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (50): 19703–08.
- Schoups, G., J. W. Hopmans, C. A. Young, J. A. Vrugt, W. W. Wallender, K. K. Tanji, dan S. Panday. 2005. "Sustainability of Irrigated Agriculture in the San Joaquin Valley, California." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102 (43): 15352–56.
- Shiklomanov, I. A. 1999. *World Water Resources: An Appraisal for the 21st Century*. Paris: UNESCO International Hydrological Programme.
- Shiklomanov, I. A., dan J. C. Rodda. 2003. *World Water Resources at the Beginning of the 21st Century*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Simler, K. R. 2009. "The Impact of Higher Food Prices on Poverty in Uganda." World Bank, Washington, DC.
- Singh, U. 2005. "Integrated Nitrogen Fertilization for Intensive and Sustainable Agriculture." *Journal of Crop Improvement* 15 (2): 259–88.

- Sivakumar, M. V. K., dan J. Hansen, ed. 2007. *Climate Prediction and Agriculture: Advances and Challenges*. New York: Springer.
- Smith, L. D., J. P. Gilmour, dan A. J. Heyward. 2008. "Resilience of Coral Communities on an Isolated System of Reefs Following Catastrophic Mass-bleaching." *Coral Reefs* 27 (1): 197–205.
- Smith, P., D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H. H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl, S. Ogle, F. O'Mara, C. Rice, R. J. Scholes, O. Sirotenko, M. Howden, T. McAllister, G. Pan, V. Romanenkov, U. Schneider, S. Towprayoon, M. Wattenbach, dan J. U. Smith. 2009. "Greenhouse Gas Mitigation in Agriculture." *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363: 789–813.
- Sohi, S., E. Lopez-Capel, E. Krull, dan R. Bol. 2009. *Biochar, Climate Change, and Soil: A Review to Guide Future Research*. Australia: CSIRO Land and Water Science Report 05/09.
- Steinfeld, H., P. Gerber, T. Wassenaar, V. Castel, M. Rosales, dan C. De Haan. 2006. *Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options*. Rome: Food and Agriculture Organization.
- Struhsaker, T. T., P. J. Struhsaker, dan K. S. Siex. 2005. "Conserving Africa's Rain Forests: Problems in Protected Areas and Possible Solutions." *Biological Conservation* 123 (1): 45–54.
- Strzepek, K., G. Yohe, R. S. J. Tol, dan M. W. Rosegrant. 2004. "Determining the Insurance Value of the High Aswan Dam for the Egyptian Economy." International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Su, Z., J. Zhang, W. Wu, D. Cai, J. Lv, G. Jiang, J. Huang, J. Gao, R. Hartmann, dan D. Gabriels. 2007. "Effects of Conservation Tillage Practices on Winter Wheat Water-Use Efficiency and Crop Yield on The Loess Plateau, China." *Agricultural Water Management* 87 (3): 307–14.
- Sullivan, P., D. Hellerstein, L. Hansen, R. Johansson, S. Koenig, R. Lubowski, W. McBride, D. McGranahan, M. Roberts, S. Vogel, dan S. Bucholtz. 2004. *The Conservation Reserve Program: Economic Implications for Rural America*. Washington, DC: United States Department of Agriculture.
- Sundby, S., dan O. Nakken. 2008. "Spatial Shifts in Spawning Habitats of Arcto-Norwegian Cod Related to Multidecadal Climate Oscillations and Climate Change." *ICES Journal of Marine Sciences* 65 (6): 953–62.
- Swift, M. J., dan K. D. Shepherd, ed. 2007. *Saving Africa's Soils: Science and Technology for Improved Soil Management in Africa*. Nairobi: World Agroforestry Centre.
- Tacon, A. G. J., M. R. Hasan, dan R. P. Subasinghe. 2006. "Use of Fishery Resources as Feed Inputs for Aquaculture Development: Trends and Policy." FAO Fisheries Circular 1018, Rome.
- Tal, Y., H. Schreier, K. R. Sowers, J. D. Stubblefield, A. R. Place, dan Y. Zohar. 2009. "Environmentally Sustainable Land-Based Marine Aquaculture." *Aquaculture* 286 (1–2): 28–35.
- Thierfelder, C., E. Amezquita, dan K. Stahr. 2005. "Effects of Intensifying Organic Manuring and Tillage Practices on Penetration Resistance

- and Infiltration Rate.” *Soil and Tillage Research* 82 (2): 211–26.
- Thornton, P. 2009. “The Inter-Linkage between Rapid Growth in Livestock Production, Climate Change, and the Impacts on Water Resources, Land Use, and Reforestation.” Background paper for the WDR2010.
- Tilman, D., J. Hill, dan C. Lehman. 2006. “Carbon-Negative Biofuels from Low-Input High-Diversity Grassland Biomass.” *Science* 314: 1598–1600.
- Tschakert, P. 2004. “The Costs of Soil Carbon Sequestration: An Economic Analysis for Small-Scale Farming Systems in Senegal.” *Agricultural Systems* 81: 227–53.
- Turner, W., S. Spector, N. Gardiner, M. Fladeland, E. Sterling, dan M. Steininger. 2003. “Remote Sensing for Biodiversity Science and Conservation.” *Trends in Ecology and Evolution* 18 (6): 306–14.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 1990. *Global Assessment of Soil Degradation*. New York: UNEP.
- UNEP-WCMC (World Conservation Monitoring Centre). 2008. *State of the World’s Protected Areas 2007: An Annual Review of Global Conservation Progress*. Cambridge, UK: UNEP-WCMC.
- UNESCO. 2007. “A Global Perspective On Research And Development.” Institute for Statistics Fact Sheet 5, UNESCO, Montreal.
- United Nations. 2004. *Guidelines for Reducing Flood Losses*. Geneva: United Nations Department of Economic and Social Affairs, United Nations International Strategy for Disaster Reduction, and the National Oceanic and Atmosphere Administration.
- , 2009. *World Population Prospects: The 2008 Revision*. New York: UN Department of Economic and Social Affairs.
- Van Buskirk, J., dan Y. Willi. 2004. “Enhancement of Farmland Biodiversity within Set-Aside Land.” *Conservation Biology* 18 (4): 987–94.
- van der Werf, G. R., J. Dempewolf, S. N. Trigg, J. T. Randerson, P. S. Kasibhatla, L. Giglio, D. Murdiyarso, W. Peters, D. C. Morton, G. J. Collatz, A. J. Dolman, dan R. S. DeFries. 2008. “Climate Regulation of Fire Emissions and Deforestation in Equatorial Asia.” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (51): 20350–55.
- Vassolo, S., dan P. Döll. 2005. “Global-Scale Gridded Estimates of Thermoelectric Power and Manufacturing Water Use.” *Water Resources Research* 41: W04010–doi:10.1029/2004WR003360.
- Venter, O., E. Meijaard, H. Possingham, R. Dennis, D. Sheil, S. Wich, L. Hovani, dan K. Wilson. 2009. “Carbon Payments as a Safeguard for Threatened Tropical Mammals.” *Conservation Letters* 2: 123–29.
- von Braun, J., A. Ahmed, K. Asenso-Okyere, S. Fan, A. Gulati, J. Hoddinott, R. Pandya-Lorch, M. W. Rosegrant, M. Ruel, M. Torero, T. van Rheenen, dan K. von Grebmer. 2008. “High Food Prices: The What, Who, and How of Proposed Policy Actions.” Policy brief, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Ward, F. A., dan M. Pulido-Velazquez. 2008. “Water Conservation in Irrigation Can Increase Water Use.” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (47):18215–20.

- Wardle, D. A., M-C. Nilsson, dan O. Zackrisson. 2008. "Fire-derived Charcoal Causes Loss of Forest Humus." *Science* 320 (5876): 629–29.
- West, P. O., dan W. M. Post. 2002. "Soil Organic Carbon Sequestration Rates by Tillage and Crop Rotation: A Global Data Analysis." *Soil Science Society of America Journal* 66: 1930–46.
- Williams, A. G., E. Audsley, dan D. L. Sandars. 2006. *Determining the Environmental Burdens and Resource Use in the Production of Agricultural and Horticultural Commodities*. London: Department for Environmental Food and Rural Affairs.
- Wise, M. A., K. V. Calvin, A. M. Thomson, L. E. Clarke, B. Bond-Lamberty, R. D. Sands, S. J. Smith, A. C. Janetos, dan J. A. Edmonds. 2009. "Implications of Limiting CO₂ Concentrations for Land Use and Energy." *Science* 324 (5931): 1183–86.
- Woelcke, J., dan T. Tennigkeit. 2009. "Harvesting Agricultural Carbon in Kenya." *Rural* 21 43 (1): 26–27.
- Wolf, D. 2008. "Biochar as a Soil Amendment: A Review of the Environmental Implications." Swansea University School of the Environment and Society, http://www.orgprints.org/13268/01/Biochar_as_a_soil_amendment_-_a_review.pdf (accessed July 15, 2009).
- World Bank. 2005. *Agriculture Investment Sourcebook*. Washington, DC: World Bank.
- . 2006. *Aquaculture: Changing the Face of the Waters: Meeting the Promise and Challenge of Sustainable Aquaculture*. Washington, DC: World Bank.
- . 2007a. "India Groundwater AAA Mid-term Review" (internal document), World Bank, Washington, DC.
- . 2007b. *Making the Most of Scarcity: Accountability for Better Water Management Results in the Middle East and North Africa*. Washington, DC: World Bank.
- . 2007c. *World Development Report 2008. Agriculture for Development*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008a. *Biodiversity, Climate Change and Adaptation: Nature-Based Solutions from the World Bank Portfolio*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008b. *China Water AAA: Addressing Water Scarcity*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008c. *Framework Document for a Global Food Crisis Response Program*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008d. *The Sunken Billions. The Economic Justification for Fisheries Reform*. Washington, DC: World Bank and FAO.
- . 2008e. *World Development Report 2009. Reshaping Economic Geography*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009. *Improving Food Security in Arab Countries*. Washington, DC: World Bank.
- . Akan terbit a. *Agriculture and Climate Change in Morocco*. Washington, DC: World Bank.
- . Akan terbit b. *Deep Wells and Prudence: Towards Pragmatic Action for Addressing Groundwater Overexploitation in India*. Washington, DC: World Bank.
- . Akan terbit c. *Projet de Modernisation de l'Agriculture*

- Irrigued Dans le Bassin de l'Oum Er Rbia. Mission d'Évaluation Aide Memoire*. Washington, DC: World Bank.
- . Akan terbit d. *Water and Climate Change: Understanding the Risks and Making Climate-Smart Investment Decisions*. Washington, DC: World Bank.
- World Commission on Dams. 2000. *Dams and Development: A New Framework for Decision Making*. London and Sterling, VA: Earthscan.
- WMO (World Meteorological Organization). 2000. "Fifth WMO Long-term Plan 2000-2009: Summary for Decision Makers." Geneva: WMO.
- . 2007. *Climate Information for Adaptation and Development Needs*. Geneva: WMO.
- World Water Assessment Programme. 2009. *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*. Paris and London: UNESCO and Earthscan.
- Xiaofeng, X. 2007. *Report on Surveying and Evaluating Benefits of China's Meteorological Service*. Beijing: China Meteorological Administration.
- Yan, X., H. Akiyama, K. Yagi, dan H. Akimoto. 2009. "Global Estimations of the Inventory and Mitigation Potential of Methane Emissions from Rice Cultivation Conducted Using the 2006 Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines." *Global Biogeochemical Cycles* 23: 1–15.
- Young, M., dan J. McColl. 2005. "Defining Tradable Water Entitlements and Allocations: A Robust System." *Canadian Water Resources Journal* 30 (1): 65–72.
- . Akan terbit. "A Robust Framework for the Allocation of Water in an Ever Changing World." Dalam H. Bjornlund, ed., *Incentives and Instruments for Sustainable Irrigation*. Southampton: WIT Press.
- Zhang, G. S., K. Y. Chan, A. Oates, D. P. Heenan, dan G. B. Huang. 2007. "Relationship between Soil Structure and Runoff/Soil Loss After 24 Years of Conservation Tillage." *Soil and Tillage Research* 92: 122–28.
- Zilberman, D., T. Sproul, D. Rajagopal, S. Sexton, dan P. Hellegers. 2008. "Rising Energy Prices and the Economics of Water in Agriculture." *Water Policy* 10: 11–21.
- Ziska, L. H. 2008. "Three-year Field Evaluation of Early and Late 20th Century Spring Wheat Cultivars to Projected Increases in Atmospheric Carbon Dioxide." *Field Crop Research* 108 (1): 54–59.
- Ziska, L. H., dan A. McClung. 2008. "Differential Response of Cultivated and Weedy (Red) Rice to Recent and Projected Increases in Atmospheric Carbon Dioxide." *Agronomy Journal* 100 (5): 1259–63.



Menyokong Pembangunan tanpa Membahayakan Iklim

Dengan perekonomian global diperkirakan akan meningkat empat kali lipat hingga pertengahan abad ini, emisi karbon dioksida (CO_2) yang terkait dengan energi, berdasarkan tren saat ini, akan naik lebih dari dua kali lipat, menempatkan dunia menuju pada lintasan berpotensi malapetaka yang akan meningkatkan suhu menjadi lebih panas dari 5°C daripada masa praindustri. Lintasan tersebut bukannya tidak dapat dihindari. Dengan tindakan global yang mengadopsi kebijakan yang tepat dan teknologi rendah karbon, terdapat cara untuk berpindah ke jalur yang lebih berkelanjutan yang membatasi pemanasan hingga maksimal 2°C . Dalam prosesnya, terdapat kesempatan untuk menciptakan keuntungan yang besar bagi pembangunan ekonomi dan sosial melalui penghematan energi, kesehatan

masyarakat yang lebih baik, jaminan kesehatan yang ditingkatkan, dan pembuatan lapangan kerja.

Jalur energi yang berkelanjutan tersebut membutuhkan tindakan yang segera oleh semua negara agar menjadi lebih efisien dari segi energi dan mencapai intensitas karbon yang jauh lebih rendah. Jalur tersebut membutuhkan perubahan dramatis dalam energi campuran dari bahan bakar fosil ke energi terbarukan dan, kemungkinan, nuklir, dan penggunaan penangkapan dan penyimpanan karbon secara luas (*carbon capture and storage—CCS*). Jalur tersebut juga membutuhkan kemajuan yang pesat dalam pengurangan biaya dan difusi teknologi dari energi terbarukan, upaya perlindungan dari limbah dan senjata nuklir, dan terobosan dalam teknologi dari baterai hingga penangkapan dan penyimpanan karbon. Hal ini membutuhkan perubahan fundamental dalam perkembangan ekonomi dan gaya hidup. Jika satu saja dari kebutuhan-kebutuhan ini tidak dipenuhi, maka menjaga peningkatan suhu mendekati 2°C di atas tingkat praindustri akan menjadi mustahil.

Dalam rangka menjaga batas pemanasan 2°C , emisi global akan memiliki puncak tidak lebih dari 2020 dan kemudian turun sebesar 50–80 persen

Pesan Kunci

Penyelesaian masalah perubahan iklim membutuhkan tindakan segera di semua negara dan transformasi fundamental dalam sistem energi—perbaikan signifikan pada efisiensi energi, perubahan dramatis menjadi energi terbarukan dan kemungkinan tenaga nuklir, dan penggunaan teknologi untuk menangkap dan menyimpan emisi karbon secara luas. Negara maju harus memimpin dan memotong secara drastis emisinya sendiri sebanyak 80 persen pada 2050, membawa teknologi baru ke pasar, dan membantu membiayai perubahan di negara-negara berkembang menuju jalur energi bersih. Akan tetapi juga pada ketertarikan negara-negara berkembang untuk melakukan aksi untuk menghindari keadaan terjebak dalam infrastruktur padat karbon. Banyak perubahan—seperti menghilangkan sinyal harga yang berdistorsi dan meningkatkan efisiensi energi—mempunyai dampak yang baik untuk pembangunan dan lingkungan.

dari tingkat yang sekarang pada 2050, dengan penurunan lebih lanjut hingga 2100 dan seterusnya. Menunda tindakan selama 10 tahun akan membuat mustahil pencapaian tujuan ini. Akibat inersia dalam pasokan modal energi, investasi selama beberapa dekade mendatang akan sangat menentukan emisi hingga 2050 dan seterusnya. Penundaan akan mengikat dunia dalam infrastruktur padat karbon, yang kemudian akan membutuhkan pembalikan (retrofit) yang mahal dan pembuangan secara prematur dari modal yang sudah ada.

Pemerintah seharusnya tidak menggunakan krisis keuangan saat ini sebagai alasan untuk menunda tindakan perubahan iklim. Krisis iklim masa depan akan lebih jauh memberikan dampak pada dunia perekonomian. Lesunya ekonomi kemungkinan akan menunda pertumbuhan bisnis—seperti-biasanya dalam emisi untuk beberapa tahun, namun tidak mungkin mengubahnya secara fundamental dalam jangka panjang. Sebaliknya, kelesuan perekonomian dapat menawarkan kesempatan pada pemerintah untuk menyediakan investasi stimulus bagi energi yang efisien dan bersih untuk memenuhi dua tujuan, yaitu merevitalisasi pertumbuhan ekonomi dan memitigasi perubahan iklim (Kotak 4.1).

Pemerintah sekarang dapat mengadopsi kebijakan domestik cerdas-iklim untuk menyebarkan teknologi rendah karbon yang telah ada, sementara perjanjian iklim global sedang dinegosiasikan. Efisiensi energi adalah sumber pengurangan emisi terbesar dan paling sedikit biayanya, didukung sepenuhnya oleh keuntungan perkembangan dan penghematan energi masa depan. Potensinya sangat besar baik pada sisi pasokan energi (seperti dalam

pembakaran batu bara, minyak, gas, serta produksi dan transmisi listrik) maupun pada sisi permintaan (penggunaan energi di rumah, peralatan, kendaraan, dan pabrik). Namun, fakta bahwa terdapat begitu banyak potensi efisiensi yang belum terlaksana menyatakan bahwa itu semua tidak mudah untuk direalisasikan. Mencapai penghematan energi yang signifikan kemungkinan membutuhkan peningkatan harga dan penghilangan subsidi bahan bakar fosil begitu juga dengan strategi untuk menaklukkan berbagai kegagalan pasar dan hambatan pasar dengan peraturan, insentif keuangan, reformasi institusional, dan mekanisme pendanaan yang efektif.

Sumber pengurangan emisi terbesar kedua adalah dari penggunaan bahan bakar dengan emisi sedikit hingga nol untuk pembangkit listrik—terutama energi terbarukan. Sebagian besar dari teknologi ini sekarang telah tersedia secara komersial, dengan keuntungannya digunakan untuk pembangunan, dan dapat disebarkan secara lebih luas di bawah kerangka kerja kebijakan yang tepat. Untuk menyesuaikan skalanya dibutuhkan penetapan harga pada karbon dan penyediaan insentif keuangan untuk menyebarkan teknologi rendah karbon. Dan meningkatkan skalanya akan membantu untuk mengurangi harganya dan membuatnya lebih bersaing.

Namun, solusi sama-sama untung ini (*win-win solution*), baik bagi pembangunan dan perubahan iklim, tidaklah cukup untuk tetap berada pada lintasan 2°C. Teknologi maju yang belum terbukti, seperti penangkapan dan penyimpanan karbon, dibutuhkan pada skala besar dan dengan segera. Hal tersebut akan membutuhkan peningkatan besar-besaran dalam hal penelitian, pengembangan, serta demonstrasi dan transfer dan pembagian teknologi untuk

mempercepat penyebaran ketersediaan dan penggunaan.

Seluruh perekonomian, mekanisme berbasis pasar, seperti sistem pembatasan dan perdagangan karbon (lihat Bab 6), adalah penting untuk menggalakkan investasi dan inovasi yang kuat dari sektor swasta untuk mencapai pemotongan emisi dengan biaya terendah. Di dalam pemerintah, dibutuhkan pendekatan yang terkoordinasi dan terintegrasi untuk memastikan kebijakan yang sesuai untuk mencapai ekonomi rendah karbon sambil meminimalkan konflik dan risiko gangguan sosial dan ekonomi.

Negara-negara maju harus menjadi pemimpin dalam berkomitmen untuk memotong emisi, menetapkan harga pada karbon, dan mengembangkan teknologi-teknologi maju. Ini adalah cara yang paling pasti untuk memicu stimulus investasi dalam teknologi yang dibutuhkan dan memastikan ketersediaannya dengan harga yang bersaing. Namun, jika negara-negara berkembang tidak ikut memulai transformasi sistem energinya ketika sistem tersebut terus tumbuh, menstabilkan iklim pada 2°C tidak akan tercapai. Transformasi tersebut membutuhkan transfer sumber pendanaan yang substansial dan teknologi rendah karbon dari negara maju ke negara berkembang.

Jalur mitigasi energi, dan pencampuran kebijakan dan teknologi yang diperlukan untuk meraihnya, akan berbeda di negara berpendapatan tinggi, menengah, dan rendah, bergantung pada struktur perekonomian, ketersediaan sumber daya, serta kapabilitas institusional dan teknisnya. Lusinan negara berpendapatan tinggi dan menengah menyumbangkan dua pertiga emisi energi global, dan pengurangan emisi mereka sangatlah penting untuk

KOTAK 4.1 *Krisis finansial menawarkan peluang untuk efisiensi dan energi bersih*

Krisis finansial membawa tantangan dan peluang untuk energi bersih. Penurunan tajam harga bahan bakar fosil membanggakan konservasi energi dan membuat energi terbarukan kurang bersaing. Lingkungan makroekonomi yang lemah dan kredit ketat akan menyebabkan rendahnya tingkat permintaan dan menurunnya investasi, dan energi terbarukan terpukul dikarenakan modal intensif alamnya (energi terbarukan adalah karakteristik dari biaya modal pertama tertinggi tetapi pengoperasian dan bahan bakar bernilai rendah). Hingga akhir seperempat tahun 2008, investasi energi bersih jatuh hingga lebih dari separuh dari nilai puncak di akhir tahun 2007.^a

Sehingga krisis finansial seharusnya tidak dijadikan alasan untuk menunda

tindakan perubahan iklim, untuk hal ini menawarkan peluang mengesampingkan ekonomi rendah karbon (lihat Bab 1). Pertama, investasi stimulus di dalam efisiensi energi, energi terbarukan, dan transportasi massal dan menciptakan pekerjaan serta membangun kapasitas produktivitas ekonomi.^b Kedua, jatuhnya nilai energi memberikan peluang unik didalam mengimplementasikan program untuk menghilangkan subsidi bahan bakar fosil di dalam ekonomi yang berkembang dan mengadopsi pajak bahan bakar di dalam ekonomi tingkat lanjut sebagai jalan sosial dan politik yang dapat diterima.

Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia berdasarkan:

a. World Economic Forum 2009.

b. Bowen dkk. 2009.

menstabilkan iklim. Bab ini menganalisis jalur mitigasi dan tantangan yang dihadapi oleh beberapa negara tersebut. Bab ini juga memperlihatkan portofolio instrumen kebijakan dan teknologi energi bersih untuk mengikuti lintasan 2°C.

Menyeimbangkan beragam tujuan yang bersaing

Kebijakan energi harus menyeimbangkan empat tujuan yang saling bersaing—melanjutkan pertumbuhan ekonomi, meningkatkan akses energi bagi dunia miskin, meningkatkan ketahanan energi, dan memperbaiki lingkungan lokal dan global—tujuan-tujuan ini sangatlah berat. Pembakaran bahan bakar fosil memproduksi sekitar 70 persen emisi gas rumah kaca¹ dan merupakan sumber utama polusi udara lokal, berbahaya bagi kesehatan publik. Terdapat banyak pilihan yang saling menguntungkan yang dapat memitigasi perubahan iklim dan mengurangi polusi udara lokal melalui pengurangan pembakaran bahan bakar fosil (Kotak 4.2). Pilihan

lain adalah perdagangan yang harus dipertimbangkan. Sebagai contoh, sulfur sering kali dihasilkan ketika membakar batu bara, dan merusak kesehatan manusia serta menyebabkan hujan asam; tetapi juga memiliki efek pendinginan lokal yang mengurangi pemanasan global.

Negara-negara berkembang memerlukan energi yang dapat diandalkan dan terjangkau untuk meningkatkan dan memperluas jasa bagi 1,6 miliar penduduk yang belum menikmati listrik, dan 2,6 miliar penduduk tanpa bahan bakar yang bersih untuk memasak. Meningkatkan akses ke jasa listrik dan bahan bakar untuk memasak yang bersih di banyak negara berkembang berpendapatan rendah, terutama di Asia Selatan dan Afrika Sub-Sahara, akan menambah kurang dari 2 persen emisi CO₂ global.² Mengganti penggunaan bahan bakar biomassa tradisional untuk memasak dan memanaskan dengan pasokan energi modern juga dapat mengurangi emisi karbon hitam—kontributor utama pemanasan global³—meningkatkan kesehatan kaum perempuan dan anak-anak yang jika tidak demikian akan terpapar polusi udara dalam ruangan yang tinggi akibat biomassa tradisional, dan mengurangi deforestasi dan degradasi lahan (lihat Bab 7, Kotak 7.10).⁴

Penyaluran energi juga menghadapi tantangan adaptasi. Peningkatan suhu seperti halnya menambah kebutuhan akan pendinginan dan mengurangi permintaan pemanasan.⁵ Kebutuhan tertinggi untuk sistem elektrik penyedia pendinginan, sama halnya dengan gelombang panas di Eropa pada tahun 2007. Iklim ekstrem diperhitungkan sekitar 13 persen dari variasi produktivitas

energi pada negara berkembang pada tahun 2005.⁶ Ketidaktanggungan atau perubahan pola presipitasi akan memengaruhi daya tahan pembangkit listrik tenaga air. Kekeringan dan gelombang panas akan memengaruhi ketersediaan dan suhu dari panas sumber mata air dan produksi energi nuklir,⁷ karena tanaman memerlukan pendinginan—seperti contoh kasus dari tegangan listrik di Prancis selama gelombang panas tahun 2007.

Tantangannya adalah untuk menyediakan layanan-layanan energi untuk pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan tanpa merusak iklim. Negara-negara berpendapatan rendah sekarang menyumbangkan hanya 3 persen dari permintaan energi dan emisi terkait energi. Walaupun permintaan energi mereka akan naik dengan meningkatnya pendapatan, emisi mereka diproyeksikan tetap hanya sebagian kecil dari emisi global pada 2050. Namun, negara-negara berpendapatan menengah, sebagian besar dengan ekonomi yang semakin berkembang dan banyak industri berat, menghadapi kebutuhan energi yang besar. Dan negara-negara maju memerlukan sejumlah besar energi untuk menjaga gaya hidup mereka tetap seperti sekarang.

Pilihan-pilihan energi rendah karbon secara substansial dapat meningkatkan ketahanan energi dengan mengurangi pemaparan terhadap gangguan dalam pasokan energi.⁸ Efisiensi energi dapat mengurangi permintaan energi, energi terbarukan mendiversifikasi campuran energi dan mengurangi paparan kejutan harga bahan bakar minyak.⁹

Namun, batu bara sebagai bahan bakar fosil paling intensif karbon, melimpah banyaknya di dekat banyak daerah pertumbuhan tinggi dan

KOTAK 4.2 *Energi efisien dan bersih yang baik bagi pembangunan*

Menghargai keuntungan sampingan efisiensi energi dan energi bersih bagi pembangunan—penghematan energi yang lebih banyak, polusi udara yang lebih sedikit, ketahanan energi yang lebih besar, lebih banyak pekerja di industri lokal, persaingan yang lebih baik dari produktivitas yang lebih tinggi—dapat membenarkan sebagian biaya mitigasi dan meningkatkan kebijakan hijau. Penghematan energi dapat membayar sebagian besar kebutuhan mitigasi.^a Tindakan tersebut memerlukan konsentrasi CO₂e sebesar 450 bpj yang diasosiasikan dengan menjaga pemanasan sebesar 2°C dapat mengurangi polusi udara lokal (sulfur dioksida dan nitrogen oksida) sebesar 20–35 persen dibandingkan dengan bisnis-

seperti-biasanya pada 2030.^b Pada 2006 industri energi terbarukan menciptakan 2,3 juta lapangan kerja di seluruh dunia (secara langsung maupun tidak), dan efisiensi energi menambahkan 8 juta lapangan kerja di Amerika Serikat.^c Program efisiensi energi dan inovasi teknologi di California selama 35 tahun ini telah meningkatkan produksi kotornya.^d

Banyak negara, maju dan berkembang, sedang mengatur sasaran dan kebijakannya bagi teknologi energi bersih (lihat tabel). Sebagian besar dari inisiatif ini didorong oleh keuntungan perkembangan domestik, namun juga dapat mengurangi emisi CO₂ secara substansial. Sasaran pemerintah China untuk mengurangi 20

persen intensitas energi dari 2005 hingga 2010 akan mengurangi emisi CO₂ sebesar 1,5 miliar ton pada 2010, pengurangan emisi paling agresif di dunia, lima kali lipat lebih tinggi dari pengurangan 300 juta ton di bawah komitmen EU Kyoto dan delapan kali lipat lebih banyak dari pengurangan 175 juta ton di bawah sasaran pengurangan emisi California.^e

Sumber:

- a. IEA 2008b; McKinsey & Company 2009a.
- b. IEA 2008c.
- c. EESI 2008;
- d. Roland-Holst 2008.
- e. Lin 2007.

Banyak negara yang memiliki rencana atau proposal nasional bagi energi dan perubahan iklim

Negara	Energi dan perubahan iklim	Energi terbarukan	Efisiensi energi	Transportasi
Uni Eropa	20 persen pengurangan emisi dari 1990 hingga 2020 (30 persen jika negara lain berkomitmen pada pengurangan substansial); 80 persen pengurangan dari 1990 hingga 2050	20 persen bauran energi primer pada 2020	20 persen penghematan energi dari kasus referensi pada 2020	10 persen bahan bakar transportasi dari biofuel pada 2020
Amerika Serikat	Pengurangan emisi ke tingkat 1990 pada 2020; 80 persen pengurangan dari 1990 hingga 2050	25 persen listrik pada 2025		Meningkatkan standar ekonomi bahan bakar menjadi 35 mil per galon pada 2016
Kanada	20 persen pengurangan dari 2006 hingga 2020			
Australia	15 persen pengurangan dari 2000 hingga 2020			
China	National Climate Change Plan dan White Paper for Policies and Actions for Climate Change, sekelompok pemimpin konservasi energi dan pengurangan emisi dibentuk, diketuai oleh perdana menteri	15 persen energi primer pada 2020	20 persen pengurangan intensitas energi dari 2005 hingga 2010	Standar ekonomi bahan bakar 35 mil per galon telah tercapai; berencana menjadi pemimpin dunia dalam kendaraan listrik; dan konstruksi massal kereta bawah tanah sedang dilakukan
India	National Action Plan on Climate Change: emisi per kapita tidak melebihi negara maju, dewan pertimbangan untuk perubahan iklim dibentuk, diketuai oleh perdana menteri	23 gigawatt kapasitas terbarukan pada 2012	10 gigawatt penghematan energi pada 2012	Kebijakan transportasi kota: meningkatkan investasi dalam transportasi publik
Afrika Selatan	Skenario mitigasi jangka panjang: puncak emisi pada 2020 hingga 2025; tidak berubah selama satu dekade, dan kemudian turun selamanya	4 persen campuran listrik pada 2013	12 persen peningkatan efisiensi energi pada 2015	Berencana menjadi pemimpin dunia dalam kendaraan listrik; dan memperluas transit bus kilat
Meksiko	50 persen pengurangan emisi dari 2002 hingga 2050; strategi nasional perubahan iklim: komisi intersektariat perubahan iklim untuk koordinasi	8 persen campuran listrik pada 2012	Standar efisiensi, pembangkitan sampingan	Peningkatan investasi dalam transportasi publik
Brazil	Rencana nasional perubahan iklim: mengurangi deforestasi sebesar 70 persen pada 2018	10 persen campuran listrik pada 2030	103 terawatt jam penghematan energi pada 2030	Pemimpin dunia dalam produksi etanol

Sumber: Pemerintah China 2008; Pemerintah India 2008; Pemerintah Meksiko 2008; Brazil Interministerial Committee on Climate Change 2008; Pew Center 2008a; Pew Center 2008b; Project Catalyst 2009.

Catatan: Beberapa tujuan di atas menyajikan komitmen formal, sedangkan yang lainnya masih merupakan diskusi.

menyediakan biaya yang rendah dan jaminan pasokan energi. Perubahan harga minyak baru-baru ini dan ketidakpastian mengenai pasokan gas menimbulkan naiknya ketertarikan dalam pembangkit listrik tenaga batu bara baru di banyak negara (berkembang maupun maju). Pengurangan ketergantungan terhadap impor minyak dan gas dengan beralih ke produksi batu-bara-menjadi-cair dan batu-bara-menjadi-gas akan meningkatkan emisi CO₂ secara substansial. Konsumsi batu bara global telah tumbuh lebih cepat daripada bahan bakar lainnya sejak 2000, sehingga menimbulkan dilema pertumbuhan ekonomi, ketahanan energi, dan perubahan iklim.

Dihadapkan dengan tantangan-tantangan dan tujuan-tujuan yang bersaing ini, pasar sendiri tidak akan sanggup untuk menghasilkan energi yang efisien dan bersih dalam waktu dan skala yang dibutuhkan untuk mencegah perubahan iklim yang berbahaya. Polusi perlu diberi harga. Mencapai kemajuan yang dibutuhkan dalam efisiensi energi membutuhkan insentif, peraturan, dan reformasi institusional. Dan risiko dan skala investasi dalam teknologi yang belum terbukti memerlukan dukungan publik yang substansial.

Menghentikan kebiasaan tinggi karbon

Emisi karbon dari energi ditentukan oleh konsumsi energi total dan intensitas karbon (didefinisikan dengan satuan CO₂ yang diproduksi oleh satu unit energi yang dikonsumsi). Konsumsi energi meningkat seiring meningkatnya pendapatan dan populasi tetapi dengan variasi yang berbeda-beda ukuran bergantung pada struktur ekonomi (manufaktur dan pertambangan lebih energi intensif daripada pertanian dan

jasa), iklim (di mana memengaruhi kebutuhan pemanasan dan pendinginan), dan kebijakan (negara dengan harga energi dan peraturan yang lebih tinggi lebih efisien energi). Serupa, intensitas karbon dari variasi energi bergantung pada sumber daya energi domestik (biarpun negara kaya akan potensi batu bara dan hidro) dan kebijakan. Jadi, pemicu kebijakan untuk jalur pertumbuhan rendah karbon mencakup pengurangan intensitas energi (didefinisikan sebagai energi yang dikonsumsi per dollar produk domestik bruto, atau PDB) dengan meningkatkan efisiensi energi dan beralih ke gaya hidup konsumsi rendah energi—dan mengurangi intensitas karbon dengan beralih ke bahan bakar rendah karbon, misalnya energi terbarukan.

Berlipatnya konsumsi energi sejak 1970 digabungkan dengan intensitas karbon yang hampir konstan telah menghasilkan penggandaan emisi sejak 1970 (Figur 4.1). Intensitas energi memang meningkat tetapi terlalu kecil untuk mengimbangi peningkatan permintaan energi yang bersesuaian dengan peningkatan tiga kali lipat pendapatan dunia. Dan intensitas karbon relatif konstan karena pencapaian dalam memproduksi energi yang lebih bersih telah tergantikan oleh peningkatan besar-besaran dalam penggunaan bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil mendominasi suplai energi global, diperhitungkan lebih dari 80 persen dari campuran energi utama (Figur 4.2).¹⁰

Negara-negara maju bertanggung jawab untuk sekitar dua pertiga dari energi kumulatif CO₂ saat ini yang berada di atmosfer.¹¹ Mereka juga mengonsumsi energi per kapita lima kali lebih banyak, secara rata-rata, daripada negara-negara berkembang. Namun, negara-negara berkembang telah menyumbang 52

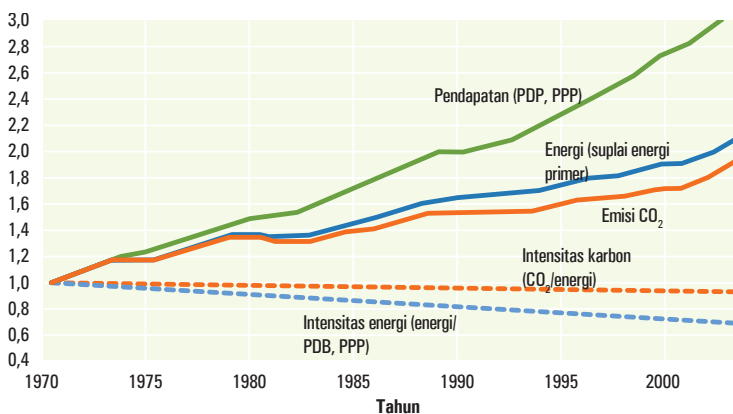
persen emisi terkait energi tahunan, dan konsumsi energinya meningkat dengan cepat—90 persen dari peningkatan yang diproyeksikan pada konsumsi energi global, penggunaan batu bara, dan emisi CO₂ yang terkait dengan penggunaan energi selama 20 tahun berikutnya akan terjadi di negara-negara berkembang. Proyeksi menggambarkan bahwa karena pembagian populasi global yang besar adalah di negara-negara berkembang, mereka akan menggunakan 70 persen lebih energi total tahunan dibandingkan dengan di negara maju pada 2030, walaupun penggunaan energi per kapitanya tetap rendah (Figur 4.3).

Secara global, pembangkit listrik adalah sumber tunggal emisi CO₂ yang terbesar (26 persen), diikuti oleh industri (19 persen), transportasi (13 persen), dan bangunan-bangunan (8 persen),¹³ dengan perubahan tata guna lahan, pertanian, dan limbah mencakup sisanya (Figur 4.4). Namun, pembagian ini bervariasi, bergantung pada kelompok pendapatan. Emisi di negara maju didominasi oleh pembangkit listrik dan transportasi, sedangkan di negara-negara berpendapatan rendah, perubahan tata guna lahan dan pertanian menjadi sumber emisi utamanya. Di negara-negara berpendapatan menengah, perubahan tata guna lahan masih merupakan kontributor signifikan (Brazil dan Indonesia menyumbang setengah dari emisi perubahan tata guna lahan global). Pembangkit listrik kemungkinan besar akan tetap menjadi sumber emisi yang terbesar, namun emisinya diperkirakan akan naik lebih cepat pada transportasi dan industri.

Sebagai pusat utama produksi dan konsentrasi penduduk, kota-kota dunia sekarang mengonsumsi lebih dari dua pertiga energi global dan memproduksi lebih dari 70 persen

Figur 4.1 Sejarah di balik penggandaan emisi: perbaikan dalam intensitas energi dan karbon tidak cukup untuk mengimbangi peningkatan permintaan energi yang disebabkan oleh peningkatan pendapatan

Indeks 1970 = 1



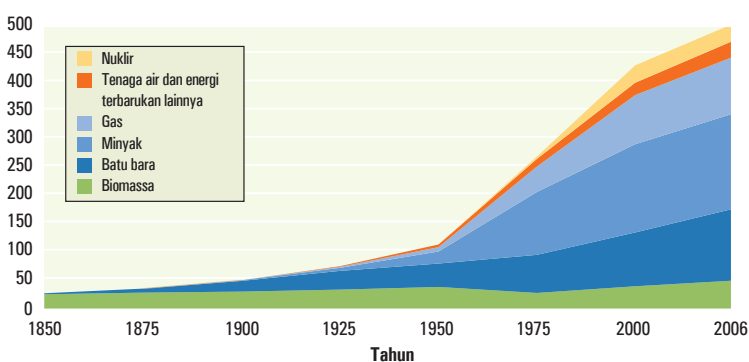
Sumber: IPCC 2007.

Catatan: PDB dinilai menggunakan dollar paritas daya beli (purchasing power parity—PPP).

emisi CO₂. Selama 20 tahun mendatang akan terlihat pertumbuhan kota yang tak pernah terjadi sebelumnya—dari 3 miliar menjadi 5 miliar penduduk, sebagian besar di dunia berkembang.¹⁴ Dari sekarang hingga 2050, pasokan bangunan kemungkinan besar akan berlipat ganda,¹⁵ dengan sebagian besar konstruksi baru di negara-negara berkembang. Jika kota-kota tumbuh melalui pemekaran alih-alih menjadi semakin padat, permintaan perjalanan

Figur 4.2 Campuran energi primer 1850–2006. Dari 1850 hingga 1950, konsumsi energi tumbuh sebesar 1,5 persen per tahun, terutama disebabkan oleh batu bara. Dari 1950–2006, tumbuh sebesar 2,7 persen per tahun, terutama disebabkan oleh minyak dan gas alam.

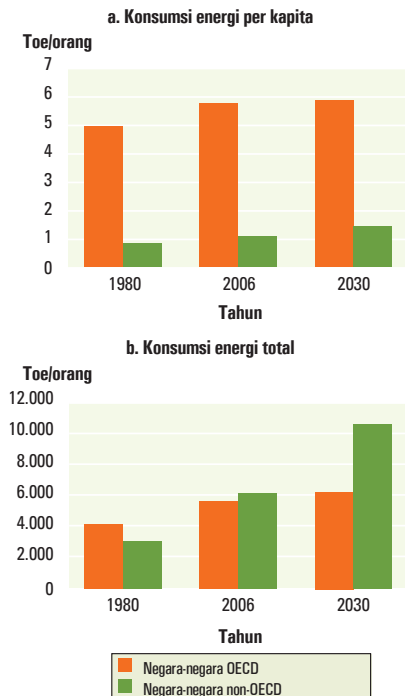
Exajoule



Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia, berdasarkan data dari Grubler 2008 (data untuk 1850–2000) dan IEA 2008c (data pada 2006).

Catatan: Untuk memastikan konsistensi dari dua rangkaian data, metode substitusi ekuivalen digunakan untuk mengubah tenaga air menjadi energi primer ekuivalen—dengan asumsi jumlah energi untuk menciptakan listrik dengan jumlah yang sama pada pabrik-pabrik konvensional bertena gas dengan rata-rata efisiensi sebesar 38,6 persen.

Figur 4.3 Selain konsumsi energi dan emisi per kapita yang rendah, negara-negara berkembang akan sangat mendominasi pertumbuhan di masa depan dalam konsumsi energi total dan emisi CO₂



Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia, berdasarkan data dari IEA 2008c.

Catatan: Toe = ton minyak ekuivalen

akan naik dengan cara-cara yang tidak mudah dilayani oleh transportasi publik.

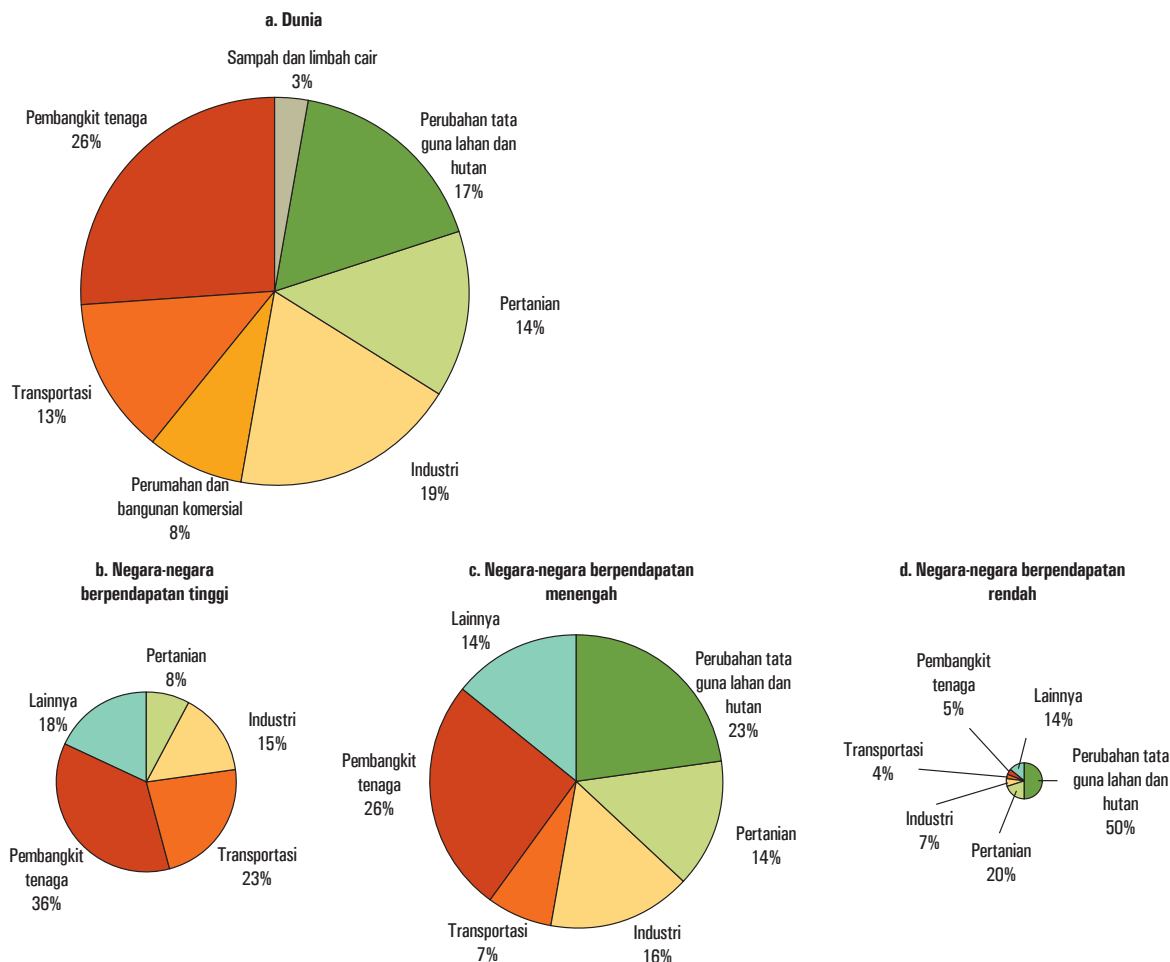
Laju kepemilikan mobil meningkat pesat seiring naiknya pendapatan. Pada tren saat ini 2,3 miliar kendaraan akan bertambah antara tahun 2005 dan 2050, lebih dari 80 persen berada di negara berkembang.¹⁶ Akan tetapi jika kebijakan tepat pada tempatnya, laju kepemilikan yang meningkat tidak perlu berubah menjadi peningkatan serupa dalam penggunaan mobil (Figur 4.5).¹⁷ Oleh karena penggunaan mobil mendorong permintaan energi dan emisi dalam transportasi, kebijakan harga (seperti menetapkan tarif pada jalan dan tarif parkir yang tinggi), infrastruktur transportasi publik, dan bentuk kota dapat menimbulkan perbedaan yang besar.

Negara-negara berkembang dapat belajar dari Eropa dan Asia yang maju, dan memisahkan kepemilikan mobil dari penggunaan mobil. Eropa dan Jepang memiliki angka kilometer tempuh kendaraan yang lebih rendah 30–60 persen dibandingkan dengan Amerika Serikat, dengan pendapatan dan kepemilikan mobil yang sebanding. Hong Kong memiliki kepemilikan mobil yang hanya sepertiga dari angka di New York, kota di AS dengan rasio mobil per kapita yang terendah.¹⁸ Bagaimana caranya? Melalui kombinasi kepadatan kota yang tinggi, pajak bahan bakar yang tinggi dan kebijakan penetapan harga pada jalan, dan infrastruktur transportasi publik yang memadai. Dengan cara yang serupa, Eropa menetapkan tarif empat kali lipat rute transportasi publik per 1.000 orang dibandingkan di Amerika Serikat.¹⁹ Akan tetapi, di banyak negara berkembang, transportasi publik tidak selalu memenuhi pertumbuhan kota, sehingga pergerakan mobil pribadi menyebabkan permasalahan kronis dan menambah permasalahan yang telah ada sebelumnya.

Infrastruktur transportasi memengaruhi pola perumahan, dengan tingginya volume jalan raya yang memfasilitasi perumahan berkepadatan rendah dan bentuk kota yang sulit dilayani oleh sistem transit massal. Perumahan berkepadatan rendah juga mempersulit penerapan pemanasan distrik yang efisien energi bagi bangunan-bangunan.²⁰

Kemana arah yang perlu dituju oleh dunia: Transformasi untuk energi masa depan yang berkelanjutan

Untuk mencapai kesejahteraan dan pertumbuhan yang setara dan

Figur 4.4 Gas rumah kaca berdasarkan sektor: dunia dan negara-negara berpendapatan tinggi, menengah, dan rendah

Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia, berdasarkan data dari Barker dkk. 2007 (Figur 4a) dan WRI (Figur 4b, c, dan d).

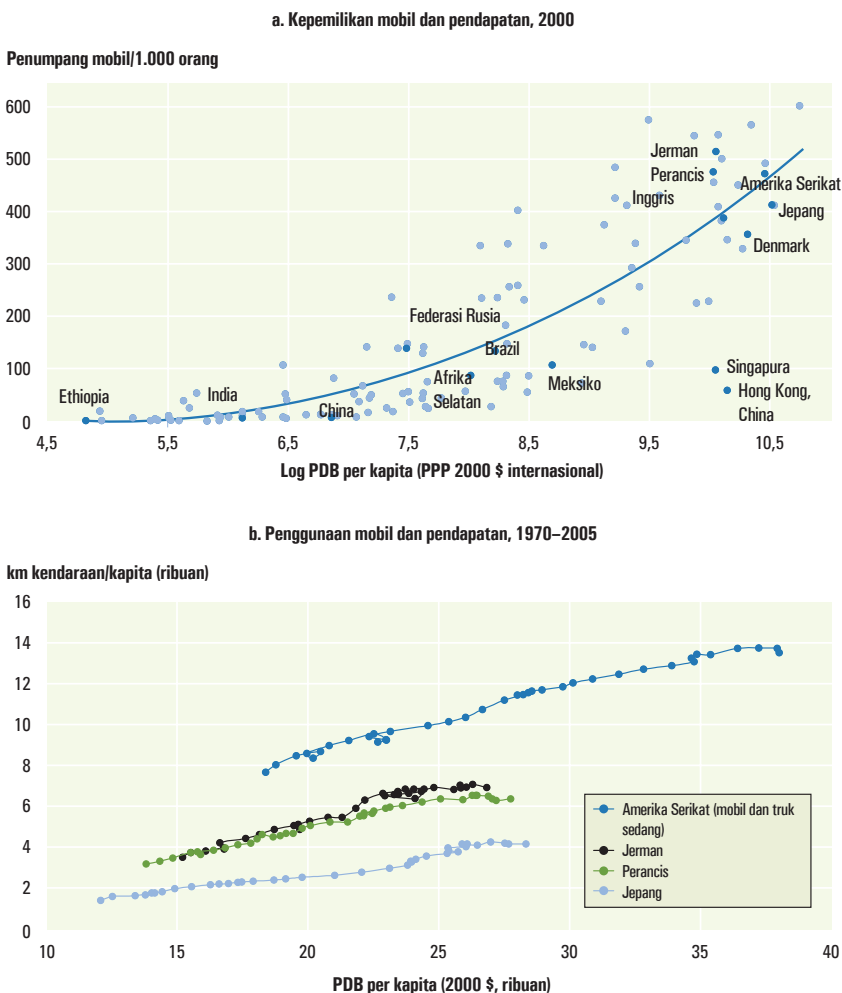
Catatan: Pembagian emisi global berdasarkan sektor pada Figur 4.4a adalah untuk tahun 2004. Pembagian emisi berdasarkan sektor pada negara-negara berpendapatan tinggi, menengah, dan rendah pada Figur 4.4b, c, dan d didasarkan pada emisi dari sektor energi dan pertanian pada tahun 2005 dan dari perubahan tata guna lahan dan hutan pada 2000. Ukuran masing-masing grafik menggambarkan kontribusi emisi gas rumah kaca, termasuk emisi dari perubahan tata guna lahan, dari negara-negara berpendapatan tinggi, menengah, dan rendah; pembagian masing-masing adalah 35, 58, dan 7 persen. Hanya menekankan pada emisi CO₂ yang berasal dari energi, pembagian masing-masing adalah 49, 49, dan 2 persen. Pada Figur 4.4a, emisi dari konsumsi listrik pada bangunan-bangunan dimasukkan bersama dengan sektor pembangkit tenaga. Figur 4.4b tidak memasukkan emisi dari perubahan tata guna lahan dan hutan, karena dapat diabaikan untuk negara-negara berpendapatan tinggi.

berkelanjutan, negara-negara berpendapatan tinggi harus mengurangi emisi mereka secara signifikan—dan emisi per kapita mereka (panah biru pada Figur 4.6). Hal ini juga bergantung pada negara-negara berkembang, yang harus menghindari jalur intensif karbon yang ditempuh oleh Australia atau Amerika Serikat, atau mengikuti jalur pertumbuhan rendah karbon. Jadi, pencapaian tersebut membutuhkan perubahan fundamental dalam gaya hidup bagi negara-negara maju, dan perubahan

menuju model perkembangan yang baru bagi negara-negara berkembang.

Untuk mencapai tujuan-tujuan ini dibutuhkan penyesuaian antara apa yang tepat untuk mencegah perubahan iklim yang berbahaya dengan apa yang secara teknis mungkin untuk dicapai dengan pendanaan yang dapat diterima. Membatasi pemanasan tidak lebih dari 2°C di atas suhu praindustri berarti bahwa emisi global harus memuncak pada tidak lebih dari 2020, kemudian turun sebesar 50–80 persen dari tingkat saat

Figur 4.5 Kepemilikan mobil meningkat seiring dengan meningkatnya pendapatan, tetapi penetapan harga, transportasi publik, perencanaan perkotaan, dan kepadatan kota dapat memengaruhi penggunaan mobil



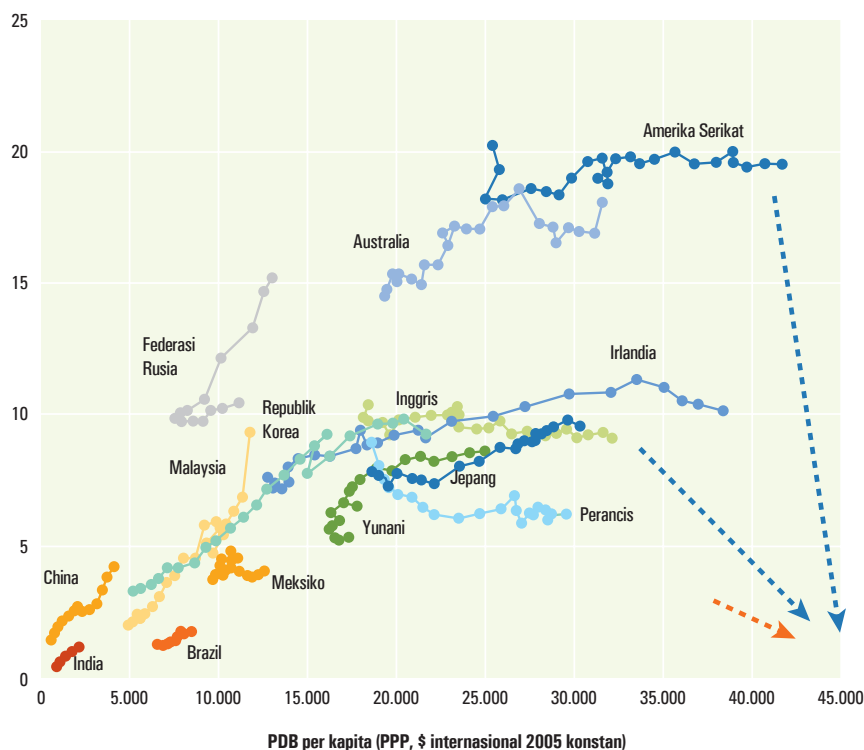
Sumber: Schipper 2000; World Bank 2009c.

Catatan: Pada Figur 4.5b, data diperoleh dari Jerman Barat selama 1992 dan untuk Jerman bersatu sejak 1993 seterusnya. Perhatikan tingkat kemiripan kepemilikan mobil di antara Amerika Serikat, Jepang, Perancis, dan Jerman (panel a) tetapi banyak perbedaan pada jarak perjalanan (panel b).

ini pada 2050, dengan bahkan mungkin dibutuhkan emisi negatif menuju 2100.²¹ Ini merupakan tugas yang ambisius: hanya sekitar setengah dari model energi yang ditinjau yang bersepakat bahwa tugas tersebut memungkinkan untuk dilakukan (Figur 4.7) dan walaupun begitu, hanya jika semua negara mulai melakukannya dengan segera.

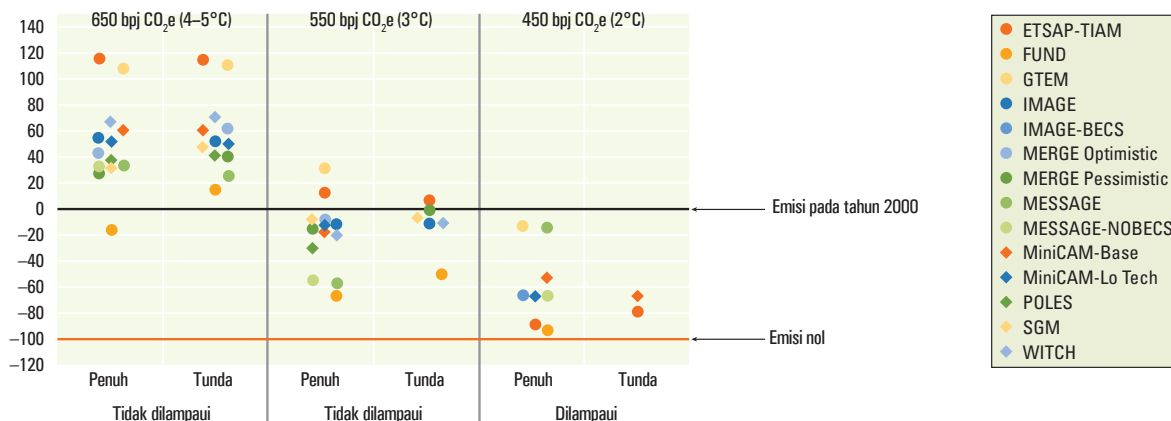
Secara lebih spesifik, agar tetap pada pemanasan 2°C, konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer harus stabil pada tidak lebih dari 450 bagian per sejuta

(bpj) CO₂ ekuivalen.²² Konsentrasi gas rumah kaca saat ini mencapai 387 bpj CO₂e dan naik sekitar 2 bpj tiap tahun.²³ Maka, hanya ada sedikit ruang bagi emisi untuk bergerak tumbuh jika pemanasan stabil di sekitar 2°C. Sebagian besar model mengasumsikan bahwa untuk mencapai 450 bpj CO₂e perlu melampaui konsentrasi tersebut untuk beberapa dekade dan kemudian kembali pada 450 bpj CO₂e pada akhir abad (Tabel 4.1). Pengurangan yang lebih cepat dari emisi gas rumah kaca yang berumur

Figur 4.6 Kemana arah yang perlu dituju oleh dunia: Emisi CO₂ per kapita yang berkaitan dengan energiEmisi CO₂ per kapita (metrik ton)

Sumber: Diadaptasi dari NRC 2008, berdasarkan data dari World Bank 2008e.

Catatan: Emisi dan PDB per kapita dari 1980 hingga 2005.

Figur 4.7 Hanya setengah dari model energi menyatakan mungkin untuk mencapai reduksi emisi untuk perlu selalu berada di dekat 450 bpj CO₂e (2°C)Perubahan emisi CO₂ pada 2050 relatif terhadap 2000 (%)

Sumber: Clarke dkk., akan terbit.

Catatan: Masing-masing titik merepresentasikan pengurangan emisi yang diasosiasikan oleh model tertentu dengan target konsentrasi—450, 550, 650 bagian per sejuta (bpj) CO₂ ekuivalen (CO₂e)—pada 2050.

Jumlah titik pada tiap-tiap kolom menunjukkan seberapa banyak dari 14 model dan varian model mampu menemukan jalur yang dapat mengarah pada hasil konsentrasi yang diberikan. "Sangat berlebihan" menjelaskan jalur mitigasi yang mengizinkan konsentrasi melebihi target sebelum kembali ke target semula pada 2100, sementara "Tidak dilampaui" mengimplikasikan konsentrasi tidak berlebihan sepanjang waktu. "Penuh" mengacu pada partisipasi penuh semua negara, jadi pengurangan emisi tersebut dicapai kapanpun dan di manapun bila biayanya efektif. "Tunda" berarti negara-negara berpendapatan tinggi mulai mengurangi pada 2012, Brazil, China, India, dan Federasi Rusia mulai mengurangi pada 2030, dan sisanya pada 2050.

pendek, seperti metana dan karbon hitam, dapat mengurangi kelebihan namun tidak dapat menghindarinya.²⁴

Sebagai tambahan, beberapa jalur 450 bpj CO₂e bergantung pada penangkapan dan penyimpanan karbon berdasarkan

Tabel 4.1 Apa yang harus dilakukan untuk mencapai konsentrasi CO₂e 450 bpj yang diperlukan untuk menjaga pemanasan sedekat mungkin dengan 2°C—skenario ilustratif

	Tidak dilampaui	Dilampaui
Partisipasi segera	<ol style="list-style-type: none"> 1. Partisipasi segera oleh semua negara 2. 70% pengurangan emisi yang dramatis pada 2020 3. Transformasi energi yang substansial pada 2020, termasuk konstruksi 500 reaktor nuklir baru, dan penangkapan 20 miliar ton CO₂ 4. Harga karbon sebesar \$100/tCO₂ secara global pada 2020 5. Pajak pada emisi tata guna lahan dimulai pada 2020 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Partisipasi segera oleh semua negara 2. Konstruksi 126 reaktor nuklir baru dan penangkapan sekitar 1 miliar ton CO₂ pada 2020 3. Emisi negatif global pada akhir abad, dan akhirnya memerlukan penyebaran meluar CCS berbasis biomassa 4. Harga karbon naik sampai \$775/tCO₂ pada 2095 5. Kemungkinan tanpa pajak pada emisi tata guna lahan, tetapi akan menghasilkan peningkatan tiga kali lipat pada pajak karbon dan peningkatan substansial pada biaya untuk mencapai target
Penundaan partisipasi		<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengurangan emisi secara dramatis untuk non-Annex 1 (negara-negara berkembang) pada saat mereka berpartisipasi 2. Emisi negatif pada negara-negara Annex 1 (berpendapatan tinggi) pada 2050 dan emisi negatif global pada akhir abad, dan kemudian memerlukan penyebaran meluar CCS berbasis biomassa 3. Harga karbon mulai \$50/tCO₂ dan meningkat hingga \$2.000/tCO₂ 4. Menghasilkan kebocoran karbon yang signifikan, karena produksi pangan diserahkan pada wilayah yang tidak berpartisipasi menyebabkan peningkatan substansial pada perubahan emisi tata guna lahan pada wilayah tersebut

Sumber: Clarke dkk. akan terbit.

Catatan: Menjaga emisi pada tingkat CO₂e 450 bpj atau kurang sepanjang waktu merupakan hal yang tidak mungkin untuk dilakukan. Jika konsentrasi CO₂e yang diizinkan melebihi 450 bpj sebelum 2100, tetap menjaga pemanasan sedekat mungkin dengan 2°C masih mempunyai potensi tantangan yang sangat besar, seperti yang tampak pada kolom kanan. Negara-negara Annex I adalah OECD dan transisi ekonomi berkomitmen untuk mengurangi emisi berdasarkan Protokol Kyoto. Negara-negara non-Annex I tidak membuat komitmen apa pun untuk mengurangi emisi.

biomassa²⁵ untuk emisi negatif.²⁶ Namun, melihat persaingan lahan dan air untuk produksi dan serapan hutan (Bab 3), pasokan biomassa yang berkelanjutan akan menjadi masalah.²⁷ Membatasi pemanasan hingga 2°C akan membutuhkan perubahan paling mendasar dalam campuran energi global (Kotak 4.3 dan Kotak 4.4; lihat catatan kaki 28 untuk model detailnya).²⁸

Biaya mitigasi untuk mencapai 450 bpj CO₂e diperkirakan sebesar 0,3–0,9 persen dari PDB global pada 2030. Hal ini mengasumsikan bahwa semua tindakan mitigasi terjadi di manapun dan kapanpun hal tersebut paling murah untuk dilakukan (Figur 4.8).²⁹ Perkiraan ini dibandingkan dengan total pengeluaran pada sektor energi sebesar 0,75 persen PDB saat ini. Selain itu, biaya kelambatan—dari kerusakan yang disebabkan oleh pemanasan yang lebih besar—mungkin melampaui dengan baik biaya mitigasi ini (lihat Bab 1 untuk penjelasan dari analisis biaya-keuntungan kebijakan iklim).

Mencapai 450bpj CO₂e memerlukan adopsi teknologi dengan keuntungan nilai sekitar \$35 hingga \$100 CO₂ pada tahun 2030., untuk investasi mitigasi tahunan global sekitar \$425 miliar hingga \$1 triliun pada tahun 2030 (Tabel 4.2).³⁰ Penghematan energi masa depan akhirnya akan menggantikan bagian substansial dari uang muka investasi.³¹ Namun, banyak dari investasi ini diperlukan selama 10 tahun mendatang di negara-negara berkembang yang terbatas secara keuangan. Dan memindahkan hambatan untuk reformasi serta mengarahkan modal bagi investasi rendah karbon di mana dan kapan dibutuhkan akan menjadi tantangan tersendiri.

Pilihan yang tidak terlalu menantang adalah dengan membidik konsentrasi yang lebih tinggi—sebagai contoh, 550 bpj CO₂e. Konsentrasi ini digabungkan dengan 50 persen kesempatan pemanasan melebihi 3°C, dan risiko kerusakan yang lebih tinggi dari dampak perubahan iklim, tetapi hal itu memungkinkan sedikit waktu

bagi emisi untuk memuncak (2030). Emisi akan perlu turun hingga tingkat seperti sekarang pada 2050, dan terus turun secara substansial setelahnya. Biaya mitigasi 550 bpj CO₂e adalah lebih rendah, pada 0,2–0,7 persen dari PDB global pada 2030 (Figur 4.8a), dan membutuhkan adopsi teknologi dengan biaya marginal hingga \$25 hingga 75 per ton CO₂ pada 2030 (Figur 4.8b), untuk investasi tahunan rata-rata sebesar \$220 miliar tiap tahun selama 20 tahun mendatang.³² Dan mencapai tujuan yang lebih rendah ini masih tetap membutuhkan pencapaian reformasi kebijakan yang terjauh.

Tindakan—segera dan global

Menunda tindakan selama 10 tahun akan membuat upaya untuk mencapai kestabilan pada 450 bpj CO₂e mustahil.³³ Terdapat sedikit fleksibilitas pada waktu memuncaknya. Untuk mencapai 450 bpj CO₂e, emisi CO₂ yang berkaitan dengan energi global harus naik pada 28–32 gigaton pada 2020 dari 26 gigaton pada 2005, dan kemudian turun menjadi 12–15 gigaton pada 2050.³⁴ Hal ini membutuhkan pemotongan emisi 2–3 persen tiap tahun mulai 2020 hingga seterusnya. Jika emisi naik selama 10 tahun mendatang, laju pengurangan emisi yang dibutuhkan akan naik hingga 4–5 persen per tahun. Sebaliknya, emisi naik 3 persen tiap tahun dari 2000 hingga 2006, sehingga sebagian besar negara sedang menuju jalur tinggi karbon, dengan emisi CO₂ global mendahului skenario kasus terburuk yang diproyeksikan oleh International Panel on Climate Change (IPCC).

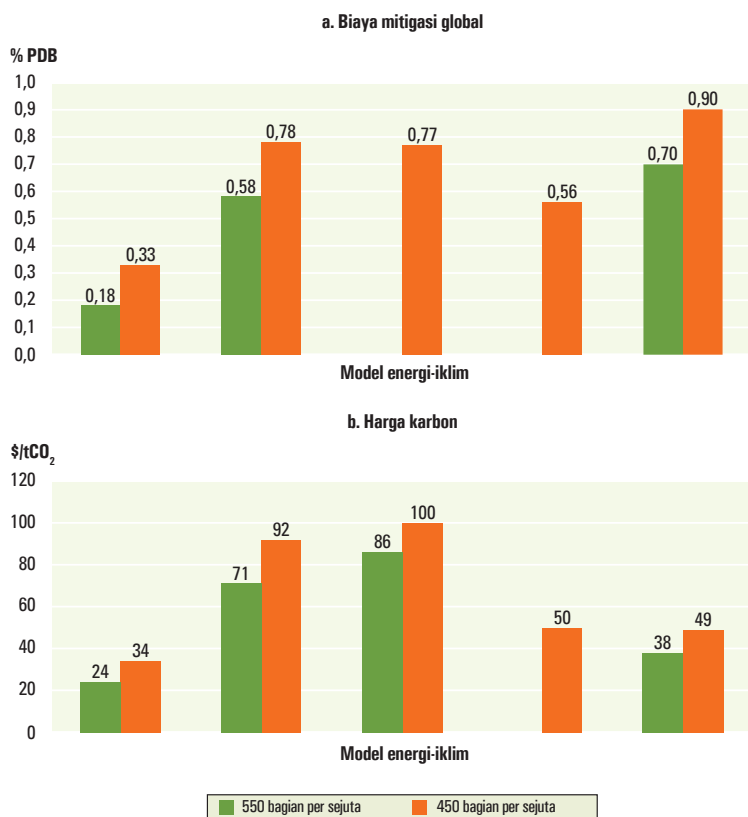
Tambahan baru pembangkit listrik, bangunan, dan jalan dan rel selama dekade mendatang akan mengunci teknologi dan sangat menentukan emisi hingga 2050 dan seterusnya. Mengapa? Oleh

karena pasokan modal energi memiliki usia yang panjang—memakan puluhan tahun untuk membalikkan pembangkit listrik, ratusan tahun untuk infrastruktur perkotaan.³⁶ Menunda tindakan akan secara substansial meningkatkan biaya mitigasi masa depan, secara efektif mengunci dunia dalam infrastruktur intensif karbon selama puluhan tahun mendatang. Bahkan teknologi energi bersih rendah biaya yang telah ada akan memakan puluhan tahun untuk sepenuhnya memasuki sektor energi. Dan dengan lamanya waktu tunggu bagi perkembangan teknologi baru, menyebarkan teknologi maju pada skala besar mulai 2030 membutuhkan tindakan agresif mulai hari ini.

Selain itu, menunda tindakan akan menimbulkan biaya retrofit yang mahal dan pensiun dini dari sistem energinya. Membangun infrastruktur dengan standar saat ini dan kemudian melakukan retrofit atas kapasitas yang telah ada, baik pembangkit listrik maupun bangunan, jauh lebih memakan biaya daripada membangun infrastruktur rendah karbon dan efisien baru dari awal. Hal yang sama juga berlaku untuk pemensiunan dini modal energi yang tidak efisien. Penghematan energi sering kali membuat uang muka investasi pada modal baru lebih tinggi, namun berkemungkinan kecil untuk menutupi penggantian pasokan modal dini. Bahkan harga CO₂ yang tinggi tidak cukup untuk mengubah gambaran ini.³⁷

Untuk menghindari penguncian semacam ini, skala dan laju urbanisasi yang melambangkan kesempatan yang tak tersaingi, terutama bagi negara-negara berkembang, harus membuat keputusan besar sekarang mengenai membangun kota rendah karbon dengan rancangan perkotaan yang ringkas, transportasi publik yang baik,

Figur 4.8 Perkiraan biaya mitigasi global dan harga karbon untuk tingkat CO₂e 450 dan 550 bpi (2°C–3°C) pada 2030 dari lima model



Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia, berdasarkan data dari Knopf dkk., akan terbit; Rao dkk. 2008; Calvin dkk., akan terbit. Catatan: Grafik ini membandingkan biaya mitigasi dengan harga karbon dari lima model energi-iklim global—MiniCAM, IMAGE, MESSAGE, POLES, dan REMIND (lihat catatan kaki 28 untuk asumsi model dan metodologi). MiniCAM, POLES, IMAGE, dan MESSAGE melaporkan biaya pengurangan untuk transformasi sistem energi relatif terhadap garis dasar sebagai persen PDB pada 2030, di mana PDB-nya bersifat eksogen.

a. Biaya mitigasi dari REMIND ditunjukkan sebagai biaya makroekonomi yang ditunjukkan dalam kerugian PDB pada 2030 relatif terhadap garis dasar, di mana PDB-nya bersifat endogen.

Tabel 4.2 Investasi perlu untuk membatasi pemanasan pada 2°C (450 bpi CO₂e) pada 2030 (konstan 2005\$ miliar)

Wilayah	IEA	McKinsey	MESSAGE	REMIND
Global	846	1013	571	434
Negara-negara berkembang	565	563	264	384
Amerika Utara		175	112	
Uni Eropa		129	92	
China		263	49	
India		75	43	

Sumber: IEA 2008b; Knopf dkk., akan terbit dan data tambahan yang disediakan oleh B. Knopf; Riahi, Grübler, dan Nakićenović 2007; IIASA 2009 dan data tambahan yang disediakan oleh V. Krey; McKinsey & Company 2009a dengan data laporan lebih lanjut disediakan oleh McKinsey (J. Dinkel).

bangunan yang efisien, dan kendaraan yang bersih.

Konsekuensi alamiah yang menjanjikan dari inersia dalam infrastruktur energi adalah bahwa dengan

memperkenalkan teknologi rendah karbon yang efisien pada infrastruktur baru, di saat berbiaya rendah, akan menawarkan kesempatan untuk mengunci jalur rendah karbon. Negara-negara berkembang akan memasang setidaknya setengah dari pasokan modal energi berusia panjangnya antara saat ini hingga 2020.³⁸ Sebagai contoh, setengah dari bangunan di China pada 2015 akan selesai dibangun antara 2000 dan 2015.³⁹ Terdapat lebih sedikit kesempatan di negara-negara maju, di mana bangunan perumahan cenderung memiliki masa pensiun yang lama—60 persen dari persediaan bangunan perumahan Prancis yang diperkirakan pada 2050 telah selesai dibangun. Ini membatasi potensi pengurangan permintaan pemanasan dan pendinginan, yang membutuhkan retrofit dan penggantian kulit bangunan. Namun, terdapat kesempatan yang melimpah selama satu dekade ke depan di negara maju dan berkembang untuk membangun pembangkit listrik baru dengan teknologi energi bersih, terpusat atau terdistribusi, dan menghindari penguncian lebih lanjut terhadap bahan bakar karbon intensif.

Oleh karena alasan-alasan yang diuraikan dalam Bali Action Plan, yang membentuk negosiasi saat ini di bawah United Nations Framework Convention on Climate Change, negara-negara maju harus memimpin dalam pemotongan emisi (lihat Bab 5). Namun, negara-negara maju saja tidak dapat membuat dunia menuju ke arah jalur 2°C, bahkan jika mereka dapat mengurangi emisinya sendiri menjadi nol (Figur 4.9). Pada 2050, 8 dari 9 miliar penduduk dunia akan tinggal di negara-negara berkembang saat ini, memproduksi 70 persen emisi global yang diproyeksikan.⁴⁰ Walau demikian, negara-negara maju dapat menyediakan bantuan keuangan

KOTAK 4.3 450 bpj CO₂e (pemanasan 2°C) dunia memerlukan perubahan fundamental dalam sistem energi global

Untuk Laporan ini, tim menganalisis lima model energi iklim global yang berbeda dalam metodologi, asumsi mengenai landasan, status teknologi, tingkat pembelajaran, biaya, dan inklusi gas rumah kaca (penambahan CO₂). Perolehan jalur 450 bpj CO₂e bergantung pada karakteristik landasan. Beberapa model terintegrasi tidak dapat mencapai jalur 450 bpj dari intensifikasi bahan bakar fosil dan landasan pertumbuhan energi tinggi.

Beberapa model dapat mencapai 450 bpj CO₂e pada biaya menengah, tetapi masing-masing mengikuti jalur emisi yang berbeda dan strategi mitigasi energi.^a Jalur emisi yang berbeda menunjukkan perdagangan antara pengurangan reduksi emisi jangka pendek hingga menengah (2005–2050) dan jangka panjang (2050–2100). Pengurangan emisi rata-rata sebelum 2050 membutuhkan pemotongan emisi secara dramatis untuk jangka panjang melalui penyebarluasan penggunaan penangkapan dan penyimpanan karbon berbasis biomassa.^b Perbedaan dalam model metodologi dan asumsi juga menghasilkan berbagai macam kebutuhan investasi jangka pendek (2030), seperti ditunjukkan pada Tabel 4.2. Model juga bervariasi dalam campuran energi dari sekarang hingga 2050 (lihat gambar pada halaman muka), walaupun pemecahan tepat tidak beragam. Implikasi kebijakannya adalah bahwa mencampurkan pilihan teknologi yang beragam di

masing-masing negara dan sepanjang waktu yang dibutuhkan—strategi biaya rendah semuanya bergantung pada portofolio teknologi energi.

Campuran energi global untuk 450 ppm CO₂e
Jalur 450 bpj CO₂e membutuhkan revolusi energi global—pengurangan besar-besaran dalam permintaan energi total dan perubahan besar dalam bauran energi. Untuk mencapainya, model iklim energi global mensyaratkan upaya-upaya efisiensi energi yang agresif untuk secara dramatis mengurangi permintaan energi dari sekitar 900 exajoule hingga 2050 di bawah skenario “bisnis-seperti-biasanya” menjadi 650–750 exajoule—pemotongan sebesar 17–28 persen.

Sebagian besar model memproyeksikan bahwa bahan bakar fosil harus turun dari 80 persen pasokan energi pada saat ini menjadi sekitar 50–60 persen pada 2050. Bahan bakar fosil masa depan (terutama batu bara dan gas) dalam dunia yang terbatas karbon bergantung pada penggunaan menyeluruh dari penangkapan dan penyimpanan karbon—*carbon capture and storage*, CCS—yang harus terpasang di 80–90 persen pembangkit listrik tenaga batu bara pada 2050, dengan asumsi bahwa teknologi tersebut akan memungkinkan secara teknis maupun ekonomi untuk aplikasi

Pemotongan emisi terkait energi pada pertengahan 2050 memerlukan dekarbonisasi mendalam pada sektor pembangkit tenaga

% karbon terestimasi yang harus dihilangkan oleh sektor, 2005–2050

Sektor	IEA	MiniCAM
Pembangkit tenaga	–71	–87
Bangunan	–41	–50
Transportasi	–30	+47
Industri	–21	–71
Total	–50	–50

Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia berdasarkan data dari IEA 2008b; Calvin dkk., akan terbit.

skala besar pada satu hingga dua dekade mendatang (tabel di bawah).^c

Pengurangan signifikan dalam bahan bakar fosil ini harus dikompensasikan oleh energi terbarukan dan nuklir. Peningkatan terbesar akan ada pada energi terbarukan, yang akan melompat dari 13 persen sekarang (sebagian besar bahan bakar biomassa tradisional dan tenaga air) menjadi sekitar 30–40 persen pada 2050, didominasi oleh biomassa modern yang disertai atau tanpadan penangkapan dan penyimpanan karbon, dengan sisanya dari energi surya, angin, air, dan panas bumi (lihat gambar). Nuklir juga akan memerlukan peningkatan—dari 5 persen hari ini menjadi sekitar 10–25 persen pada 2050.^d

Besaran usaha yang dibutuhkan menjadi sangat substansial: berkisar hingga tambahan 17.000 turbin angin (masing-masing memproduksi 4 megawatt), 215 juta meter persegi panel sel fotovoltaik, 80 konsentrasi pembangkit listrik tenaga matahari (masing-masing menghasilkan 250 megawatt) dan 32 pembangkit tenaga nuklir (masing-masing menghasilkan 1.000 megawatt) per tahunnya melebihi 40 tahun berikutnya dibandingkan dengan acuannya.^e Sektor energi akan membutuhkan virtualisasi pengarbonan ulang, diikuti oleh sektor industri dan bangunan (tabel di atas).

Sumber:

a. Knopf dkk., akan terbit; Rao dkk. 2008.

b. Riahi, Grübler, dan Nakicenovic 2007; IIASA 2009.

c. IEA 2008b; Calvin dkk., akan terbit; Riahi, Grubler, dan Nakicenovic 2007; IIASA 2009; van Vuuren dkk., akan terbit; Weyant dkk. 2009.

d. IEA 2008b, Calvin dkk., akan terbit; Riahi, Grubler, dan Nakicenovic 2007; IIASA 2009; van Vuuren dkk., akan terbit.

e. IEA 2008b.

Campuran energi untuk mencapai 450 ppm CO₂e dapat bervariasi, tetapi kita harus menggunakan semua pilihan

Tipe energi	Campuran energi saat ini		Campuran energi pada 2050			
	Global	Global	Amerika Serikat	Uni Eropa	China	India
% total						
Batu bara tanpa CCS	26	1–2	0–1	0–2	3–5	2–3
Batu bara dengan CCS	0	1–13	1–12	2–9	0–25	3–26
Minyak	34	16–21	20–26	11–23	18–20	18–19
Gas tanpa CCS	21	19–21	20–21	20–22	9–13	5–9
Gas dengan CCS	0	8–16	6–21	7–31	1–29	3–8
Nuklir	6	8	8–10	10–11	8–12	9–11
Biomassa tanpa CCS	10	12–21	10–18	10–11	9–14	16–30
Biomassa dengan CCS	0	2–8	1–7	3–9	1–12	2–12
Non-biomassa terbarukan	3	8–14	7–12	7–12	10–13	5–19
Total (exajoul per tahun)	493	665–775	87–121	87–121	130–139	66–68

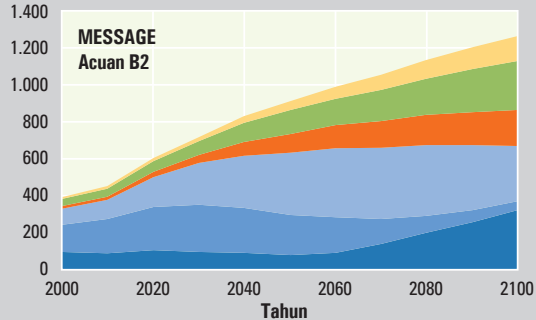
Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia, berdasarkan data Riahi, Grubler, dan Nakicenovic 2007; IIASA 2009; Calvin dkk., akan terbit; IEA 2008b.

(Bersambung)

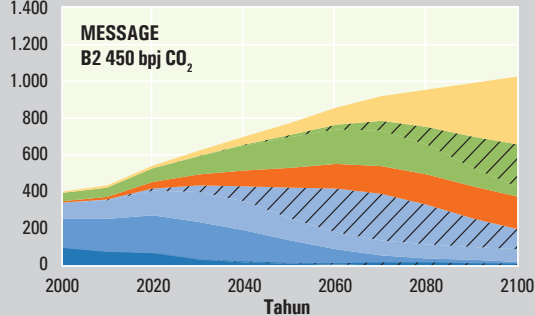
KOTAK 4.3 Lanjutan

450 bpj memerlukan perubahan fundamental pada campuran energi primer global

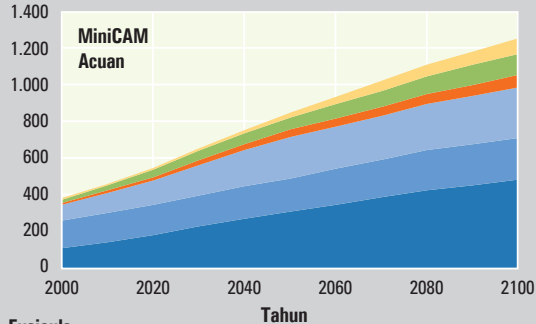
Exajoule



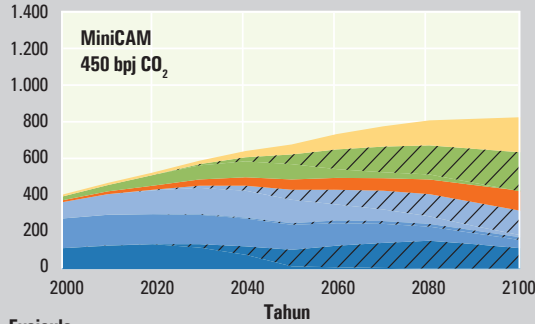
Exajoule



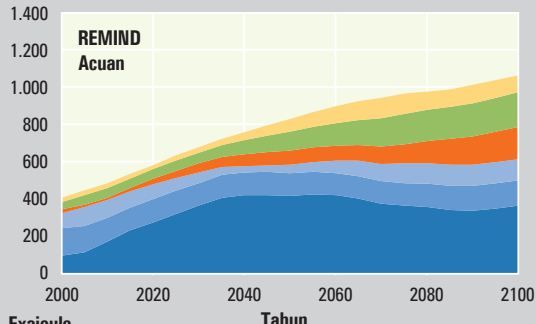
Exajoule



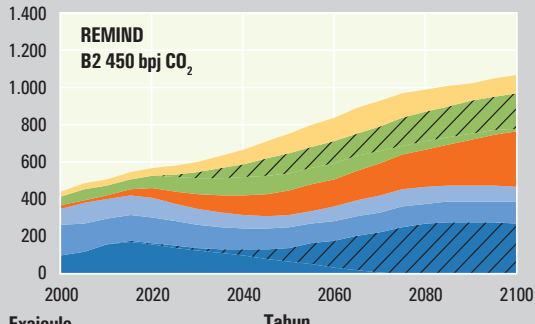
Exajoule



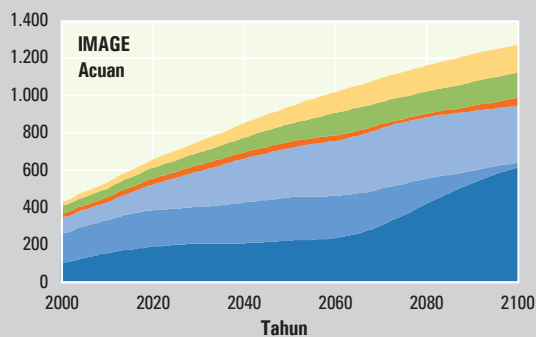
Exajoule



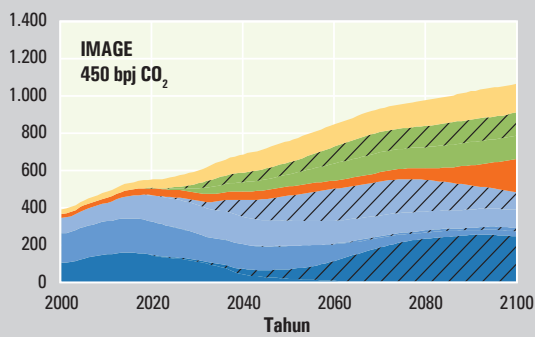
Exajoule



Exajoule



Exajoule



Nuklir
 Biomassa
 Non-biomassa terbarukan
 Gas
 Minyak
 Batu bara
 dengan penangkapan dan penyimpanan karbon

KOTAK 4.4 *Campuran energi regional untuk 450 bpj CO₂e (untuk membatasi pemanasan hingga 2°C)*

Penting bagi para pembuat kebijakan nasional untuk memahami penerapan jalur 450 bpj CO₂e bagi sistem energi mereka. Sebagian besar model penilaian terintegrasi mengikuti pendekatan “biaya terendah”, di mana pengurangan emisi terjadi di manapun dan kapanpun pengurangan tersebut termurah untuk dilakukan di semua sektor dan di semua negara.^a Namun, di mana peraturan mitigasi dilakukan tidaklah sama dengan siapa yang menanggung biayanya (Bab 6). Tujuan bab ini bukanlah untuk mendorong pendekatan tertentu yang manapun untuk membagi beban alokasi pengurangan emisi di antara negara-negara; hal itu merupakan masalah negosiasi.

Amerika Serikat, Uni Eropa, dan China sekarang menyumbangkan hampir 60 persen emisi total dunia. India sekarang menyumbangkan hanya 4 persen emisi global, meskipun mewakili 18 persen populasi dunia, namun bagiannya tersebut diproyeksikan meningkat hingga 12 persen pada 2050 dalam tidak adanya kebijakan mitigasi. Jadi, kontribusi negara-negara ini kepada emisi global akan penting bagi penstabilan iklim.

Amerika Serikat dan Uni Eropa

Efisiensi energi dapat mengurangi permintaan energi total di negara-negara maju sebesar 20 persen pada 2050 relatif menurut bisnis-seperti-biasanya. Dunia membutuhkan penurunan tahunan dalam intensitas energi sebesar 1,5-2 persen tiap tahun selama empat dekade ke depan, melanjutkan tren dua dekade ke belakang saat ini. Untuk mencapai 450 bpj CO₂e Amerika Serikat dan Uni Eropa akan perlu secara signifikan memotong konsumsi minyaknya pada 2050, suatu tantangan yang substansial karena mereka sekarang mengonsumsi hampir setengah produksi minyak global. Mereka juga perlu secara dramatis mengurangi penggunaan batu bara dan secara luas menyebarkan penangkapan dan penyimpanan karbon—tugas yang berat bagi Amerika Serikat, produsen dan konsumen batu bara terbesar kedua di dunia.

Amerika Serikat dan Uni Eropa memiliki sumber-sumber daya untuk merealisasikan peraturan-peraturan tersebut. Keduanya memiliki sumber energi terbarukan yang melimpah.

Beberapa model memperkirakan bahwa penangkapan dan penyimpanan karbon harus dipasang di 80-90 persen pembangkit listrik tenaga batu bara dan gas dan di 40 persen pembangkit listrik tenaga biomassa di Amerika Serikat pada 2050 (lihat tabel bawah pada Kotak 4.3). Hal ini berpotensi untuk dilakukan dengan kapasitas penyimpanan CO₂ yang diberikan. Namun, menggandakan bagian gas alam di bauran energi primer Eropa dari 24 persen sekarang menjadi 50 persen pada 2050, dengan asumsi skenario 450 bpj CO₂e, kemungkinan dapat menimbulkan risiko ketahanan energi, terutama dengan gangguan pasokan gas saat ini untuk ke Eropa. Skenario 450 bpj CO₂e membutuhkan investasi tahunan tambahan sebesar \$110 hingga 175 miliar untuk Amerika Serikat (0,8-1 persen PDB) dan \$90 hingga 150 miliar untuk Uni Eropa (0,6-0,9 persen PDB) pada 2030 (lihat tabel Kotak 4.2).

China

Mengurangi emisi secara signifikan di bawah tingkat saat ini merupakan tujuan yang sulit bagi China, produsen dan konsumen batu bara terbesar di dunia. China, bergantung pada batu bara untuk memenuhi kebutuhan energi komersialnya (dibandingkan dengan 24 persen di Amerika Serikat dan 16 persen di Eropa). Untuk memenuhi 450 bpj CO₂e, permintaan energi primer total harus turun sekitar 20-30 persen di bawah tingkat bisnis-seperti-biasanya pada 2050. Intensitas energinya harus turun sebesar 3,1 persen tiap tahun selama empat dekade mendatang.

Ternyata, PDB China naik empat kali lipat dari 1980-2000 sedangkan konsumsi energinya hanya meningkat dua kali lipat. Namun, setelah 2000, tren tersebut berbalik, meskipun intensitas energi terus turun di subsektor industri. Alasan utamanya: peningkatan tajam dalam bagian industri berat, didorong oleh permintaan yang kuat dari produksi domestik dan ekspor. China memproduksi 35 persen baja, 50 persen semen, dan 28 persen aluminium. Tahap perkembangan ini, ketika industri energi intensif mendominasi ekonomi, menimbulkan tantangan yang lebih berat untuk memisahkan emisi dari pembangunan.

China juga secara dramatis meningkatkan efisiensi pembangkit listrik tenaga batu baranya sebesar 15 persen selama satu dekade ke belakang menjadi rata-rata sebesar 34 persen. Sebuah kebijakan yang memerlukan penutupan pembangkit listrik tenaga batu bara skala kecil dan menyubstitusi pembangkit yang berskala besar selama dua tahun terakhir untuk mengurangi CO₂ sebesar 60 juta ton. Sebagian besar pembangkit listrik tenaga batu bara baru dilengkapi dengan teknologi superkritis sangat canggih dan ultra-superkritis.^c

Selain perkembangan ini, China masih harus mengurangi pembagian batu bara pada campuran energi utama secara dramatis untuk mencapai 450 bpj CO₂e (lihat tabel Kotak 4.3). Energi terbarukan dapat memenuhi lebih dari 40 persen permintaan energi toatal pada 2050. Beberapa skenario mempunyai program nuklir yang sangat ambisius, di mana China akan membangun pembangkit tenaga nuklir tiga kali lebih cepat dibandingkan yang pernah dilakukan oleh Perancis, dan kapasitas nuklirnya akan mencapai tujuh kali lipat kapasitas nuklir Perancis saat ini pada 2050. Dengan cadangan gas China saat ini, peningkatan dramatis yang diproyeksikan pada gas dari cadangan saat ini 2,5 hingga 40 persen dalam bauran energi primer pada 2050, seperti diasumsikan oleh beberapa model, akan menimbulkan masalah.

Dengan cadangan domestik yang besar, batu bara kemungkinan akan tetap menjadi sumber energi yang penting bagi China selama berdekade-dekade. Penangkapan dan penyimpanan karbon merupakan hal penting bagi pertumbuhan ekonomi China dalam dunia yang padat karbon. Beberapa skenario 450 bpj CO₂e memproyeksikan bahwa penangkapan dan penyimpanan karbon harus terpasang di 85-95 persen pembangkit listrik tenaga batu bara di China pada 2050—lebih besar dari perkiraan ketersediaan ekonomi saat ini mengenai kapasitas penyimpanan CO₂ sebesar 3 gigaton tiap tahun dalam 100 kilometer dari sumber emisi. Namun, penilaian situs lebih lanjut, terobosan teknologi, dan penetapan harga karbon masa mendatang dapat mengubah semua ini. Skenario 450 bpj CO₂e membutuhkan investasi tahunan tambahan bagi China sebesar \$30 miliar sampai \$260 miliar (0,5-2,6 persen PDB) pada 2030.

(Bersambung)

KOTAK 4.4 *Lanjutan*

India dan Negara Berkembang Lainnya

India menghadapi tantangan besar untuk mengubah jalur emisinya secara substansial dengan sumber dayanya yang terbatas berpotensi sebagai energi alternatif dan situs penyimpanan karbon. Seperti China, India sangat bergantung pada batu bara (53 persen dari permintaan energi komersialnya). Mencapai 450 bjp CO₂e akan memerlukan revolusi energi yang serius di India. Permintaan energi primer total harus turun dari tingkat bisnis-seperti-biasanya sebesar sekitar 15–20 persen pada 2050 dan intensitas energi harus turun 2,5 persen tiap tahunnya dari sekarang hingga 2050, menggandakan upaya satu dekade ke belakang. Namun, terdapat potensi besar untuk memperbaiki efisiensi energi dan mengurangi 29 persen transmisi teknis dan kehilangan distribusi, dibandingkan dengan rata-rata dunia sebesar 9 persen. Dan sementara efisiensi pembangkit listrik tenaga batu bara di India telah meningkat tahun-tahun belakangan ini, rata-ratanya masih rendah yaitu sebesar 29 persen, dan hampir semua pembangkit listrik tenaga batu bara berada dalam keadaan subkritis.

Seperti di China, bagian batu bara di campuran energi primer India harus secara dramatis dikurangi untuk mencapai 450 bjp CO₂e. Potensi tenaga air (150 gigawatt) dan tenaga angin pantai (65 gigawatt) sangatlah besar secara mutlak namun kecil jika dihubungkan dengan kebutuhan energi masa depan (12 persen dalam campuran pembangkit listrik pada 2050 dalam skenario 450 bjp CO₂e). Terdapat beberapa kemungkinan yang tak terpakai untuk mengimpor gas alam dan tenaga air dari negara tetangga, namun tetap ada kesulitan dalam menciptakan

perjanjian perdagangan energi yang melewati batas negara. Bagi tenaga surya yang memainkan perannya yang besar, biaya harus turun dengan signifikan. Beberapa model menyatakan bahwa India harus bergantung pada biomassa untuk memasok 30 persen energi primernya pada 2050 di bawah skenario 450 bjp CO₂e. Namun, ini mungkin melebihi potensi biomassa berkelanjutan India karena produksi biomassa bersaing dengan pertanian dan hutan untuk lahan dan air.

India memiliki ketersediaan situs penyimpanan karbon yang terbatas secara ekonomi, dengan kapasitas penyimpanan total kurang dari 5 gigaton CO₂, hanya cukup untuk menyimpan karbon selama tiga tahun jika 90 persen pembangkit listrik tenaga batu baranya dilengkapi dengan penangkapan dan penyimpanan karbon pada 2050, seperti diproyeksikan beberapa skenario 450 bjp CO₂e. Penilaian situs lebih lanjut dan terobosan teknologi dapat mengubah semua ini. Skenario 450 bjp CO₂e membutuhkan investasi tahunan tambahan sebesar \$40 hingga \$75 miliar bagi India (1,2-2,2 persen dari PDB) pada 2030.

Afrika Sub-Sahara (tidak termasuk Afrika Selatan) saat ini menyumbangkan 1,5 persen emisi CO₂ tahunan global yang berhubungan dengan energi, diproyeksikan akan tumbuh hingga hanya sebesar 2-3 persen pada 2050. Menyediakan jasa energi modern dasar bagi yang miskin harus menjadi prioritas utama, hanya meningkatkan sedikit emisi gas rumah kaca global. Namun, revolusi energi bersih global adalah relevan terhadap negara-negara berpendapatan rendah, yang kemungkinan dapat mempercepat ke generasi teknologi selanjutnya. Energi bersih dapat memainkan peran yang besar

dalam meningkatkan akses energi, dan mengejar efisiensi energi merupakan solusi jangka pendek biaya efektif untuk kebutuhan listrik yang besar.

Menurut model energi iklim, di bawah skenario 450 bjp CO₂e, sebagian besar negara berkembang akan perlu meningkatkan produksi energi terbarukannya. Afrika, Amerika Latin, dan Asia dapat berkontribusi dengan berpindah ke biomassa modern. Dan Amerika Latin dan Afrika memiliki tenaga air substansial yang tak terpakai, walaupun jumlahnya dapat dipengaruhi oleh hidrologi yang kurang dapat diandalkan yang disebabkan oleh perubahan iklim. Mereka juga akan membutuhkan peningkatan besar dalam gas alam.

Sumber: Calvin dkk., akan terbit; Chikkatu 2008; Dahowski dkk. 2009; de la Torre, Fajnzylber, dan Nash 2008; Dooley dkk. 2006; German Advisory Council on Global Change 2008; Government of India Planning Commission 2006; Holloway dkk. 2008; IEA 2008b; IEA 2008c; IIASA 2009; Lin dkk. 2006; McKinsey & Company 2009a; Riahi, Grubler, dan Nakicenovic 2007; Wang dan Watson 2009; Weber dkk. 2008; World Bank 2008c; Zhang 2008.

a. Hal ini didasarkan pada pasar karbon global yang terintegrasi dan tidak mempertimbangkan pembagian beban eksplisit apa pun antarnegara. Nyatanya, tidak demikian. Pembagian beban dijelaskan pada Bab 1, dan implikasi penundaan partisipasi oleh negara-negara non-Annex I dijelaskan pada Bab 6. Kami juga meninjau model-model dari negara-negara berkembang (China dan India), tetapi tidak ada informasi publik yang tersedia untuk skenario 450 bjp CO₂e.

b. Lin dkk. 2006. Produksi ekspor menyumbang sekitar sepertiga emisi China pada 2005 (Weber dkk. 2008).

c. Pembangkit superkritis dan ultrasuperkritis menggunakan suhu panas dan tekanan yang lebih tinggi untuk mencapai efisiensi yang lebih tinggi masing-masing sebesar 38-40 persen dan 40-42 persen, dibandingkan dengan pembangkit tenaga subkritis yang besar dengan rata-rata efisiensi sebesar 35-38 persen.

dan transfer teknologi rendah karbon bagi negara-negara berkembang, sambil mengejar teknologi maju rendah karbon dan menunjukkan bahwa pertumbuhan rendah karbon adalah memungkinkan.

Bertindak pada semua garis depan teknis dan kebijakan

Apa yang dibutuhkan untuk secara

fundamental mengubah sistem energi yang dapat memperkecil jurang antara ke mana dunia akan mengarah dan ke mana dunia seharusnya mengarah? Jawaban terletak pada sebuah portofolio mengenai teknologi energi bersih dan efisien untuk mengurangi intensitas energi dan berpindah ke bahan bakar rendah karbon. Pada tren saat ini, emisi

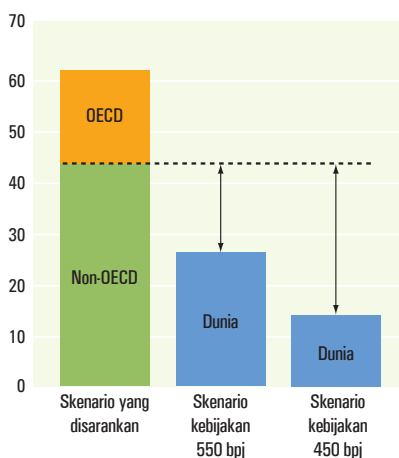
CO₂ yang berhubungan dengan energi global akan naik dari 26 gigaton pada 2005 hingga 43–62 pada 2050.⁴¹ Namun, jalur 450 bpj CO₂e mengharuskan bahwa emisi dikurangi hingga 12–15 gigaton, sebuah perbedaan mitigasi sebesar 28–48 gigaton pada 2050 (Figur 4.10). Model-model bergantung pada empat teknologi untuk menutup jurang tersebut—efisiensi energi (bobot terbesar), diikuti oleh energi terbarukan, penangkapan dan penyimpanan karbon serta nuklir.⁴²

Sebuah portofolio dari teknologi-teknologi ini dapat mencapai pemotongan emisi yang dalam yang dibutuhkan oleh jalur 450 bpj CO₂e pada biaya terendah, karena masing-masing memiliki batasan fisik dan ekonomi yang bervariasi, tergantung negaranya. Efisiensi energi menghadapi batasan dan kegagalan pasar. Tenaga angin, air, dan panas bumi terbatas hanya di situs-situs tertentu; biomassa terbatas oleh persaingan dari lahan dan air untuk makanan dan hutan (lihat Bab 3); tenaga surya masih mahal (Kotak 4.5). Tenaga nuklir menimbulkan kekhawatiran mengenai masalah senjata, manajemen limbah, dan keamanan reaktor. Penangkapan dan penyimpanan karbon belum secara komersial terbukti untuk pembangkit listrik, memiliki biaya yang tinggi, dan mungkin terbatas oleh posisinya yang dekat dengan situs penyimpanan di beberapa negara.

Analisis sensitivitas kerja sama pada beragam teknologi menyatakan bahwa 450 bpj CO₂e tidak dapat tercapai tanpa penyebaran skala besar efisiensi energi, energi terbarukan, dan penangkapan dan penyimpanan karbon,⁴³ dan mengurangi peranan nuklir yang akan menambah substansial dari tangkapan dan penyimpanan karbon serta terbarukan.⁴⁴ Ketidakpastian utama termasuk ketersediaan penangkapan dan penyimpanan karbon dan perkembangan

Figur 4.9 Aksi global merupakan hal yang penting untuk membatasi pemanasan pada 2°C (450 bpj) atau 3°C (550 bpj). Negara-negara maju saja tidak dapat membuat dunia menuju jalur 2°C atau 3°C, bahkan jika mereka dapat mengurangi emisinya menjadi nol pada 2050

Emisi CO₂ tahunan pada 2050 (Gt/tahun)



Sumber: Diadaptasi dari IEA 2008b; Calvin dkk., akan terbit.

Catatan: Jika emisi terkait energi dari negara-negara maju (oranye) berkurang sampai nol, emisi dari negara-negara berkembang (hijau) dalam pola bisnis-seperti-biasanya masih akan melebihi tingkat emisi global yang dibutuhkan untuk mencapai skenario 550 bpj CO₂e dan 450 bpj CO₂e (biru) pada 2050.

Tabel 4.3 Keadaan negara yang berbeda-beda memerlukan pendekatan yang disesuaikan

Negara-negara	Kebijakan dan teknologi rendah karbon
Negara-negara berpendapatan rendah	Memperluas akses energi melalui pilihan jaringan dan non-jaringan Menyebarkan efisiensi energi dan energi terbarukan kapanpun saat biayanya rendah Menghilangkan subsidi bahan bakar fosil Mengadopsi penetapan harga dengan biaya pemulihan Melompat pada generasi terdistribusi, di mana jaringan infrastruktur tidak tersedia
Negara-negara berpendapatan menengah	Meningkatkan efisiensi energi dan energi terbarukan Mengintegrasikan pendekatan kota dan transportasi pada penggunaan rendah karbon Menghilangkan subsidi bahan bakar fosil Mengadopsi penetapan harga dengan biaya pemulihan termasuk eksternalitas lokal Memimpin penelitian, pengembangan, dan demonstrasi pada teknologi baru
Negara-negara berpendapatan tinggi	Menjalankan pemotongan emisi yang dalam di negara sendiri Mengenakan harga pada karbon: batas dan perdagangan atau pajak karbon Menghilangkan subsidi bahan bakar fosil Meningkatkan penelitian, pengembangan, dan demonstrasi pada teknologi baru Mengubah gaya hidup konsumsi energi tinggi Menyediakan pendanaan dan teknologi rendah karbon untuk negara-negara berkembang

Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia.

biofuel generasi kedua. Dengan teknologi yang dipakai saat ini, terdapat ruang yang terbatas bagi fleksibilitas dalam portofolio teknologi.

Namun, menurut sejarah, terobosan inovasi dan teknologi telah mengurangi biaya untuk mengatasi batasan teknis yang berat, dengan tindakan yang

KOTAK 4.5 *Teknologi energi terbarukan memiliki potensi yang besar tetapi menghadapi berbagai batasan*

Biomassa

Biomassa modern sebagai bahan bakar tenaga listrik, panas, dan transportasi memiliki potensi mitigasi yang tinggi dibandingkan semua sumber terbarukan.^a Biomassa tersebut berasal dari residu pertanian dan hutan, juga tanaman energi. Untuk residu biomassa, pasokan bahan bakar yang dapat diandalkan dalam jangka panjang yang diantarkan ke pabrik pada harga yang masuk akal merupakan tantangan terbesar; masalah utamanya adalah batasan logistik dan biaya pengumpulan bahan bakar. Tanaman energi, jika tidak dikelola dengan tepat, bersaing dengan produksi makanan dan mungkin akan memiliki dampak yang tidak diinginkan pada harga makanan (lihat Bab 3). Produksi biomassa juga sensitif terhadap dampak fisik perubahan iklim.

Proyeksi peraturan masa depan tentang biomassa mungkin berlebihan, memberikan batasan pada suplai biomassa yang berkelanjutan, kecuali ada terobosan teknologi yang dapat meningkatkan produktivitas. Model iklim energi memproyeksikan bahwa penggunaan biomassa dapat meningkat hampir empat kali lipat menjadi sekitar 150–200 exajoule, hampir seperempat dari energi primer dunia pada 2050.^b Walaupun demikian, potensi maksimal teknik berkelanjutan dari sumber daya biomassa (baik residu maupun tanaman energi) tanpa mengganggu tanaman pangan dan sumber daya hutan yang berkisar antara 80–170 exajoule per tahun pada 2050,^c dan hanya sebagian yang mungkin terjadi secara nyata dan ekonomi. Sebagai tambahan, beberapa model iklim bergantung pada penangkapan dan penyimpanan karbon berdasarkan biomassa, teknologi yang belum terbukti, untuk mencapai emisi negatif, dan “membeli” waktu selama setengah pertama abad ini.^d

Beberapa biofuel cair seperti etanol berbasis jagung, umumnya untuk transportasi, kemungkinan akan memperparah dan bukan mengurangi emisi karbon pada siklus hidup. Biofuel generasi kedua, berdasarkan pada pasokan *ligno-cellulosic*—seperti jerami, *bagasse*, rumput vegetatif, dan kayu—memiliki potensi penghasilan tinggi dan produksi berkelanjutan yang mengeluarkan sedikit gas rumah kaca, namun masih berada dalam tahap penelitian dan pengembangan.

Tenaga surya

Tenaga surya, sumber energi paling melimpah di Bumi, merupakan industri energi yang paling cepat berkembang. Tenaga surya memiliki dua teknologi utama—sistem tenaga surya fotovoltaik (sel surya) dan pemusatan tenaga surya. Sistem tenaga surya fotovoltaik secara langsung mengubah tenaga surya menjadi listrik. Pemusatan tenaga surya menggunakan cermin untuk memfokuskan cahaya matahari pada cairan transfer yang menghasilkan uap untuk mendorong turbin konvensional. Pemusatan tenaga surya jauh lebih murah, dan menawarkan potensi terbesar untuk memproduksi tenaga listrik dasar berskala besar yang dapat menggantikan pembangkit listrik berbahan bakar fosil. Namun, ekspansinya dibatasi oleh lokasi geografis, infrastruktur transmisi, dan kebutuhan pendanaan yang besar. Fotovoltaik lebih tidak sensitif terhadap lokasi, lebih cepat dibangun, dan sesuai untuk pembangkitan terdistribusi, sistem bangunan yang terintegrasi, dan penerapan di luar jaringan listrik. Pemanas air tenaga surya dapat secara substansial mengurangi penggunaan gas atau listrik untuk memanaskan air di dalam bangunan. China, yang mendominasi pasar global, memproduksi lebih dari 60 persen kapasitas global.

Pemusatan tenaga surya akan dapat bersaing dari segi biaya dengan batu bara pada harga \$60 hingga 90 per ton CO₂.^e Diproyeksikan bahwa pemusatan tenaga surya akan bersaing biaya dengan batu bara dalam kurang dari 10 tahun, dan kapasitas global yang telah terpasang dapat naik hingga 45–50 gigawatt pada 2020.^f Serupa dengan hal itu, fotovoltaik memiliki laju pembelajaran sebesar 15–20 persen, seiring dengan menurunnya biaya untuk setiap penggantian kapasitas yang dibangun.^g Oleh karena kapasitas globalnya masih kecil, potensi pengurangan biaya melalui pembelajarannya substansial.

Angin, air, dan panas bumi

Semuanya terbatas oleh sumber daya dan situs yang sesuai. Angin tumbuh pada laju 25 persen tiap tahun selama lima tahun terakhir, dengan kapasitas yang terpasang sebesar 120 gigawatt pada 2008. Di Eropa lebih banyak pembangkit listrik bertenaga angin yang dibangun, daripada

teknologi pembangkit listrik lainnya pada tahun 2008. Namun, perubahan iklim dapat memengaruhi sumber angin—kecepatan angin yang lebih tinggi namun pola angin yang lebih bervariasi.^h

Tenaga air merupakan pemimpin dalam sumber listrik terbarukan di seluruh dunia, menyumbang sebanyak 16 persen dari tenaga listrik global. Potensinya terbatas oleh ketersediaan situs yang sesuai (dengan potensi eksploitasi global yang ekonomis sebanyak 6 juta gigawatt-jam tiap tahunnya),ⁱ kebutuhan modal yang besar, waktu tunggu yang lama untuk dikembangkan, kekhawatiran mengenai dampak sosial dan lingkungan, dan variabilitas iklim (terutama air). Lebih dari 90 persen dari potensi yang memungkinkan secara ekonomis namun tidak tereksplorasi berada di negara berkembang, terutama Afrika Sub-Sahara, Asia Selatan dan Timur, serta Amerika Latin.^j Afrika mengeksplorasi hanya 8 persen dari potensi tenaga airnya.

Bagi banyak negara di Afrika dan Asia Selatan, perdagangan tenaga air regional dapat menyediakan pasokan energi dengan biaya paling sedikit dengan nol emisi karbon. Namun, kurangnya kemauan dan kepercayaan politik dan kekhawatiran mengenai ketahanan energi membatasinya. Dan variabilitas iklim yang lebih besar akan memengaruhi air. Kekeringan atau pencairan gletser akan membuat pasokan tenaga air tidak dapat diandalkan di beberapa negara. Setelah stagnan selama dua dekade, tenaga air sekarang sedang berkembang, terutama di Asia. Namun, krisis keuangan saat ini membuatnya lebih sulit untuk meningkatkan pendanaan untuk memenuhi kebutuhan modal yang besar.

Panas bumi dapat menyediakan tenaga listrik, pemanasan, dan pendinginan. Panas bumi melayani 26 persen kebutuhan listrik dan permintaan pemanasan di Islandia untuk 87 persen bangunan. Namun dibutuhkan komitmen pendanaan yang besar untuk melakukan investigasi geologis di awal, dan pengeboran sumur-sumur panas bumi adalah mahal.

Jaringan dan ukuran yang cerdas

Dengan komunikasi digital dua arah antara pembangkit listrik dengan pengguna, jaringan

(Bersambung)

KOTAK 4.5 *Lanjutan*

listrik cerdas dapat menyeimbangkan pasokan dan permintaan dalam waktu nyata, puncak permintaan yang mulus, dan membuat konsumen berpartisipasi aktif dalam produksi dan konsumsi listrik. Ketika bagian pembangkitan dari sumber terbarukan variabel seperti angin dan tenaga surya meningkat, jaringan listrik cerdas dapat mengatasi fluktuasi listrik dengan lebih baik.^k Jaringan listrik cerdas juga memungkinkan kendaraan listrik

untuk menyimpan tenaga listrik ketika dibutuhkan atau menjualnya kembali kepada jaringan listrik. Alat ukur cerdas dapat berkomunikasi dengan konsumen, yang kemudian dapat mengurangi biaya dengan mengubah peralatan atau waktu penggunaan.

Sumber:

- a. IEA 2008b.
b. IEA 2008b; Riahi, Grübler, dan Nakićenović 2007;

- IIASA 2009; Knopf dkk., akan terbit.
c. German Advisory Council on Global Change 2008; Rokityanskiy dkk. 2006; Wise dkk. 2009.
d. Riahi, Grübler, dan Nakićenović 2007; IIASA 2009.
e. IEA 2008b; Yates, Heller, dan Yeung 2009.
f. Yates, Heller, dan Yeung 2009.
g. Neij 2007.
h. Pryor, Barthelmie, dan Kjellstrom 2005.
i. IEA 2008b.
j. World Bank 2008b.
k. Worldwatch Institute 2009.

efektif dan kebijakan yang tepat waktu yang ada—kunci untuk menghadapi dunia saat ini. Contoh hujan asam dan penipisan ozon merupakan dua dari sekian banyak yang menunjukkan bahwa perkiraan biaya perlindungan lingkungan berdasarkan lingkup teknologi sebelum peraturan diperketat secara dramatis.⁴⁵

Kebijakan pembangunan cerdas iklim, perlu disesuaikan dengan kemajuan masing-masing teknologi dan konteks nasional serta dapat mempercepat pembangunan dan penyebaran teknologi-teknologi ini (Figur 4.11 dan Tabel 4.4).

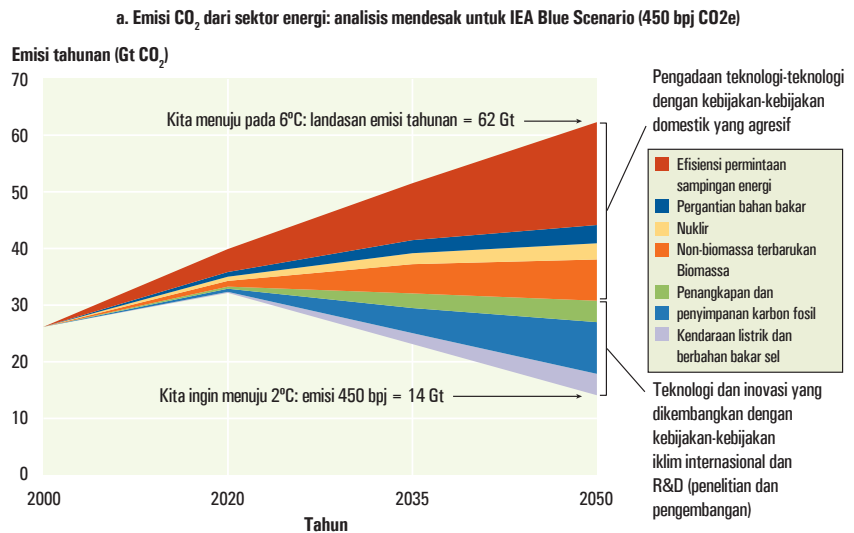
Efisiensi energi. Dalam jangka pendek sumber pengurangan emisi terbesar dan termurah adalah peningkatan efisiensi energi dalam penyediaan dan permintaan listrik, industri, bangunan, dan transportasi. Teknologi yang dibangun menawarkan pengurangan jangka pendek emisi gas rumah kaca dengan menangkap emisi metana⁴⁶ dari tambang batu bara, limbah padat publik, dan pembakaran gas serta mengurangi emisi karbon hitam dari biofuelmasa tradisional. Teknologi tersebut juga dapat meningkatkan keamanan tambang batu bara dan meningkatkan kesehatan publik dengan mengurangi polusi udara.⁴⁷ Banyak peraturan efisiensi

energi yang secara keuangan menarik bagi investor, namun tidak sepenuhnya disadari. Agar penghematan rendah biaya ini terealisasi dibutuhkan peraturan seperti standar efisiensi dan kode-kode—dikombinasikan dengan insentif pendanaan, reformasi institusional, mekanisme pendanaan, dan pendidikan konsumen—untuk memperbaiki kegagalan dan hambatan pasar.

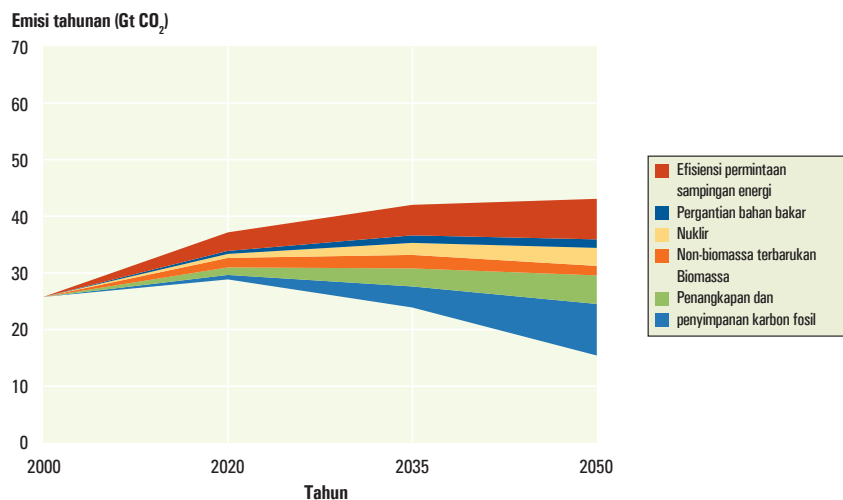
Mengadakan teknologi suplai sampingan

rendah karbon. Dalam jangka pendek hingga menengah, bahan bakar rendah atau emisi nol bagi sektor listrik—energi terbarukan dan nuklir—tersedia secara komersial dan dapat disebar dengan lebih luas saat ini di bawah kerangka kerja kebijakan dan peraturan yang tepat. Jaringan yang kuat dan cerdas dapat meningkatkan kenadalan jaringan listrik dan meminimalisasi efek samping ketergantungan pada variabel energi terbarukan dan pembangkitan terdistribusi (lihat Kotak 4.5). Peralihan bahan bakar dari batu bara menjadi gas alam juga memiliki potensi mitigasi yang bagus, namun meningkatkan risiko ketahanan energi bagi negara-negara pengimpor gas. Sebagian besar teknologi energi terbarukan telah tersedia secara ekonomi namun belum secara pendanaan, jadi suatu bentuk subsidi

Figur 4.10 Jurang emisi antara di mana dunia sekarang berada dan ke mana harus menuju sangatlah besar, tetapi sebuah portofolio teknologi bersih energi dapat membantu dunia tetap berada pada 450 bpj CO₂e (2°C)



b. Emisi CO₂ dari sektor energi: analisis mendesak untuk MESSAGE B2 (450 bpj CO₂e)



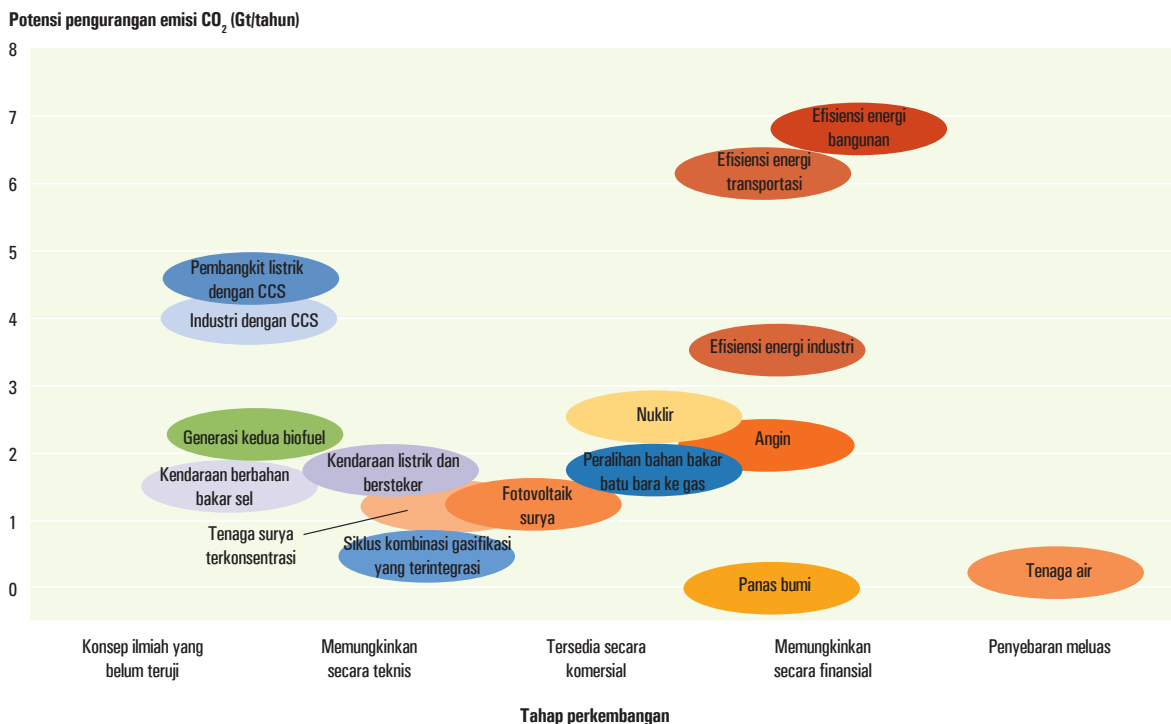
Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia, berdasarkan data Riahi, Grübler, dan Nakićenović 2007; IIASA 2009; IEA 2008b.

Catatan: Pergantian bahan bakar merupakan peralihan dari batu bara ke gas. Non-biomassa terbarukan termasuk surya, angin, tenaga air, dan panas bumi. Penangkapan dan penyimpanan karbon fosil merupakan bahan bakar fosil dengan penangkapan dan penyimpanan. Sementara potensi mitigasi sebenarnya dari masing-masing desakan mungkin bervariasi berdasarkan masing-masing model bergantung pada landasan, kesimpulan keseluruhan masih tetap sama.

(untuk menginternalisasi eksternalitas) diperlukan untuk membuatnya mampu bersaing secara biaya dengan bahan bakar fosil. Mengadopsi teknologi-teknologi ini pada skala yang lebih besar mengharuskan bahwa harga bahan bakar fosil melambangkan biaya penuh produksi dan eksternalitas, dengan insentif pendanaan untuk mengadopsi teknologi rendah karbon.

Teknologi maju. Ketika teknologi yang memungkinkan secara finansial dapat menyediakan pembagian yang substansial dari beragam kebutuhan dalam jangka waktu pendek hingga menengah,48 membatasi pemanasan pada 2°C memerlukan pengembangan dan penyebaran teknologi yang telah maju (penangkapan dan penyimpanan karbon dalam pembangkit listrik dan energi,

Figur 4.11 Tujuannya adalah untuk menekan teknologi rendah karbon dari konsep yang belum terbukti menjadi penyebaran yang meluas dan menuju pengurangan emisi yang lebih besar



Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia, berdasarkan data dari World Bank 2008a dan IEA 2008a (potensi mitigasi dari IEA Blue Scenario pada 2050).

Catatan: Lihat Tabel 4.4 untuk penjelasan rinci tahapan perkembangan teknologi. Kelompok teknologi yang diadakan dapat berkembang maju melalui tahapan yang berbeda pada satu waktu tetapi di pengaturan negara yang berbeda dan pada skala yang berbeda. Angin, misalnya, sudah bersaing dalam biaya dengan pembangkit listrik tenaga gas di sebagian besar Amerika Serikat (Wiser dan Bollinger 2008). Namun di China dan India, angin mungkin lebih memungkinkan secara ekonomi tetapi tidak secara finansial dibandingkan dengan pembangkit listrik tenaga baru. Jadi untuk energi bersih, teknologi-teknologi tersebut perlu diadopsi di lebih banyak tempat dan pada skala yang lebih besar, harus bergerak dari bagian atas ke bagian bawah pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Instrumen kebijakan yang disesuaikan dengan kemajuan teknologi

	Penjelasan/definisi	Masalah yang harus diatasi untuk melanjutkan ke tahap selanjutnya	Dukungan kebijakan
Memungkinkan secara teknis	Dasar ilmiahnya dibuktikan dan diuji di laboratorium dan/atau pada skala terbatas. Namun beberapa hambatan teknis dan biaya tetap ada.	Pembangunan dan demonstrasi untuk membuktikan kemungkinan operasi pada skala tertentu dan meminimalkan biaya. Menginternalisasi eksternalitas global.	Kebijakan perkembangan teknologi: Penelitian dan pengembangan publik dan swasta yang substansial, dan demonstrasi skala besar. Menginternalisasi eksternalitas global melalui pajak karbon atau pembatasan dan perdagangan karbon.
Tersedia secara komersial dan memungkinkan secara ekonomi	Teknologi tersedia dari perusahaan komersial. Biaya yang diproyeksikan dipahami dengan baik. Teknologinya memungkinkan secara ekonomi, dibenarkan oleh keuntungan pembangunan negara. Namun, teknologi belum dapat bersaing dengan bahan bakar fosil tanpa subsidi dan/atau internalisasi eksternalitas lokal	Penetapan tingkat bidang bermain antara energi bersih dengan bahan bakar fosil.	Kebijakan domestik untuk menyediakan tingkat bidang bermain: Menghilangkan subsidi bahan bakar fosil dan menginternalisasi eksternalitas lokal. Menyediakan insentif pendanaan bagi teknologi energi bersih.
Memungkinkan secara finansial	Teknologinya memungkinkan secara finansial untuk menarik investor—biayanya bersaing dengan bahan bakar fosil, atau mempunyai pengembalian dana yang tinggi dan periode pembayaran kembali yang pendek untuk pilihan permintaan.	Kegagalan dan batasan pasar menghalangi percepatan adopsi melalui pasar.	Peraturan, dengan insentif pendanaan untuk menghilangkan kegagalan dan hambatan pasar. Dukungan bagi mekanisme pengantaran dan program pendanaan untuk memperluas adopsi. Pendidikan konsumen.
Tersebar luas	Teknologi diadopsi secara luas melalui operasi pasar.		

Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia.

KOTAK 4.6 *Teknologi Maju*

Penangkapan dan penyimpanan karbon (*carbon capture and storage, CCS*) dapat mengurangi emisi dari bahan bakar fosil hingga 85–95 persen, dan penting bagi keberlanjutan peran bahan bakar fosil dalam dunia yang dibatasi oleh karbon. Hal tersebut melibatkan tiga langkah utama:

- Penangkapan CO₂ dari sumber-sumber stasioner yang besar, seperti pembangkit listrik atau proses industri lainnya, sebelum atau setelah pembakaran.
- Transportasi menuju situs penyimpanan dengan jalur pipa.
- Penyimpanan melalui injeksi CO₂ ke dalam situs-situs geologis, termasuk ladang yang telah kehilangan minyak dan gas untuk meningkatkan pemulihan minyak dan gas, ladang batu bara untuk meningkatkan pemulihan metana ladang batu bara, pembentukan garam di laut dalam, dan di laut.

Saat ini, biaya CCS sangat bersaing dengan batu bara konvensional hanya pada harga \$50 hingga \$90 per ton CO₂.^a Masih pada tahap penelitian dan pengembangan, CCS sama sekali belum matang. Jumlah situs geologis yang tersedia secara ekonomis yang dekat dengan sumber emisi karbon amat bervariasi dari negara ke negara. Kesempatan awal untuk menurunkan biaya-biaya terdapat pada ladang minyak yang kosong dan pemulihan minyak yang ditingkatkan,

tetapi penyimpanan di akuifer asin yang dalam juga akan dibutuhkan untuk pemotongan emisi yang cukup besar. Hal ini juga secara signifikan mengurangi efisiensi pembangkit listrik dan berpotensi bocor.

Prioritas jangka pendeknya haruslah memicu proyek demonstrasi skala besar untuk mengurangi biaya dan meningkatkan keandalan. Empat proyek komersial skala besar untuk demonstrasi penangkapan dan penyimpanan karbon sedang beroperasi di seluruh dunia—Sleipner (Norwegia), Weyburn (Kanada-Amerika Serikat), Salah (Algeria), dan Snøhvit (Norwegia)—sebagian besar dari gas atau gasifikasi batu bara. Bersama-sama, proyek ini menangkap 4 juta ton CO₂ setiap tahunnya. Jalur 450 bpi CO₂e membutuhkan 30 pembangkit listrik demonstrasi skala besar pada 2020.^b Menangkap CO₂ dari pembangkit listrik berefisiensi rendah tidaklah memungkinkan secara ekonomis, sehingga pembangkit listrik yang baru harus dibangun dengan teknologi berefisiensi tinggi untuk dapat diretrofitkan dengan CCS nantinya. Kerangka kerja legal dan peraturan harus dibangun untuk injeksi CO₂ dan untuk mengatasi keandalan jangka panjang. Uni Eropa telah mengadopsi penyimpanan geologis CO₂ secara langsung, dan Amerika Serikat telah mengajukan peraturan CCS. Penilaian terinci mengenai potensi situs penyimpanan karbon juga diperlukan, terutama di negara-

negara berkembang. Tanpa upaya internasional yang besar, memecahkan keseluruhan rantai masalah teknis, legal, institusional, pendanaan, dan lingkungan dapat memerlukan waktu satu dekade atau lebih sebelum penerapannya diskalakan.

Plug-in hibrida menawarkan potensi pilihan jangka pendek sebagai cara transisi menuju kendaraan yang sepenuhnya digerakkan oleh listrik. Kendaraan jenis hibrida ini menggabungkan baterai dengan mesin pembakaran internal yang lebih kecil, yang memungkinkan perjalanan sebagian dengan listrik yang disediakan oleh jaringan listrik melalui pengisian ulang saat malam hari. Ketika berjalan dengan listrik dari energi terbarukan, hibrida tersebut mengeluarkan CO₂ lebih kecil 65 persen dibandingkan dengan mobil berbahan bakar bensin.^b Namun, hibrida meningkatkan konsumsi listrik, dan pengurangan emisi nettoanya bergantung pada sumber listrik. Perbaikan yang signifikan dan pengurangan biaya dalam teknologi penyimpanan energi sangatlah diperlukan. Kendaraan listrik sepenuhnya berjalan dengan tenaga baterai, namun memerlukan kapasitas baterai yang lebih besar daripada plug-in hibrida dan jauh lebih mahal.

Sumber:

a. IEA 2008b.

b. IEA 2008b.

c. IEA 2008b.

d. NRDC 2007.

biofuel generasi kedua, dan kendaraan listrik) pada skala dan kecepatan yang belum pernah terjadi sebelumnya (lihat Kotak 4.6). Kebijakan memberi harga yang tepat pada karbon adalah hal yang penting, begitu juga dengan upaya internasional untuk mentransfer teknologi rendah karbon ke negara-negara berkembang. Dengan waktu tunggu yang lama bagi perkembangan teknologi dan waktu pemuncakan yang lebih cepat untuk mencapai 2°C, pemerintah perlu meningkatkan upaya penelitian, pengembangan, dan demonstrasi saat ini juga untuk mempercepat inovasi dan penyebaran

teknologi-teknologi maju. Negara-negara maju akan perlu memimpin dalam merealisasikan teknologi-teknologi ini.

Diperlukan suatu pendekatan sistem yang terintegrasi untuk memastikan kebijakan yang sesuai bagi pengurangan emisi sektor dan ekonomi. Mekanisme berdasarkan pasar, seperti pembatasan dan perdagangan karbon atau pajak karbon (Bab 6), memungkinkan sektor swasta untuk berinvestasi dalam teknologi rendah karbon berbiaya terendah untuk mencapai pemotongan emisi yang cukup besar.

Pendekatan kota dan transportasi yang terintegrasi menggabungkan

perencanaan kota, transportasi publik, bangunan energi efisien, pembangkitan sumber terbarukan yang terdistribusi, dan kendaraan bersih (Kotak 4.7). Pengalaman pionir Amerika Latin dengan *rapid bus transits*—jalur khusus bus, tarif bus prabayar, dan koneksi antarmoda yang efisien—merupakan contoh transformasi kota di perbatasan.⁴⁹ Pergeseran moda menjadi transit massal memiliki keuntungan sampingan perkembangan yang besar dari penghematan waktu di jalan, berkurangnya kemacetan, dan kesehatan publik yang lebih baik karena berkurangnya polusi udara lokal.

Mengubah perilaku dan gaya hidup untuk mencapai masyarakat rendah karbon akan memerlukan upaya pendidikan yang teratur selama bertahun-tahun. Namun, dengan mengurangi perjalanan, pemanasan, pendinginan, dan penggunaan peralatan, dan beralih ke transit massal, perubahan gaya hidup dapat mengurangi emisi CO₂ tahunan sebesar 3,5–5,0 gigaton pada 2030—8 persen dari yang dibutuhkan (lihat Bab 8).⁵⁰

Pemerintah tidak perlu menunggu suatu perjanjian global—pemerintah dapat mengadopsi kebijakan energi efisien dan bersih domestik sekarang juga, yang dibenarkan oleh keuntungan sampingan perkembangan dan pendanaan. Seperti sama-sama menguntungkan secara domestik mengukur dapat dilaksanakan sepanjang jalan dekat dengan perbedaan mitigasi,⁵¹ tetapi harus ditambahkan dengan perjanjian iklim internasional untuk menjembatani jurang yang ada.

Merealisasikan penghematan dari efisiensi energi

Secara global, tambahan satu dollar yang diinvestasikan dalam efisiensi energi

dapat menghindari lebih dari dua dollar dalam investasi pada sisi pasokan, dan imbal hasilnya lebih besar lagi di negara-negara berkembang.⁵² Jadi efisiensi energi (*negawatt*) dapat dianggap seimbang dengan ukuran-ukuran tradisional pada sisi pasokan (*megawatt*) dalam perencanaan sumber daya energi. Efisiensi energi mengurangi tagihan energi bagi konsumen, meningkatkan tingkat persaingan industri, dan menciptakan lapangan kerja. Efisiensi energi penting bagi jalur 2°C, karena memberikan tambahan waktu dengan menunda kebutuhan untuk membangun kapasitas tambahan sementara teknologi maju energi bersih sedang dikembangkan dan dipasarkan.

Bangunan mengonsumsi hampir 40 persen energi (final) dunia,⁵³ sekitar setengahnya untuk pemanasan ruang dan air panas, dan sisanya untuk peralatan listrik, termasuk lampu, AC, dan kulkas.⁵⁴ Kesempatan untuk meningkatkan efisiensi energi terletak pada tutupan bangunan (atap, dinding, jendela, pintu, dan penyekat), pada pemanasan ruang dan air, dan pada peralatan. Bangunan menimbulkan salah satu pilihan mitigasi yang paling efektif dari segi biaya, dengan lebih dari 90 persen potensi mitigasinya dicapai dengan harga CO₂ kurang dari \$20 untuk satu tonnya.⁵⁵ Studi menemukan bahwa teknologi efisiensi energi yang ada saat ini dapat efektif secara biaya, menghemat 30 hingga 40 persen penggunaan energi di bangunan baru, ketika dievaluasi berdasarkan siklus hidupnya.

Sementara kebanyakan penelitian ini didasarkan atas pengalaman negara-negara maju, potensi penghematan energi di negara-negara berkembang dapat lebih besar karena garis acuannya yang rendah. Sebagai contoh, teknologi pemanasan ruang yang saat ini digunakan

KOTAK 4.7 Peran kebijakan kota dalam mencapai keuntungan sampingan mitigasi dan pembangunan

Urbanisasi sering disebut sebagai pendorong utama pertumbuhan emisi global^a namun sebaiknya dipahami sebagai pendorong utama pembangunan.^b Oleh karena itu, urbanisasi menjadi bagian penting dari pembuatan kebijakan iklim dan pembangunan. Sebagian besar emisi terjadi di kota karena di situlah sebagian besar produksi dan konsumsi terjadi. Dan konsentrasi tinggi populasi dan aktivitas ekonomi di kota sebenarnya dapat meningkatkan efisiensi—jika kebijakan-kebijakan yang tepat tersedia. Sejumlah faktor mengemukakan perlunya agenda iklim kota.

Pertama, kota yang lebih padat juga lebih efisien energi dan emisi (misalnya, pada sektor transportasi; lihat figur di bawah), dan kebijakan lokal sangatlah penting untuk mendorong pemadatan.^c Kedua, pengaruh yang kuat dan memaksa dari infrastruktur pada keputusan pengutipan perumahan dan komersial jangka panjang mengurangi responsivitas emisi terhadap sinyal harga. Oleh karena itu, peraturan pelengkap dan perencanaan tata guna lahan diperlukan. Ketiga, ketergantungan antarsistem yang menata bentuk kota—jalan dan jalur transit publik; air, limbah cair, dan jasa

listrik; dan bangunan perumahan, komersial, dan industri—dan tidak mudah diubah ketika pola awal telah terbentuk, meningkatkan urgensi perancangan kota rendah emisi di negara dengan pertumbuhan kota yang cepat.

Seperti yang dijelaskan pada Bab 8, kota-kota telah menjadi sumber momentum politik dan akan memajukan tindakan mitigasi pada tahap internasional bahkan ketika kota tersebut mengejar inisiatifnya sendiri di rumah. Berlawanan dengan asumsi awal yang umum bahwa pengambilan keputusan lokal berfokus pada permasalahan lokal, lebih dari 900 kota di AS telah menandatangani untuk memenuhi atau melebihi sasaran Protokol Kyoto untuk mengurangi emisi gas rumah kaca,^d sedangkan C40 Cities Climate Leadership Group yang bertujuan untuk mempromosikan tindakan melawan perubahan iklim menyertakan kota-kota besar di semua benua.^e

Kota memiliki kemampuan unik untuk merespons masalah global seperti perubahan iklim pada tingkat lokal yang nyata. Banyak kota telah mengeluarkan peraturan yang menentang penggunaan kantong plastik, mangkuk sekali pakai, atau air dalam botol. Inisiatif-inisiatif ini

mungkin penting bagi pemberitahuan sosial, tetapi dampak lingkungannya sejauh ini hanyalah minimal. Upaya yang lebih dalam dan berdampak lebih hebat—seperti pengurangan kepadatan, insentif bangunan hijau, dukungan bagi rancangan kota yang membutuhkan ketergantungan kendaraan yang lebih sedikit, dan melaksanakan pemberian harga pada pajak lahan dan hak pembangunan—akan membutuhkan momentum budaya yang lebih komprehensif untuk mengatasi preferensi gaya hidup karbon yang sudah begitu mendarah daging (atau aspirasional). Untungnya, sebagian besar peraturan yang dibutuhkan untuk mitigasi memiliki keuntungan bagi adaptasi terhadap perubahan iklim, yang akan mengurangi perdagangan.

Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia.

a. Dodman 2009.

b. World Bank 2008f.

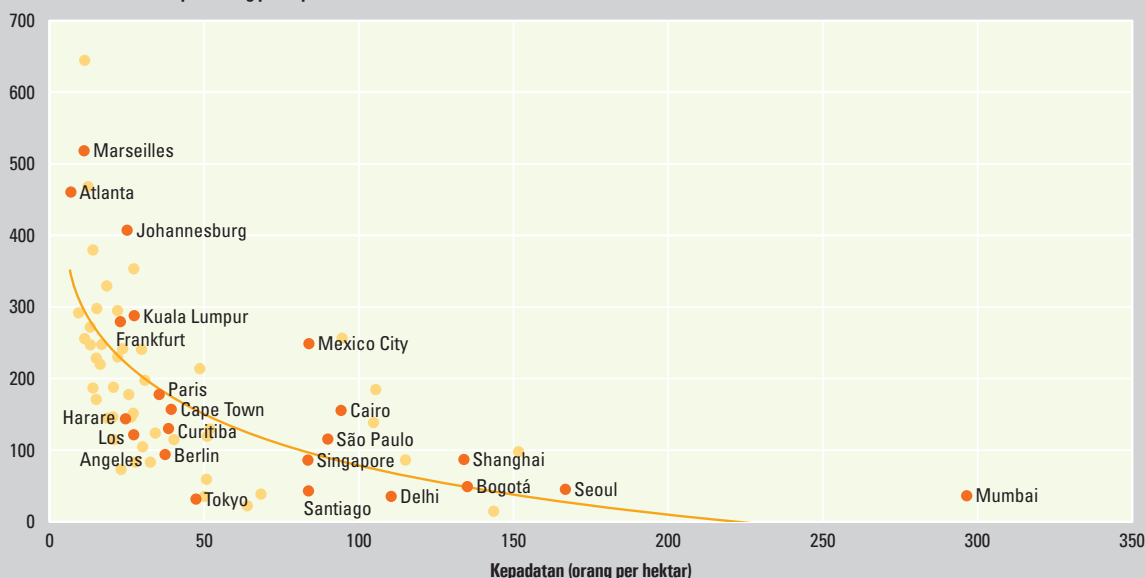
c. World Bank 2009b.

d. U.S. Conference of Mayors Climate Change Protection Agreement.

e. Lihat <http://www.c40cities.org/>. Sebagai tambahan, United Cities and Local Governments dan International Council for Local Environmental Initiatives telah bergabung dalam resolusi yang meminta suara lebih banyak untuk kota-kota dalam proses negosiasi UNFCCC.

Emisi dari transportasi sangat lebih rendah pada kota-kota yang padat

Emisi individual dari transportasi (kg per kapita)



Sumber: World Bank 2009b.

Catatan: Figur tersebut tidak cocok untuk pendapatan karena regresi dari transportasi terhadap kepadatan dan pendapatan mengungkapkan bahwa kepadatan, bukan pendapatan, yang merupakan faktor utama. Data adalah untuk tahun 1995.

di bangunan China mengonsumsi 50 hingga 100 persen energi lebih banyak dibandingkan dengan di Eropa Barat. Membuat bangunan lebih energi efisien di China menambahkan 10 persen biaya konstruksi namun menghemat lebih dari 50 persen biaya energi.⁵⁷ Inovasi teknologi seperti bahan bangunan yang canggih dapat meningkatkan lebih jauh potensi penghematan energi (Bab 7). Rancangan bangunan beremisi nol yang terintegrasi, menggabungkan peraturan efisiensi energi dengan tenaga listrik di lokasi dan panas dari matahari dan biomassa, secara teknis dan ekonomis telah memungkinkan—dan biayanya terus menurun.⁵⁸

Industri manufaktur bertanggung jawab terhadap sepertiga dari penggunaan energi global, dan potensi penghematan energi dalam industri sangatlah besar di negara-negara berkembang. Kesempatan-kesempatan utama yang ada termasuk meningkatkan efisiensi dari perlengkapan energi intensif, seperti motor dan pemanas, dan dari industri intensif energi, seperti besi, baja, semen, bahan kimia, dan petrokimia. Salah satu peraturan yang paling efektif dari segi biaya adalah penggabungan panas dan tenaga listrik. Pengadaan teknologi dan penerapan terbaik dapat mengurangi konsumsi energi pada sektor industri sebesar 20–25 persen, membantu mengurangi jejak karbon tanpa mengorbankan pertumbuhan.⁵⁹ Di Meksiko, pembangkitan listrik sumber ganda di kilang-kilang Pemex, perusahaan minyak besar milik negara, dapat menyediakan lebih dari 6 persen kapasitas pembangkit listrik terpasang dari seluruh negara pada biaya mitigasi negatif (berarti bahwa penjualan listrik terbuang dan panas sebelumnya akan menghasilkan pendapatan yang cukup

dari hanya menutup kerugian investasi yang diperlukan).⁶⁰

Memperbaiki efisiensi bahan bakar kendaraan, misalnya dengan berpindah pada mobil hibrida, merupakan hal yang paling efektif secara biaya yang berarti memotong emisi pada sektor transportasi dalam jangka waktu dekat hingga menengah. Memperbaiki sistem perkeretaapian (misalnya dengan menurunkan skala mesin pembakaran internal yang konvensional) dan membuat rancangan lain, seperti mengurangi berat kendaraan, mengoptimalkan transmisi, dan sistem jalan-berhenti dengan pengereman regeneratif diharapkan memiliki potensi penghematan bahan bakar yang tinggi.

Selain itu, perencanaan kota yang cerdas—lebih padat, secara spasial lebih kompak, dan rancangan kota dengan campuran penggunaan yang memungkinkan pertumbuhan di dekat pusat kota dan koridor transit untuk mencegah pemekaran kota—dapat juga secara substansial mengurangi permintaan energi dan emisi CO₂. Hal tersebut mengurangi jarak tempuh kilometer kendaraan, pemanasan ruang akibat sistem energi distrik dan sistem energi terintegrasi untuk pemanasan.⁶¹ Di Meksiko, contohnya, pembangunan daerah perkotaan yang padat diharapkan dapat mengurangi emisi sebesar 117 juta ton CO₂e dari 2009 hingga 2030, dengan keuntungan tambahan dari sisi sosial dan lingkungan.⁶²

Batasan dan kegagalan pasar dan non-pasar

Banyak potensi yang belum dimanfaatkan untuk efisiensi energi menunjukkan bahwa penghematan energi berbiaya rendah tidaklah mudah. Beberapa upaya efisiensi energi terfragmentasi

KOTAK 4.8 Efisiensi energi menghadapi banyak batasan dan kegagalan pasar

- *Energi berharga rendah atau terlalu murah.* Harga energi yang rendah menimbulkan sedikit insentif untuk melakukan penghematan energi.
- *Kegagalan peraturan.* Konsumen tenaga panas yang tidak diukur pemakaiannya tidak memiliki insentif untuk mengatur suhu, dan pengaturan tarif listrik dapat memberikan imbalan terhadap inefisiensi.
- *Kurangnya pendukung secara institusional dan lemahnya kapasitas institusional.* Upaya-upaya efisiensi energi masih terfragmentasi. Tanpa pendukung secara institusional untuk mengoordinasikan dan mempromosikan efisiensi energi, hal tersebut tidak akan menjadi prioritas siapa pun. Selain itu, terdapat sedikit penyedia layanan efisiensi energi, yang kapasitasnya tidak dibangun dalam satu malam.
- *Ketiadaan insentif atau insentif yang salah tempat.* Perusahaan listrik mendapatkan lebih banyak keuntungan dengan menghasilkan dan menjual lebih

banyak listrik daripada menghemat energi. Bagi sebagian besar konsumen, biaya energi tergolong kecil relatif terhadap pengeluaran lainnya. Oleh karena penyewa yang membayar listrik, pemilik bangunan hanya mengeluarkan sedikit insentif atau tidak sama sekali untuk peralatan atau penyekat yang efisien.

- *Minat konsumen.* Keputusan konsumen untuk membeli kendaraan biasanya berdasarkan ukuran, kecepatan, dan penampilan daripada efisiensi.
- *Biaya uang muka yang lebih tinggi.* Sebagian besar produk efisien memiliki biaya uang muka yang lebih tinggi. Konsumen individu biasanya meminta pembayaran kembali yang sangat pendek dan tidak ingin membayar biaya uang muka yang lebih tinggi. Preferensi sampingannya, konsumen berpendapatan rendah kemungkinan tidak mampu membeli produk yang efisien.
- *Mendanai batasan dan biaya transaksi yang tinggi.* Banyak proyek efisiensi energi

yang kesulitan dalam mendapatkan dana. Institusi pendanaan biasanya tidak terbiasa atau tidak tertarik dengan efisiensi energi, karena ukuran perjanjian yang kecil, biaya transaksi yang tinggi, dan risiko yang tinggi. Sebagian besar perusahaan jasa energi kekurangan modal untuk dijamin.

- *Produk tidak tersedia.* Beberapa peralatan efisien tersedia di negara berpendapatan tinggi dan menengah tetapi tidak di negara berpendapatan rendah, di mana tarif impor yang tinggi mengurangi keterjangkauan harganya.
- *Kewaspadaan dan informasi yang terbatas.* Konsumen memiliki informasi yang terbatas mengenai biaya efisiensi energi, keuntungan, dan teknologi. Perusahaan-perusahaan tidak ingin membayar audit energi yang memberitahukan mereka mengenai seberapa banyak penghematannya.

Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia.

skala rendah, yang melibatkan banyak pemangku kepentingan dan puluhan juta pengambil keputusan individual, secara fundamental lebih rumit daripada pilihan-pilihan pada sisi pasokan yang berskala besar. Investasi efisiensi energi memerlukan uang muka untuk melawan penghematan masa depan yang kurang nyata, menjadikan risiko investasi tersebut dibandingkan dengan perjanjian pasokan energi berdasarkan aset. Banyak kegagalan dan batasan pasar, seperti pada batasan non-pasar, yang ada dan untuk menghalanginya memerlukan kebijakan-kebijakan dan intervensi yang menimbulkan biaya tambahan (Kotak 4.8). Masalah lainnya adalah efek pantulan balik: mendapatkan peralatan yang efisien menurunkan tagihan energi, sehingga konsumen cenderung meningkatkan konsumsi energi, menghilangkan sebagian dari

pengurangan energi. Pantulan baliknya adalah kecil hingga sedang, dengan efek jangka panjang sebesar 10–30 persen dari transportasi pribadi, pemanasan ruang, dan pendinginan,⁶³ dan hal-hal tersebut dapat dimitigasi dengan sinyal-sinyal.

Harga seharusnya mencerminkan biaya yang sebenarnya

Sebagian besar negara menyalurkan subsidi publik, secara implisit dan eksplisit, pada bahan bakar fosil, mengaburkan keputusan investasi bagi energi bersih. Subsidi energi di 20 negara berkembang teratas diperkirakan sekitar \$310 miliar tiap tahun, atau sekitar 0,7 persen dari PDB dunia pada 2007.⁶⁴ Bagian terbesar dari subsidi secara tak langsung menurunkan harga bahan bakar fosil, menimbulkan disinsentif bagi penghematan energi dan membuat

energi bersih lebih tidak menarik dari sudut pandang pendanaan.⁶⁵

Menghilangkan subsidi bahan bakar fosil akan mengurangi penggunaan energi, mendorong pasokan energi bersih, dan menurunkan emisi CO₂. Banyak bukti yang menunjukkan bahwa harga energi yang lebih tinggi mendorong turunnya permintaan secara substansial.⁶⁶ Jika Eropa mengikuti kebijakan AS mengenai pajak bahan bakar yang rendah, konsumsi bahan bakar Eropa akan menjadi dua kali lipat lebih banyak.⁶⁷ Menghilangkan subsidi bahan bakar fosil di tenaga listrik dan industri dapat mengurangi emisi CO₂ global sebesar 6 persen tiap tahun dan menambahkannya pada PDB global.⁶⁸

Namun, menghilangkan subsidi-subsidi tersebut bukanlah hal yang mudah—dibutuhkan kemauan politik yang tinggi. Subsidi bahan bakar sering kali dibuat sebagai pelindung masyarakat miskin, walaupun sebagian besar dari subsidi tersebut dinikmati oleh konsumen yang lebih mampu. Seperti dibahas di Bab 1 dan 2, perlindungan sosial yang efektif ditujukan pada kelompok pendapatan rendah, sesuai dengan penghilangan subsidi bahan bakar secara bertahap, dapat membuat reformasi memungkinkan secara politik dan dapat diterima secara sosial. Juga merupakan hal yang penting untuk meningkatkan transparansi sektor energi dengan mengharuskan perusahaan jasa membagi informasi-informasi utama, sehingga pemerintah dan pemegang saham lainnya dapat membuat keputusan dan menilai dengan informasi yang lebih baik mengenai penghilangan subsidi.

Harga energi haruslah mencerminkan biaya produksi dan melibatkan eksternalitas lingkungan lokal dan global. Polusi udara kota dari pembakaran bahan bakar fosil

meningkatkan risiko kesehatan dan menyebabkan kematian dini. Penyakit pernapasan akibat polusi udara merupakan penyebab utama kematian di negara-negara berpendapatan rendah dan beban penyakit yang utama di dunia.⁶⁹ Pengurangan gas rumah kaca 15 persen di bawah seperti biasa pada 2020 di China akan mengakibatkan jumlah kematian dini dari polusi yang dikeluarkan pembangkitan listrik dan penggunaan energi rumah tangga menjadi berkurang 125.000-185.000 kasus. Menetapkan harga terhadap polusi udara dapat sangat efektif dalam mengurangi biaya yang berhubungan dengan kesehatan.

Menetapkan harga pada karbon, melalui pajak karbon atau pembatasan dan perdagangan (lihat Bab 6), sangatlah fundamental untuk meningkatkan skala dari teknologi-teknologi energi bersih yang canggih, dengan membuatnya lebih mampu bersaing dengan bahan bakar fosil.⁷¹ Hal tersebut menimbulkan insentif dan mengurangi risiko bagi investasi dan inovasi swasta untuk teknologi energi efisien dan bersih pada skala besar (lihat Bab 7).⁷² Negara-negara maju harus memimpin dalam pemberian harga pada karbon. Perhatian hukumnya adalah melindungi kaum miskin dari tekanan harga energi yang tinggi dan mengompensasi industri yang merugi, khususnya di negara-negara berkembang. Jaring pengaman sosial dan dukungan pendapatan nondistorsi, kemungkinan dari pendapatan karbon atau izin lelang, dapat menolong (lihat Bab 1 dan 2)

Kebijakan harga saja tidaklah cukup; kebijakan efisiensi energi juga sangat penting

Kebijakan harga karbon sendiri tidaklah akan cukup untuk memastikan

KOTAK 4.9 *Penguangan karbon saja tidaklah cukup*

Penetapan harga pada karbon saja tidak menjamin penyebaran berskala luas energy efisien dan bersih, karena tidak akan sepenuhnya mengatasi kegagalan dan batasan pasar terhadap inovasi dan difusi teknologi rendah karbon.^a

Pertama, harga hanya menangani satu dari banyak kegagalan dan batasan pasar. Batasan lainnya, seperti kurangnya kapasitas dan pendanaan institusional, menahan bantuan dan pendanaan dari jasa penghematan energi.

Kedua, sementara elastisitas harga dari permintaan energi adalah tinggi pada jangka panjang, secara umum hal ini malah inelastis pada jangka pendek, karena masyarakat hanya memiliki sedikit pilihan untuk mengurangi kebutuhan transportasi mereka dan penggunaan energi untuk rumah tangga sebagai respons terhadap perubahan harga bahan bakar. Harga bahan bakar kendaraan bermotor memiliki sejarah elastisitas jangka pendek berkisar dari $-0,2$ hingga $-0,4$,^b dengan respons yang lebih rendah sebesar $-0,03$ hingga $-0,08$ di

tahun-tahun belakangan ini,^c namun memiliki elastisitas jangka panjang berkisar antara $-0,6$ dan $-1,1$.

Ketiga, elastisitas harga yang rendah dari banyak peraturan efisiensi energi kemungkinan juga akibat dari biaya kesempatan yang tinggi di negara-negara berkembang yang tumbuh dengan cepat seperti China. Pengembalian sebesar 20 persen bagi peraturan efisiensi sudah cukup menarik, namun investor kemungkinan tidak berinvestasi dalam efisiensi jika investasi lain dengan risiko yang ekuivalen memiliki pengembalian yang lebih besar.

Jadi, kebijakan pemberian harga yang kuat sangatlah penting, tetapi tidaklah cukup. Ini harus juga dikombinasikan dengan peraturan untuk memperbaiki kegagalan pasar, menghilangkan batasan pasar dan non-pasar, dan membantu perkembangan teknologi bersih.

Sumber:

- a. ETAC 2008.
- b. Chamon, Mauro, dan Okawa 2008.
- c. Hughes, Knittel, dan Sperling 2008.

pembangunan skala besar dan penerapan efisiensi energi dan teknologi rendah karbon (Kotak 4.9). Efisiensi energi menghadapi batasan-batasan yang berbeda di sektor-sektor yang berbeda pula. Untuk tenaga listrik, yang adopsinya dikendalikan oleh sejumlah kecil pengambil keputusan, insentif pendanaannya kemungkinan besar akan efektif. Untuk bidang transportasi, bangunan, dan industri—di mana adopsi merupakan fungsi dari minat, dan memerlukan tindakan dari banyak individu yang terdesentralisasi—permintaan energi kurang responsif terhadap sinyal harga, dan adanya peraturan akan cenderung lebih efektif. Seperangkat instrumen kebijakan telah berhasil dalam menghilangkan batasan efisiensi energi.

Peraturan. Sasaran energi intensitas yang luas secara ekonomi, standar peralatan, kode bangunan, sasaran perilaku industri (konsumsi energi per unit keluaran), dan standar efisiensi bahan bakar hanyalah sedikit contoh di antara yang paling efektif dari segi biaya. Lebih dari 35 negara memiliki sasaran efisiensi energi nasional. Perancis dan Inggris telah selangkah lebih maju dalam obligasi efisiensi energi yang mengharuskan kuota penghematan energi legal pada perusahaan energi. Di Jepang, standar perilaku efisiensi energi mengharuskan perusahaan-perusahaan listrik untuk mencapai penghematan listrik yang sama dengan sekian persen dari garis acuan dari penjualan atau pasokannya.⁷³ Brazil, China, dan India memiliki hukum mengenai efisiensi energi, tetapi seperti di semua konteks, efektivitasnya bergantung pada kedisiplinannya. Pilihan lainnya mencakup aturan wajib untuk menghentikan penggunaan lampu pijar secara bertahap.

Standar efisiensi dapat menghindari atau menunda penambahan kapasitas pembangkit listrik yang baru dan mengurangi harga konsumen. Dan sasaran perilaku energi industri dapat mendorong inovasi dan meningkatkan persaingan. Untuk bangunan baru di Eropa, penghematan energi kumulatif dari kode bangunannya adalah sekitar 60 persen dari yang telah dibangun sebelum goncangan minyak pertama pada tahun 1970-an.⁷⁴ Standar efisiensi kulkas di Amerika Serikat telah menghemat 150 gigawatt dalam puncak permintaan tenaga listrik selama 30 tahun terakhir, lebih banyak daripada kapasitas yang terpasang dari semua program nuklir AS.⁷⁵ Standar efisiensi dan program pelabelan menghabiskan sekitar 1,5 sen per kilowatt-jam, lebih murah

dibandingkan pilihan pasokan listrik manapun.⁷⁶ Harga kulkas rata-rata di Amerika telah turun hingga kurang dari setengahnya sejak 1970-an, bahkan ketika efisiensinya ditingkatkan hingga tiga perempatnya.⁷⁷

Insentif Pendanaan. Di sebagian besar negara-negara berkembang, pelaksanaan peraturan yang lemah menjadi perhatian. Peraturan harus dibantu dengan insentif pendanaan bagi konsumen dan produsen. Konsumen berpendapatan rendah adalah yang paling sensitif terhadap biaya uang muka yang lebih tinggi dari produk efisien. Insentif pendanaan untuk menutupi biaya uang muka ini, seperti potongan harga bagi konsumen dan bantuan energi efisien,⁷⁸ dapat mengubah perilaku konsumen, meningkatkan daya beli, dan mengatasi batasan untuk masuk ke pasar oleh produsen baru yang efisien. Sebagai tambahan, peraturan juga rentan terhadap efek pantulan balik, sehingga diperlukan kebijakan pemberian harga untuk mengurangi konsumsi. Pajak bahan bakar telah terbukti sebagai salah satu cara paling efektif dari segi biaya untuk mengurangi permintaan energi transportasi, bersama dengan tarif kemacetan dan asuransi atau pajak retribusi kendaraan berdasarkan kilometer yang ditempuh, dan pajak yang lebih tinggi pada truk-truk ringan dan *sport utility vehicles* (Tabel 4.5).

Manajemen sisi permintaan dari perusahaan listrik telah memproduksi penghematan energi yang besar. Kunci keberhasilannya adalah memisahkan keuntungan perusahaan listrik dari penjualan listrik untuk memberikan insentif untuk berhemat. Pembuat peraturan memperkirakan permintaan dan mengizinkan perusahaan listrik

untuk memasang tarif yang akan menutupi biaya dan mendapatkan pengembalian yang tetap berdasarkan perkiraan. Jika ternyata permintaan lebih rendah dari yang diharapkan, pembuat peraturan akan membiarkan harga naik sehingga perusahaan listrik dapat memperoleh keuntungan sebagaimana yang telah diatur; jika lebih tinggi, pembuat peraturan akan memotong harga untuk mengembalikan kelebihanannya kepada konsumen (Kotak 4.10).

Reformasi Institusional. Pendukung institusional, misalnya badan efisiensi energi yang khusus, sangatlah penting dalam mengoordinasikan banyak pemangku kepentingan dan mempromosikan dan mengelola program efisiensi energi. Lebih dari 50 negara, maju dan berkembang, memiliki badan efisiensi energi nasional. Bentuknya dapat berupa badan pemerintah yang berfokus pada energi bersih atau efisiensi energi (yang paling umum), seperti Departemen Pengembangan Energi Alternatif dan Efisiensi di Thailand—atau perusahaan atau otoritas independen seperti Perusahaan Manajemen Energi Korea. Semuanya membutuhkan sumber daya yang cukup, kemampuan untuk menghubungkan banyak pemangku kepentingan, independensi dalam pengambilan keputusan, dan pengawasan hasil yang dapat dipercaya agar penerapannya efektif dalam rangka mencapai hasil yang sukses.⁷⁹

Energy service companies (ESCOs) menyediakan layanan-layanan seperti pengauditan energi, ukuran penghematan energi yang direkomendasikan, dan menyediakan pendanaan bagi kliennya; ESCOs juga bertindak sebagai agregator proyek. Sebagian besar ESCO memiliki

Tabel 4.5 Intervensi kebijakan untuk efisiensi energi, energi terbarukan, dan transportasi

Area kebijakan	Efisiensi energi dan intervensi manajemen sisi permintaan	Intervensi energi terbarukan	Batasan yang dihadapi
Keseluruhan perekonomian	Penghapusan subsidi bahan bakar fosil Pajak (pajak bahan bakar atau karbon) Batasan kuantitatif (batasan dan perdagangan)		Eksternalitas lingkungan yang tidak dimasukkan ke dalam harga Distorsi regresif atau penambahan permintaan dari subsidi bahan bakar fosil
Peraturan	<ul style="list-style-type: none"> Sasaran efisiensi energi di keseluruhan perekonomian Obligasi efisiensi energi Standar peralatan Kode bangunan Sasaran perilaku energi industri Standar ekonomi bahan bakar 	<ul style="list-style-type: none"> Pembelian wajib, akses jaringan listrik terbuka dan adil Standar portofolio terbarukan Standar bahan bakar rendah karbon 	<ul style="list-style-type: none"> Kurangnya kerangka kerja legal bagi produsen tenaga listrik independen terbarukan Kurangnya akses transmisi bagi energi terbarukan Kurangnya insentif dan salah penempatan insentif untuk berhemat Mentalitas yang didorong oleh pasokan Keperluan interkoneksi yang tidak jelas
Insentif pendanaan	<ul style="list-style-type: none"> Kredit pajak Subsidi modal Memisahkan keuntungan dari penjualan Potongan harga bagi konsumen Tarif lamanya penggunaan Pajak bahan bakar Tarif pemadatan Pajak berdasarkan ukuran mesin Asuransi atau pajak retribusi pada mil tempuh kendaraan Pajak truk ringan/SUV 	<ul style="list-style-type: none"> Tarif umpanan masuk/ pengukuran netto Sertifikat hijau Pemberian harga secara langsung Kredit pajak Subsidi modal 	<ul style="list-style-type: none"> Biaya modal yang tinggi Aturan pemberian harga yang tidak diminati Kurangnya insentif utilitas dan konsumen untuk dihemat
Pengaturan institusional	<ul style="list-style-type: none"> Utilitas Badan efisiensi energi terdedikasi Perusahaan atau otoritas independen Energy service companies (ESCOs) 	<ul style="list-style-type: none"> Utilitas Produsen tenaga listrik independen 	<ul style="list-style-type: none"> Terlalu banyak pelaku terdesentralisasi
Mekanisme pendanaan	<ul style="list-style-type: none"> Pendanaan pinjaman dan jaminan pinjaman parsial ESCO Efisiensi energi utilitas, program manajemen sisi permintaan, termasuk dana keuntungan sistem 	<ul style="list-style-type: none"> Dana keuntungan sistem Manajemen risiko dan pendanaan jangka panjang Pinjaman konsesi 	<ul style="list-style-type: none"> Biaya modal yang tinggi, dan tidak cocok dengan pinjaman jangka pendek Kurangnya jaminan ESCO dan ukuran perjanjian yang kecil Risiko tinggi yang diperkirakan Biaya transaksi yang tinggi Kurangnya pengalaman dan pengetahuan
Promosi dan pendidikan	<ul style="list-style-type: none"> Pelabelan Pemasangan alat ukur Pendidikan konsumen 	Pendidikan tentang keuntungan energi terbarukan	<ul style="list-style-type: none"> Kurangnya informasi dan kesadaran Hilangnya sikap ramah tamah

Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia.

kesulitan dalam memperoleh pendanaan yang memadai dari bank-bank komersial akibat lemahnya neraca mereka dan risiko pinjaman yang dianggap lebih tinggi, yang bergantung pada pendapatan dari penghematan energi. Kebijakan, pendanaan, dan dukungan teknis dari pemerintah dan bank pengembangan internasional dapat memperkuat ESCO dan memperkenalkan model bisnis mereka. Di China, misalnya, setelah satu dekade pembangunan kapasitas yang didukung oleh Bank Dunia, industri ESCO tumbuh dari tiga perusahaan pada

1997 menjadi lebih dari 400, dengan \$1 miliar kontrak kinerja energi pada 2007.⁸⁰

M e k a n i s m e P e n d a n a a n .

Mengembangkan dan mengoperasikan layanan efisiensi energi untuk investasi dalam efisiensi energi merupakan permasalahan institusional yang utama. Kurangnya modal domestik jarang sekali menjadi masalah, tetapi sistem organisasi dan institusi yang tidak memadai bagi pengembangan proyek dan pengaksesan dana dapat

KOTAK 4.10 Program efisiensi energi dan energi terbarukan di California

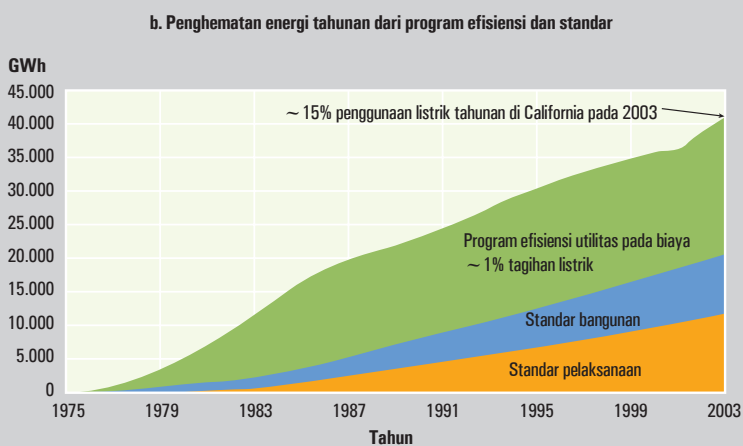
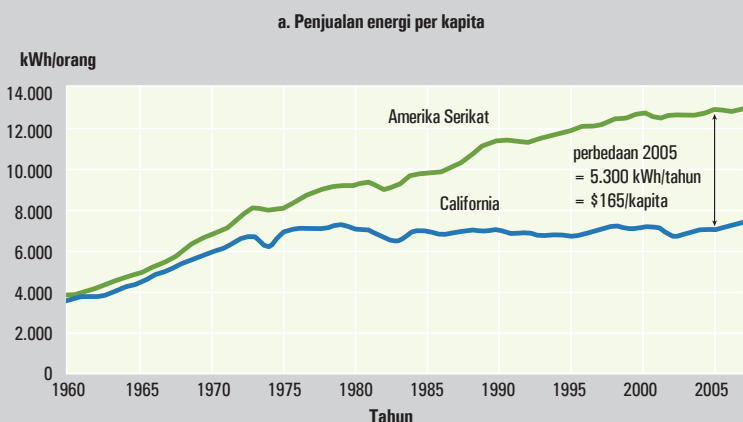
Sebagai pemimpin di AS dalam efisiensi energi, California telah menjaga konsumsi listrik per kapitanya tetap selama 30 tahun terakhir, secara substansial di bawah rata-rata nasional AS (figur, panel a). Peraturan mengenai standar peralatan dan kode bangunan, dan insentif pendanaan untuk program manajemen sisi permintaan utilitas, diperkirakan bertanggung jawab atas seperempat dari selisih tersebut (figur, panel b). California memisahkan keuntungan utilitas dari penjualan pada 1982, dan baru-baru ini melangkah lebih maju dengan “pemisahan plus”—perusahaan listrik akan memperoleh tambahan uang jika memenuhi atau melebihi sasaran penghematan.

Program efisiensi energi negara bagian tersebut memiliki anggaran tahunan sebesar \$800 juta, dikumpulkan dari kelebihan tarif dan digunakan untuk pengadaan bagi perusahaan listrik, manajemen sisi permintaan, serta penelitian dan pengembangan. Biaya rata-rata program tersebut adalah sekitar 3 sen per kilowatt-jam, jauh lebih rendah dibandingkan biaya pasokan (figur, panel c). Untuk mempromosikan energi terbarukan, negara bagian tersebut menerapkan standar portofolio terbarukan untuk meningkatkan bagian energi terbarukan dalam pembangkitan tenaga listrik hingga 20 persen pada 2010.

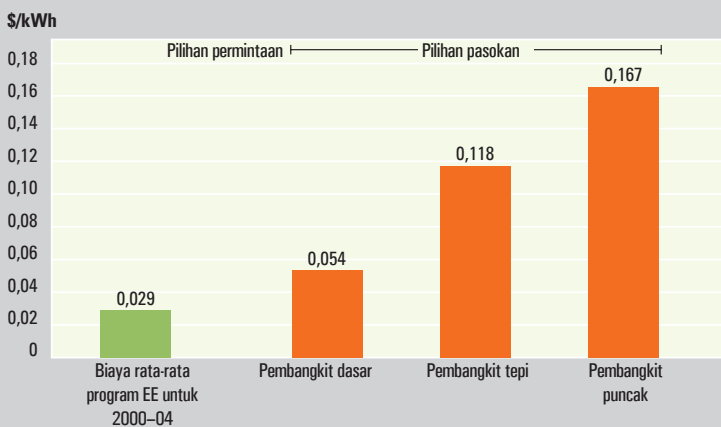
Pada bulan Juni 2005, California menjadi negara bagian AS pertama yang mengeluarkan aturan eksekutif mengenai perubahan iklim, mengatur sasaran untuk pengurangan emisi gas rumah kaca hingga tingkat di tahun 2000 pada 2010, hingga tingkat di tahun 1990 pada 2020, dan 80 persen di bawah tingkat 1990 pada 2050. Efisiensi energi diproyeksikan menyumbangkan sekitar 50 persen bagi pengurangan ini.

Sumber: California Energy Commission 2007a; Rosenfeld 2007; Rogers, Messenger, dan Bender 2005; Sudarshan dan Sweeney, akan terbit.

Konsumsi listrik per kapita California telah menjadi tetap selama lebih dari 30 tahun, banyak terima kasih pada manajemen sisi permintaan utilitas dan standar efisiensi. Biaya efisiensi energi lebih rendah dibandingkan dengan biaya pasokan energi.



c. Perbandingan biaya program efisiensi energi (EE) California terhadap biaya pembangkit pasokan



menjadi hambatan keuangan. Tiga mekanisme utama pendanaan untuk proyek efisiensi energi adalah: ESCO,

program manajemen permintaan utilitas, serta pendanaan pinjaman dan skema penjaminan pinjaman parsial

yang beroperasi di dalam bank-bank komersial, sebagai badan khusus atau sebagai dana yang berputar.⁸¹

Pinjaman melalui bank-bank komersial lokal menawarkan prospek terbaik bagi keberlanjutan program dan dampak yang terbesar. Institusi pendanaan internasional telah mendukung program jaminan risiko parsial untuk memitigasi risiko proyek efisiensi energi bagi bank-bank komersial, meningkatkan kepercayaan diri mereka untuk memulai pendanaan efisiensi energi (Kotak 4.11). Dana yang berputar dan dikhususkan merupakan pendekatan umum lainnya, terutama di negara di mana investasi efisiensi energi masih dalam tahap awal dan bank belum siap untuk menyediakan pendanaan.⁸² Pendekatan ini adalah transisional, dan keberlanjutan merupakan masalah utama.

Manajemen sisi permintaan utilitas biasanya didanai melalui dana keuntungan sistem (didanai oleh tarif biaya tambahan pada kilowatt-jam

kepada semua konsumen listrik), yang lebih berkelanjutan daripada anggaran pemerintah. Dikelola oleh utilitas atau badan khusus untuk efisiensi energi, dana tersebut meliputi biaya tambahan pengalihan ke energi terbarukan dari bahan bakar fosil, potongan harga, pinjaman konsesi, penelitian dan pengembangan, pendidikan konsumen, dan bantuan konsumen berpendapatan rendah.

Perolehan publik. Perolehan massal dari produk energi efisien dapat secara substansial mengurangi biaya, menarik kontrak dan pinjaman bank yang lebih besar, dan menurunkan biaya transaksi. Di Uganda dan Vietnam tambahan terbesar dari 1 juta *compact fluorescent lamp* (CFL) di masing-masing negara secara substansial mengurangi biaya lampu dan perbaikan kualitas produk melalui spesifikasi teknis dan penjaminan; jika sudah dipasang, akan memotong puncak permintaan sebesar 30 megawatt.⁸³ Perolehan publik melalui badan pemerintah, biasanya adalah salah satu konsumen energi terbesar di sebuah ekonomi, dapat mengurangi biaya dan memberi contoh bagi komitmen dan kepemimpinan pemerintah dalam efisiensi energi. Namun mandat, insentif, dan aturan perolehan dan anggaran haruslah diterapkan.⁸⁴

Pendidikan konsumen. Pendidikan konsumen dapat mempromosikan perubahan gaya hidup dan pilihan dengan informasi yang lebih banyak—contohnya termasuk pelabelan efisiensi energi dan peningkatan penggunaan alat ukur listrik dan panas, terutama alat ukur yang cerdas. Kampanye kesadaran konsumen akan paling efektif jika digabungkan dengan peraturan

KOTAK 4.11 *Pengalaman World Bank Group dengan pendanaan efisiensi energi*

Bank Dunia dan International Finance Corporation (IFC) telah mendanai sejumlah proyek perantara pendanaan efisiensi energi, sebagian besar di Eropa Timur dan Asia Timur. IFC memelopori penggunaan mekanisme jaminan melalui bank-bank domestik terpilih dengan Hungary Energy Efficiency Guarantee Fund. Dana jaminan Global Environment Facility sebesar \$17 juta telah digunakan untuk menjamin \$93 juta pinjaman yang berharga untuk investasi pada efisiensi energi. Belum ada jaminan yang dihentikan, sehingga bank-bank lokal telah memiliki kepercayaan diri dan telah terbiasa dengan pinjaman efisiensi energi.

Salah satu pelajaran utama adalah pentingnya bantuan teknis, terutama di awal,

untuk meningkatkan kesadaran mengenai efisiensi energi, untuk menyediakan layanan pelatihan dan pertimbangan pada bank pada mekanisme keuangan yang berkembang, dan untuk membangun kapasitas pengembang proyek. Sementara itu, di Bulgaria, biaya transaksi pembangunan kapasitas institusional bagi institusi pendanaan dan perusahaan jasa energi—dari konsep proyek hingga pendanaan selesai—adalah sekitar 10 persen dari biaya proyek total di awal, dan diperkirakan turun menjadi sekitar 5–6 persen nantinya.

Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia; Taylor dkk. 2008.

dan insentif pendanaan. Berdasarkan pengalaman di bidang kesehatan publik, intervensi untuk mengubah perilaku perlu ditujukan pada banyak tingkat—kebijakan, lingkungan fisik (rancangan kota yang dapat dilalui dengan berjalan kaki dan bangunan hijau), budaya sosial (komunikasi media), antarpribadi (kontak secara tatap muka), dan individual (Bab 8).⁸⁵

Meningkatkan skala teknologi rendah karbon yang telah ada

Energi terbarukan dapat menyumbangkan sekitar 50 persen terhadap bauran energi pada 2050.⁸⁶ Dengan biaya energi terbarukan yang terus turun selama dua dekade terakhir ini, angin, panas bumi, dan tenaga air telah menjadi atau hampir bersaing biaya dengan bahan bakar

KOTAK 4.12 *Kesulitan dalam membandingkan biaya teknologi energi: Masalah asumsi*

Membandingkan biaya dari beberapa teknologi energi yang berbeda adalah masalah yang rumit. Pendekatan yang sering digunakan untuk membandingkan teknologi pembangkit listrik didasarkan pada biaya per kilowatt-jam (kWh). Levelized-cost method umumnya digunakan untuk membandingkan siklus hidup biaya ekonomi energi alternatif yang menyalurkan layanan energi yang sama. Pertama, biaya modal dihitung menggunakan metode pemulihan modal sederhana.^a Metode ini membagi biaya modal menjadi deret pembayaran yang sama—selama masa hidup peralatan. Kemudian, biaya modal yang disetahunkan diperlukan untuk biaya operasi dan pemeliharaan (operation and maintenance, O&M) tahunan dan biaya bahan bakar untuk menjaga levelized cost. Jadi, biaya modal, biaya O&M, biaya bahan bakar, tingkat diskon, dan faktor kapasitas adalah kunci untuk levelized costs.

Kenyataannya, biaya bersifat spesifik terhadap waktu dan tempat. Biaya energi terbarukan berkaitan erat dengan sumber daya dan situs lokal. Biaya angin, misalnya, bervariasi bergantung pada sumber daya angin di situs spesifik. Biaya tenaga kerja dan waktu konstruksi juga merupakan faktor penting, terutama untuk bahan bakar fosil dan pembangkit tenaga nuklir. Pembangkit tenaga berbahan batu bara di China, misalnya, memerlukan biaya sekitar sepertiga sampai setengah dari harga internasional untuk pabrik serupa. Waktu yang lama yang diperlukan untuk membangun sebuah pembangkit tenaga listrik berkontribusi pada tingginya biaya di Amerika Serikat.

Kedua, penilaian komparatif terintegrasi yang sesuai terhadap teknologi energi membandingkan semua kelengkapan ekonomi di sepanjang siklus hidup untuk sebuah unit keuntungan energi. Membandingkan biaya energi terbarukan dengan bahan bakar fosil dan nuklir harus memperhitungkan perbedaan layanan yang diberikan (beban dasar atau energi intermiten). Di sisi pertama, energi surya dan angin memproduksi variabel keluaran, walaupun keluaran dapat ditingkatkan dengan berbagai cara, biasanya dengan biaya tambahan. Sedangkan di sisi lain, teknologi energi surya dan angin dapat secara khusus dilisensikan dan dibangun dalam jangka waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan jangka waktu pembangunan pabrik pembangkit berbahan bakar fosil dan nuklir.

Ketiga, eksternalitas seperti biaya lingkungan dan diversifikasi nilai portofolio harus digabungkan ketika membandingkan biaya bahan bakar fosil dan biaya energi bersih. Volatilitas harga bahan bakar fosil menciptakan eksternalitas negative tambahan. Meningkatkan harga bahan bakar hingga 20 persen akan meningkatkan biaya pembangkitan sebesar 6 persen untuk batu bara, sementara membiarkan energi terbarukan praktis tidak tersentuh. Menambahkan sumber daya energi terbarukan menyediakan diversifikasi nilai portofolio karena penambahan tersebut dibatasi untuk melawan volatilitas harga dan pasokan bahan bakar fosil. Memasukkan diversifikasi nilai portofolio ke dalam evaluasi energi terbarukan akan meningkatkan daya tariknya.^b

Ketika berhadapan dengan teknologi baru, potensi pengurangan biaya juga harus disertakan. Analisis dinamis biaya yang akan datang dari teknologi baru bergantung pada asumsi yang dibuat tentang tingkat pembelajaran, pengurangan biaya diasosiasikan dengan penggantian kapasitas. Biaya energi angin telah menurun hingga mencapai 80 persen selama 20 tahun terakhir. Terobosan teknologi dan skala ekonomi dapat menyebabkan pengurangan biaya yang lebih cepat, fenomena beberapa ahli berpengalaman akan mengarah pada pengurangan dramatis harga sel surya dalam jangka dekat.^c

Dalam analisis keuangan, perbedaan konteks institusional (baik pendanaan publik atau swasta) dan kebijakan pemerintah (pajak dan peraturan) sering menjadi faktor penentu. Perbedaan biaya pendanaan khususnya penting untuk teknologi padat modal seperti angin, surya, dan nuklir. Studi di California menunjukkan bahwa biaya pembangkit tenaga angin lebih bervariasi dibandingkan dengan biaya pembangkit tenaga kombinasi siklus gas, dengan jangka waktu pembiayaan yang berbeda untuk sektor swasta ("merchant"), utilitas yang dimiliki investor, dan utilitas yang dimiliki publik.^d

Sumber:

- a. Faktor pemulihan modal = $[(1 + i)n]/[(1 + i)n - 1]$ di mana i adalah tingkat diskon dan n adalah waktu hidup atau periode pemulihan modal pada sistem.
- b. World Economic Forum 2009.
- c. Deutsche Bank Advisors 2008 (pengurangan biaya sel fotovoltaik yang diproyeksikan).
- d. California Energy Commission 2007b.

fosil.⁸⁷ Tenaga surya masih berbiaya tinggi, namun biaya-biaya diharapkan turun drastis untuk beberapa tahun ke depan (Kotak 4.12). Dengan naiknya harga bahan bakar fosil dan turunnya harga energi terbarukan di sepanjang kurva pembelajaran, jurang biayanya semakin sempit. Biomassa, panas bumi, dan air dapat menyediakan pasokan tenaga listrik yang utama, karena tenaga surya dan angin secara alamiah jelas lebih bervariasi.

Sebagian besar sumber daya variabel dalam sistem jaringan listrik dapat memengaruhi keandalan, namun ini dapat diatasi dengan banyak cara—melalui tenaga air atau pasokan yang dipompa, manajemen muatan, fasilitas penyimpanan energi, interkoneksi dengan negara lain, dan jaringan listrik cerdas.⁸⁸ Jaringan cerdas dapat meningkatkan keandalan jaringan listrik ketika memadukan variabel energi terbarukan dan pembangkitan terdistribusi. Tegangan tinggi, jalur langsung saat ini dapat membuat transmisi jangkauan jauh memungkinkan dengan kerugian yang minimal, yang mereduksi permasalahan umum sumber daya energi terbarukan

yang berlokasi jauh dari pusat konsumsi. Dan pengurangan biaya lebih lanjut serta perbaikan kinerja penyimpanan energi menjadi lebih penting bagi penyebaran skala besar tenaga surya dan angin dan kendaraan listrik. Sementara ukuran yang diperlukan oleh energi terbarukan sangat luas, transformasinya dapat dicapai. Sebagai contoh, angin telah menyumbang 20 persen produksi tenaga listrik di Denmark (Kotak 4.13).

Kebijakan energi terbarukan: Insentif Pendanaan dan Peraturan

Pemberian harga yang transparan, bersaing, dan stabil melalui kesepakatan pembelian tenaga listrik jangka panjang adalah paling efektif untuk menarik investor pada energi terbarukan, dan kerangka kerja peraturan dan hukum yang membuka kemungkinan dapat memastikan akses jaringan listrik yang terbuka dan adil untuk produsen tenaga listrik independen. Dua mandat umum untuk pembangkit tenaga terbarukan telah dioperasikan secara luas: aturan umpanan masuk, standar portofolio terbarukan, atau pemilihan sasaran

KOTAK 4.13 *Denmark meneruskan pertumbuhannya seraya memotong emisi*

Antara 1990 dan 2006, PDB Denmark tumbuh sekitar 2,3 persen tiap tahun, lebih besar dari rata-rata 2 persen di Eropa. Denmark juga mengurangi emisi karbonnya sebesar 5 persen.

Kebijakan yang kuat berhasil memisahkan emisi dari pertumbuhan. Denmark, bersama dengan negara-negara Skandinavia lainnya, menerapkan pajak karbon pertama di dunia pada awal 1990-an. Pada saat yang sama, Denmark juga mengadopsi sejumlah kebijakan untuk mempromosikan penggunaan energi yang berkelanjutan. Sekarang, sekitar 25 persen listrik Denmark dan 15 persen konsumsi energi primernya berasal dari energi terbarukan, terutama angin dan biomassa, dengan tujuan

untuk meningkatkan penggunaan energi terbarukan hingga sekurang-kurangnya 30 persen pada 2025. Pembangkit listrik Norwegia, dengan lebih dari 50 persen tenaga air, menyediakan fleksibilitas tambahan berupa kesempatan mengeksport surplus tenaga angin dan mengimpor tenaga air Norwegia selama periode di mana sumber angin kurang. Vestas, perusahaan angin yang besar di Denmark, memiliki 15.000 pegawai dan menguasai seperempat pasar global turbin angin. Dalam 15 tahun ekspor teknologi terbarukan Denmark telah meningkat menjadi \$10,5 miliar.

Sebagai tambahan pada intensitas karbon energinya, Denmark memiliki intensitas

energi terendah di Eropa, sebagai hasil dari kode bangunan dan peralatan yang ketat dan perjanjian sukarela mengenai penghematan energi dalam industri. Jaringan pemanasan distrik berdasarkan gabungan tenaga listrik dan panas menyediakan 60 persen panas bagi negara ini selama musim dingin, dengan lebih dari 80 persennya berasal dari panas yang sebelumnya dihabiskan untuk produksi listrik.

Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia berdasarkan WRI 2008; Denmark Energy Mix Fact Sheet, http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/doc/factsheet/mix_mix_dk_en.pdf (diakses pada 27 Agustus 2009).

KOTAK 4.14 *Aturan umpan masuk, konsesi, kredit pajak, dan standar portofolio terbarukan—di Jerman, China, dan Amerika Serikat.*

Negara-negara berkembang berkontribusi terhadap 40 persen kapasitas energi terbarukan global. Pada 2007, 60 negara, termasuk 23 negara berkembang, memiliki kebijakan energi terbarukan.^a Tiga negara dengan kapasitas energi terbarukan terpasang yang terbesar adalah Jerman, China, dan Amerika Serikat.

Aturan umpanan masuk di Jerman

Pada awal 1990-an Jerman hampir tidak memiliki industri energi terbarukan. Saat ini, Jerman telah menjadi pemimpin energi terbarukan, dengan industri multimiliar dolar dan 250.000 lapangan kerja baru.^b Pemerintah mengeluarkan Electricity Feed-in Law pada 1990, yang mengharuskan perusahaan utilitas membeli listrik yang dibangkitkan dari semua teknologi terbarukan pada harga tetap. Pada 2000 German Renewable Energy Act menetapkan tarif umpanan masuk untuk berbagai teknologi energi terbarukan selama 20 tahun, berdasarkan biaya pembangkitan dan kapasitas pembangkitannya. Untuk mendorong pengurangan biaya dan inovasi, harga-harga harus turun seiring dengan waktu, berdasarkan pada formula yang telah dibuat sebelumnya. Aturan tersebut juga mendistribusikan biaya

tambahan antara tenaga angin dan tenaga listrik konvensional di antara semua konsumen utilitas di negara tersebut.^c

Hukum energi terbarukan dan konsesi angin di China

China adalah salah satu negara berkembang pertama yang mengeluarkan hukum energi terbarukan; dan China sekarang memiliki kapasitas energi terbarukan terbesar di dunia, terhitung sebesar 8 persen dari energinya dan 17 persen dari listriknya.^d Hukum tersebut menetapkan tarif umpanan masuk untuk tenaga listrik biomassa, namun tarif tenaga angin ditetapkan melalui proses konsesi. Pemerintah memperkenalkan konsesi tenaga angin pada 2003, untuk meningkatkan kapasitas tenaga angin dan mendorong biaya untuk turun. Penawar pemenang untuk ronde awal terlalu rendah (di bawah biaya rata-rata), dan tidak mendukung pengembang dan manufaktur domestik angin. Peningkatan pada skema konsesi dan tarif umpanan masuk provinsi menempatkan China pada posisi kedua dalam hal kapasitas angin terpasang baru pada 2008. Sasaran pemerintahnya sebesar 30 gigawatt dari angin pada tahun 2020 kemungkinan besar akan

tercapai lebih cepat daripada yang diperkirakan. Industri manufaktur angin dalam negerinya telah didorong oleh kewajiban untuk mengandung 70 persen muatan lokalnya dan model-model transfer teknologi baru untuk mempekerjakan dan mengakuisisi institusi-institusi perancangan internasional.

Kredit pajak produksi federal dan standar portofolio terbarukan di negara bagian A.S.

Kredit pajak federal untuk memproduksi listrik dari energi terbarukan telah mendorong peningkatan kapasitas secara signifikan, namun ketidakpastian perluasan dari tahun ke tahun telah memicu siklus maju-mundur dalam perkembangan tenaga angin di AS. Dua puluh lima negara bagian sekarang telah memiliki standar portofolio terbarukan. Akibatnya, angin mencakup 35 persen dari kapasitas pembangkitan baru pada 2007, dan Amerika Serikat sekarang memiliki kapasitas angin terpasang terbesar di dunia.^e

Sumber:

- a. REN 21 2008.
- b. Federal Ministry for the Environment 2008.
- c. Beck dan Martinot 2004.
- d. REN 21 2008.
- e. Wiser dan Bolinger 2008.

bagi bagian teknologi dalam bauran keseluruhannya (Kotak 4.14).⁸⁹

Aturan umpanan masuk mengharuskan pembelian energi terbarukan secara wajib pada harga tetap, seperti di Jerman, Spanyol, Kenya, dan Afrika Selatan, memproduksi laju penetrasi tertinggi dalam jangka pendek. Aturan ini dianggap paling baik oleh para investor karena kepastian harga dan kesederhanaan administratifnya, dan karena mereka kondusif untuk menciptakan industri manufaktur lokal. Tiga metode biasanya digunakan untuk mengatur harga tarif umpanan masuk—biaya pembangkitan tenaga listrik konvensional yang terhindarkan, biaya energi terbarukan ditambah

imbal hasil yang masuk akal, dan harga eceran rata-rata (pengukuran neto mengizinkan konsumen untuk menjual kelebihan listrik yang dibangkitkan dari rumah atau kantornya, biasanya oleh sel fotovoltaiik, pada jaringan listrik pada harga eceran di pasar). Risiko utama dalam menetapkan harga adalah terlalu tinggi atau terlalu rendah, sehingga tarif umpanan masuk membutuhkan penyesuaian secara periodik.

Standar portofolio terbarukan mengharuskan energi terbarukan memenuhi bagian tenaga listrik minimum dari kapasitas yang terpasang dalam suatu daerah, seperti di sebagian besar negara bagian AS, Inggris, dan negara bagian India. Target tersebut

dipenuhi dengan memiliki utilitas pembangkit, pembelian tenaga dari produsen lain, penjualan langsung dari pihak ketiga pada konsumen utilitas, atau membeli sertifikat energi terbarukan yang dapat diperdagangkan. Standar portofolio terbarukan tersebut baik untuk mengurangi biaya dengan penawaran yang bersaing, namun cenderung memilih teknologi dan pelaku industri berbiaya rendah kecuali terdapat sasaran atau tender teknologi yang terpisah.⁹⁰ Portofolio tersebut juga lebih rumit untuk dirancang dan dilakukan daripada aturan umpanan masuk.

Pendekatan alternatif untuk meraih target energi terbarukan adalah tender bersaing, di mana penawaran produsen energi pada penyediaan kuantitas tetap energi terbarukan, dengan penawaran terendah akan memenangkan kontrak, seperti yang dilakukan di China dan Irlandia. Tender efektif untuk mengurangi biaya, namun risiko utamanya adalah penawar dengan sengaja menawar terlalu rendah dan kemudian tidak mampu membangun proyek tersebut

Serangkaian insentif pendanaan tersedia untuk mendorong investasi energi terbarukan: mengurangi biaya modal di awal melalui subsidi, mengurangi biaya modal dan operasional melalui subsidi; mengurangi biaya modal dan operasional melalui investasi atau kredit pajak produksi, meningkatkan aliran pendapatan dengan kredit karbon, dan menyediakan dukungan pendanaan melalui pinjaman dan jaminan konsesi. Insentif berdasarkan output secara umum lebih dipakai untuk insentif berdasarkan investasi bagi energi terbarukan yang dihubungkan dengan jaringan listrik.⁹¹ Insentif investasi per kilowatt dari kapasitas yang terpasang tidak harus menyediakan insentif untuk membangkitkan listrik atau

menjaga kinerja pembangkit listrik. Namun, insentif output per kilowatt-jam tenaga listrik yang diproduksi mempromosikan hasil yang diinginkan—membangkitkan listrik dari energi terbarukan. Biaya tambahan apa pun dari energi terbarukan dibandingkan bahan bakar fosil dapat diberikan kepada konsumen atau didanai melalui tagihan manfaat sistem (tarif tagihan per kilowatt-jam kepada semua konsumen listrik), pajak karbon pada penggunaan bahan bakar fosil, atau dana khusus dari anggaran pemerintah atau donor.

Tenaga Nuklir dan Gas Alam

Tenaga nuklir merupakan pilihan yang memungkinkan dan signifikan untuk memitigasi perubahan iklim, tetapi nuklir dibatasi oleh empat masalah: biaya yang lebih tinggi daripada pembangkit listrik tenaga batu bara,⁹² risiko perkembangan senjata nuklir, ketidakpastian mengenai manajemen limbah, dan kekhawatiran publik mengenai keamanan reaktor. Penelitian saat ini menyimpulkan bahwa pengamanan internasional saat ini belum cukup untuk memenuhi tantangan keamanan penyebaran nuklir.⁹³ Walaupun demikian, generasi berikutnya dari rancangan reaktor nuklir menawarkan karakteristik keamanan yang telah diperbaiki dan lebih ekonomis dibandingkan dengan perngoperasian reaktor yang ada saat ini.

Tenaga nuklir memiliki kebutuhan yang besar dalam hal modal dan pekerja terlatih, dengan waktu tunggu yang lama hingga mencapai batasnya, sehingga mereduksi emisi karbon dalam jangka waktu pendek. Perencanaan, perizinan, dan pembangunan satu pembangkit listrik tenaga nuklir biasanya memakan waktu hingga satu dekade atau lebih. Oleh karena kurangnya permintaan

pada dekade-dekade sebelumnya, dunia memiliki kapasitas yang terbatas untuk membangun sebagian besar komponen kritis dari pembangkit listrik tenaga nuklir, dan membangun kapasitas tersebut akan memakan waktu paling cepat satu dekade.⁹⁴

Gas alam adalah bahan bakar fosil yang paling tidak intensif karbon untuk pembangkitan listrik, penggunaan di perumahan dan industri. Terdapat potensi yang besar untuk mengurangi emisi karbon dengan menyubstitusi batu bara dengan gas alam dalam jangka pendek. Beberapa skenario 2°C memproyeksikan bahwa bagian gas alam dalam bauran energi primer akan meningkat dari 21 persen saat ini menjadi 27–37 persen pada 2050.⁹⁵ Namun, biaya listrik tenaga gas alam bergantung pada harga gas, yang sangat tidak stabil dalam tahun-tahun belakangan ini. Dan, seperti minyak, lebih dari 70 persen cadangan gas berada di Timur Tengah dan Eurasia. Jaminan pasokan gas merupakan masalah bagi negara-negara pengimpor gas. Jadi kekhawatiran mengenai diversifikasi dan ketahanan energi dapat membatasi bagian gas alam dalam bauran energi global hingga kurang dari yang diindikasikan dalam beberapa model iklim energi.⁹⁶

Mempercepat inovasi dan teknologi canggih

Untuk mempercepat inovasi dan teknologi canggih, harus ditetapkan harga karbon yang tepat; investasi yang luar biasa besar dalam penelitian, perkembangan dan demonstrasi; dan harus dilakukan kerja sama global yang belum pernah terjadi sebelumnya (Bab 7). Menggabungkan dorongan teknologi (misalnya, dengan meningkatkan penelitian dan pengembangan) dengan

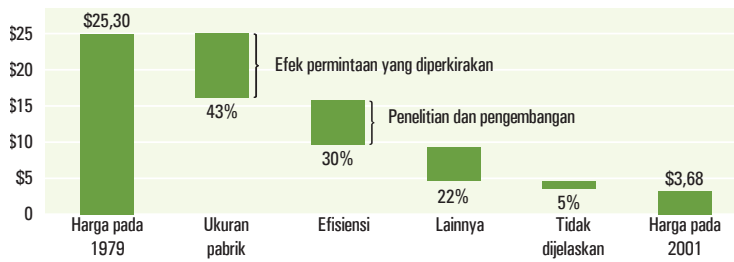
tarikan permintaan (untuk meningkatkan skala ekonomi) sangatlah penting untuk mendorong pengurangan biaya secara substansial dari berbagai teknologi canggih (Figur 4.12).

Teknologi pembangkitan listrik skala utilitas memerlukan kebijakan-kebijakan dan pendekatan-pendekatan yang berbeda dari teknologi yang berskala kecil. Suatu “*Manhattan Project*” internasional mungkin diperlukan untuk mengembangkan teknologi pendahuluan, seperti pembangkit listrik yang berbasis penangkapan dan penyimpanan karbon, pada skala yang cukup besar untuk memberikan pengurangan biaya yang substansial ketika teknologi bergerak di sepanjang kurva pembelajaran. Para pengembang—utilitas maupun produsen tenaga listrik independen—biasanya memiliki sumber daya dan kapasitas yang memadai. Diperlukan penetapan harga karbon dan subsidi investasi yang memadai untuk mengatasi batasan biaya modal yang tinggi. Sebaliknya, teknologi skala kecil yang terdesentralisasi membutuhkan “tumbuhnya seribu bunga” untuk mengatasi kebutuhan banyak pelaku lokal kecil, dengan benih dan modal usaha dan, di negara-negara berkembang, jasa penasihat perkembangan bisnis

Untuk mencapai jalur 2°C, diperlukan jalur teknologi yang berbeda untuk negara-negara berkembang. Pertumbuhan energi dan emisi diproyeksikan menjadi besar dari negara-negara berkembang, namun negara-negara OECD menarik lebih banyak investasi teknologi energi bersih. Secara tradisional, teknologi baru diproduksi terlebih dahulu di negara-negara maju, sebelum secara komersial mengalir ke negara berkembang, seperti yang terjadi dengan energi angin.⁹⁷ Namun,

Figur 4.12 Pembangkit fotovoltaik surya menjadi semakin murah sepanjang waktu, terima kasih pada penelitian dan pengembangan dan permintaan yang diperkirakan semakin besar dari produksi berskala besar

Pengurangan biaya oleh faktor (\$/watt)



Sumber: Diadaptasi dari Nemet 2006.

Catatan: Pengurangan biaya ditunjukkan oleh \$ pada 2002. Batang menunjukkan porsi pengurangan biaya pada pembangkit tenaga fotovoltaik surya, dari 1979 hingga 2001, disumbang oleh faktor yang berbeda seperti ukuran pabrik (yang ditentukan oleh inovasi dari penelitian dan pengembangan). Kategori "lainnya" termasuk pengurangan pada harga masukan silikon (12 persen) dan sejumlah kecil faktor-faktor (termasuk pengurangan kuantitas silikon yang diperlukan untuk keluaran energi yang dihasilkan, dan tingkat yang rendah dari produk yang gagal selama kerusakan manufaktur).

agar emisi memuncak dalam 10 tahun untuk tetap pada jalur 2°C, negara maju dan berkembang akan perlu untuk memperkenalkan demonstrasi teknologi canggih berskala besar sekarang dan bersama-sama. Pola ini untungnya muncul dengan pertumbuhan yang cepat dari penelitian dan pengembangan di Brazil, China, India, dan beberapa pemimpin teknologi lainnya di negara berkembang. Manufaktur sel tenaga surya berbiaya terendah, pencahayaan efisien, dan etanol semuanya terdapat di negara berkembang.

Salah satu batasan utama yang dihadapi negara berkembang adalah biaya tambahan yang tinggi untuk mengembangkan dan mendemonstrasikan teknologi energi bersih yang canggih. Sangatlah penting bahwa negara maju secara substansial meningkatkan bantuan pendanaan dan transfer teknologi rendah karbon ke dunia berkembang melalui mekanisme seperti dana teknologi global. Negara-negara maju juga perlu memimpin dalam mendorong terobosan teknologi (lihat Bab 7). *Mediterranean Solar Plan* merupakan contoh kerja sama antara negara maju dengan negara berkembang pada demonstrasi dan penyebaran skala

besar dari pemusatan tenaga surya (Kotak 4.15).

Kebijakan-Kebijakan Haruslah Diintegrasikan

Instrumen-instrumen kebijakan perlu dikoordinasikan dan diintegrasikan untuk saling melengkapi dan mengurangi konflik-konflik yang ada. Untuk mengurangi emisi dalam transportasi, contohnya, dibutuhkan integrasi pendekatan tiga kaki. Dalam urutan kesulitannya, mentransformasi kendaraan (efisien bahan bakar, *plug-in* hibrida, dan mobil listrik), mentransformasi bahan bakar (etanol dari tebu, generasi kedua biofuel, dan hidrogen), dan mentransformasi mobilitas (perencanaan kota dan transit massal).⁹⁸ Kebijakan biofuel perlu untuk mengoordinasikan kebijakan energi dan transportasi dengan kebijakan pertanian, hutan, dan penggunaan lahan untuk mengelola permintaan air dan lahan yang bersaing (lihat Bab 3). Jika tumbuhan energi mengambil lahan untuk pertanian di negara-negara miskin, maka "obat" intervensi yang dibutuhkan mungkin lebih buruk daripada "penyakitnya", dalam arti bahwa mitigasi kemungkinan akan meningkatkan risiko iklim.⁹⁹ Penyebaran skala besar dari *plug-in* hibrida dan mobil listrik akan meningkatkan permintaan tenaga listrik secara substansial, dan penurunan emisi secara signifikan yang diharapkan dapat terjadi hanya jika jaringan listriknya dipasok oleh bagian yang lebih besar dari sumber energi rendah karbon. Kebijakan untuk mendorong energi terbarukan, jika tidak dirancang dengan tepat, dapat menurunkan produksi panas yang efisien untuk panas dan tenaga listrik yang digabungkan.

Beragam kebijakan, strategi, dan penataan institusional juga harus disesuaikan di seluruh sektor. Berbagai inisiatif lintas sektoral biasanya sulit diterapkan, karena pengaturan institusional yang terfragmentasi dan lemahnya inisiatif. Mencari

pendukungnya adalah kritis untuk menggerakkan agenda maju ke depan, contohnya, perkotaan dapat menjadi titik masuk yang baik bagi pengurangan emisi di kota, terutama untuk bangunan dan perubahan modal transportasi. Penting juga untuk menyesuaikan kebijakan dan

KOTAK 4.15 *Pemusatan tenaga surya di Timur Tengah dan Afrika Utara*

Mediterranean Solar Plan akan menghasilkan 20 gigawatt dari pemusatan tenaga surya dan kapasitas energi terbarukan lainnya pada 2020 untuk memenuhi kebutuhan energi di negara-negara Timur Tengah dan Afrika Utara dan mengekspor tenaga listrik ke Eropa. Rencana ambisius ini kemungkinan akan menurunkan biaya pemusatan tenaga surya untuk dapat bersaing dengan bahan bakar fosil. Pemusatan tenaga surya di kurang dari 1 persen daerah Gurun Sahara akan memenuhi seluruh kebutuhan listrik di Eropa.

Mendanai inisiatif tenaga surya ini akan menjadi tantangan yang besar, namun dapat

menimbulkan kemitraan yang baik antara negara maju dan negara berkembang untuk meningkatkan skala energi terbarukan bagi keuntungan Eropa dan Afrika.

Pertama, permintaan listrik hijau dan tarif umpanan masuk untuk energi terbarukan yang menarik di Eropa dapat secara signifikan meningkatkan kemungkinan secara pendanaan dari pemusatan tenaga surya.

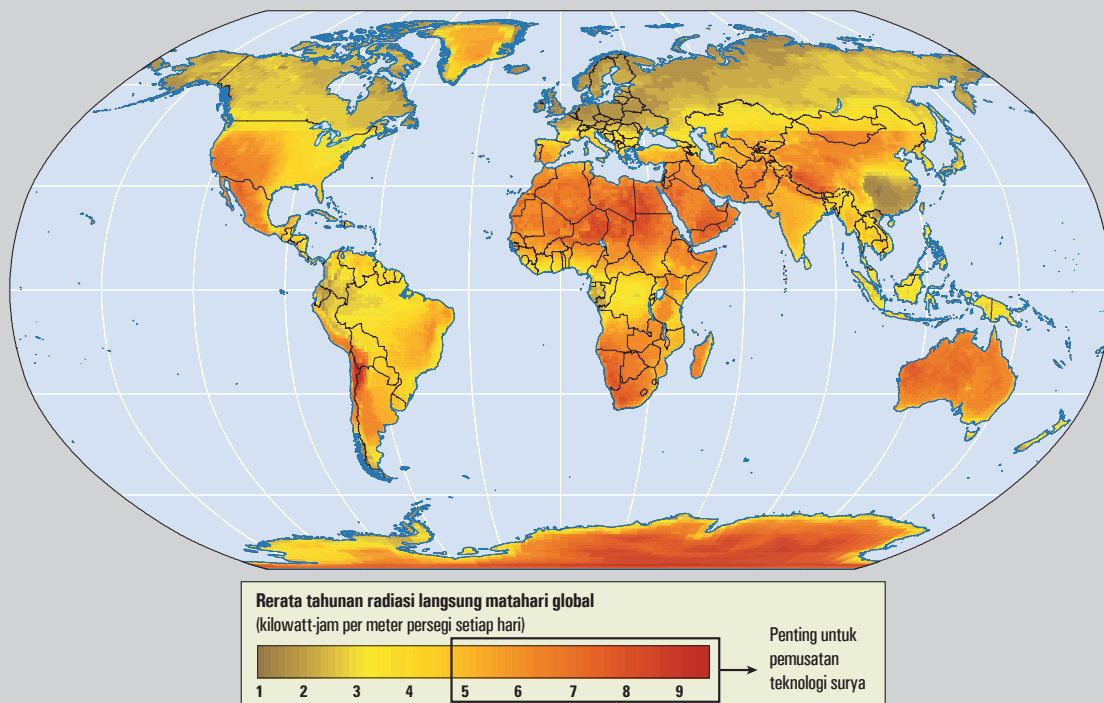
Kedua, dana bilateral dan multilateral—seperti Global Environment Facility, Clean Technology Fund, dan pendanaan karbon—akan dibutuhkan untuk subsidi investasi, pendanaan konsesional, dan peningkatan pendapatan

untuk menutupi biaya tambahan pemusatan tenaga surya, terutama untuk bagian memenuhi permintaan pasar domestik di Timur Tengah dan Afrika Utara.

Ketiga, program yang berhasil juga memerlukan tindakan politik oleh pemerintah daerah tersebut, menciptakan lingkungan yang memungkinkan bagi energi terbarukan dan menghilangkan subsidi bahan bakar fosil.

Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia

Radiasi langsung matahari normal global (kilowatt-jam per meter persegi setiap hari)



Sumber: United Nations Environmental Program, Solar and Wind Energy Resource Assessment, <http://swera.unep.net/index.php?id=metainfo&rowid=227&metaid=386> (diakses 21 Juli 2009).

strategi di pemerintah nasional, provinsi, dan lokal (lihat Bab 8).

Intinya, solusi teknologi dan kebijakan rendah karbon dapat membuat dunia menuju jalur 2°C , namun dibutuhkan transformasi mendasar untuk mendekarbonisasi sektor energy. Hal ini memerlukan tindakan yang segera, serta kerja sama dan komitmen global dari negara maju dan berkembang. Terdapat kebijakan “sama-sama menguntungkan” yang dapat diadopsi pemerintah dengan segera saat ini juga, termasuk reformasi peraturan dan institusional, insentif pendanaan, dan mekanisme pendanaan untuk meningkatkan skala teknologi rendah karbon yang telah ada, terutama di area efisiensi energi dan energi terbarukan.

Pemberian harga pada karbon dan perkembangan teknologi adalah penting untuk mempercepat pembangunan dan penyebaran teknologi maju rendah karbon. Negara-negara maju harus memimpin dalam mendemonstrasikan komitmen mereka untuk berubah di rumah, sambil menyediakan pendanaan dan teknologi rendah karbon bagi negara berkembang. Negara-negara berkembang membutuhkan perubahan paradigma dalam model pembangunan cerdas iklim yang baru. Terdapat cara-cara teknis dan ekonomis bagi perubahan-perubahan transformatif ini, namun hanya kemauan politik yang kuat dan kerjasama global yang baru yang dapat mewujudkannya.

Catatan

1. IPCC 2007.
2. Estimasi para penulis; Socolow 2006. Estimasi didasarkan pada konsumsi listrik per bulan sebesar 100 kilowatt-jam untuk rumah tangga miskin dengan rata-rata tujuh penghuni, ekuivalen dengan 170 kilowatt-jam per orang per tahun. Listrik disediakan pada intensitas karbon rata-rata dunia sebesar 590 gram CO_2 sebagai kilowatt-jam untuk 1,6 miliar jiwa, ekuivalen dengan 160 juta ton CO_2 . Socolow (2006) mengasumsikan bahwa penyediaan 35 kilogram untuk bahan bakar masak yang bersih (LPG) untuk masing-masing dari 2,6 miliar jiwa akan mengemisikan 275 juta ton CO_2 . Jadi, total sebesar 435 juta ton CO_2 hanya berjumlah 2 persen dari emisi global yang sekarang, yakni sebesar 26.000 juta ton CO_2 .

3. Karbon hitam, yang terbentuk melalui pembakaran bahan bakar fosil yang tidak sempurna, berkontribusi terhadap pemanasan global dengan cara menyerap panas pada atmosfer dan ketika tersimpan dalam salju dan es, mengurangi kemampuan pemantulannya dan mempercepat pelelehannya. Tidak seperti CO_2 , karbon hitam berada di atmosfer selama beberapa hari atau minggu saja, jadi mengurangi emisinya akan dapat menghasilkan dampak mitigasi yang nyaris langsung dirasakan. Selain itu, karbon hitam adalah polutan udara yang utama, dan penyebab utama

“Jika tidak melakukan apa-apa, kita akan kehilangan planet yang kita cintai. Ini adalah tanggung jawab kita bersama untuk mencari solusi yang “tidak egois” dan cepat sebelum terlambat untuk membalikkan kerusakan yang terjadi setiap hari.”

—Maria Kassabian, Nigeria, umur 10—



dari penyakit dan kematian prematur di banyak negara berkembang.

4. SEG 2007.
5. Wilbanks dkk. 2008.
6. McKinsey & Company 2009b.
7. Ebinger dkk. 2008.
8. Makna dan pentingnya ketahanan energi berbeda-beda berdasarkan negara, bergantung pada pendapatannya, konsumsi energinya, sumber daya energinya, dan mitra-mitra dagangnya. Selama beberapa abad, ketergantungan banyak negara pada minyak dan gas alam yang diimpor telah menjadi sumber dari kerentanan ekonomi dan dapat menciptakan ketegangan internasional. Negara-negara termiskin (yang pendapatan per kapitanya sama dengan atau kurang dari \$300) khususnya rentan terhadap fluktuasi harga bahan bakar, dengan penurunan rata-rata sebesar 1,5 persen dalam PDB akibat peningkatan harga satu barel minyak bumi sebesar \$10 (Bank Dunia 2009a).

9. Naiknya harga bahan bakar sebesar 20 persen meningkatkan biaya pembangkitan listrik sebesar 16 persen untuk gas dan 6 persen untuk batu bara, dan sama sekali tidak menyentuh energi terbarukan; lihat World Economic Forum 2009.

10. IEA 2008b.

11. WRI 2008; lihat juga presentasi dari emisi historis di bagian Gambaran Umum.

12. IEA 2008c.

13. IPCC 2007.

14. United Nations 2007.

15. IEA 2008b.

16. Chamon, Mauro, dan Okawa 2008.

17. Schipper 2007.

18. Lam dan Tam 2002; 2000 U.S. Census, http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_U.S._cities_with_most_

[households_without_a_car](#) (diakses Mei 2009).

19. Kenworthy 2003.

20. Pemanasan distrik mendistribusikan panas baik ke gedung perkantoran maupun kompleks perumahan yang dipasok dalam suatu lokasi terpusat dengan pembangkitan listrik yang efisien, yang juga dibantu dengan mesin boiler pemanas berskala besar.

21. Emisi negatif dapat dicapai dengan cara sekuestrasi karbon ke dalam ekosistem tanah (misalnya dengan menanam hutan lebih banyak lagi). Hal itu juga dapat dicapai dengan cara menerapkan penangkapan karbon dan penyimpanan karbon pada energi yang dihasilkan dari biomassa.

22. Konsentrasi gas-gas rumah kaca sebesar 450 bpj menghasilkan sekitar 40–50 persen peluang naiknya temperatur sebesar maksimal 2°C di atas temperatur pra-industri. Schaeffer dkk. 2008; Hare dan Meinshausen 2006.

23. Tans 2009.

24. Rao dkk. 2008.

25. Biomassa yang diperoleh dari tumbuhan dapat merupakan suatu bahan bakar yang netral karbon, karena karbon diambil dari atmosfer seiring tumbuhan itu bertumbuh dan kemudian dilepaskan saat tumbuhannya dibakar sebagai bahan bakar. Penangkapan dan penyimpanan karbon yang berbasis biomassa dapat menghasilkan “emisi negatif” berskala besar dengan cara menangkap karbon yang diemisikan dari pembakaran biomassa.

26. Weyant dkk. 2009; Knopf dkk., akan diterbitkan; Rao dkk. 2008; Calvin dkk., akan terbit.

27. German Advisory Council on Global Change 2008; Wise dkk. 2009.

28. Kelima model ini (MESSAGE, MiniCAM, REMIND, IMAGE, dan

IEA ETP) adalah model-model iklim-energi global yang terkemuka dari Eropa dan Amerika Serikat, dengan keseimbangan antara pendekatan atas-ke-bawah dan bawah-ke-atas serta berbagai jalur mitigasi yang berbeda. MESSAGE, yang dikembangkan oleh International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), mengadopsi sistem pemodelan MESSAGE, yang mencakup MESSAGE, model optimisasi rekayasa sistem energi, dan MACRO, model keseimbangan, selain juga DIMA, model pengelolaan hutan dan AEZ-BLS, kerangka kerja pemodelan pertanian. Analisis ini menggunakan skenario-skenario B2, karena berada di tengah-tengah antara A2 (kasus pertumbuhan populasi yang tinggi) dan B1 (“kasus terbaik” yang mungkin tercapai untuk emisi rendah tanpa adanya kebijakan iklim yang keras), yang dicirikan oleh laju perubahan “dinamika seperti biasa” (Riahi, Grübler, dan Nakićenović 2007; Rao dkk. 2008). MiniCAM, yang dikembangkan di Pacific Northwest National Laboratory, menggabungkan suatu model penggunaan lahan-pertanian-ekonomi-energi yang terinci secara teknologis, dengan juga melibatkan siklus gas, model-model iklim dan pelelehan es (Edmonds dkk. 2008). REMIND, yang dikembangkan oleh Potsdam Institute for Climate Impact Research, adalah suatu model pertumbuhan optimal yang menggabungkan suatu model makroekonomi atas-ke-bawah dengan model energi bawah-ke-atas, yang ditujukan pada maksimalisasi kesejahteraan (Leimbach dkk., akan diterbitkan). IMAGEmodel, dikembangkan oleh Netherlands Environmental Assessment Agency, adalah model penilaian yang terintegrasi yang mencakup TIMER2, model energi yang digabungkan dengan FAIR-SiMCAp,

model kebijakan iklim (Bouwman, Kram, dan Goldewijk 2006). Model kelima adalah IEA Energy Technology Perspective, suatu model optimisasi dengan pemrograman linier yang didasarkan pada model energi MARKAL (IEA 2008b).

29. Biaya-biaya mitigasi termasuk biaya-biaya investasi modal tambahan, biaya operasional dan pemeliharaan, serta biaya bahan bakar, dibandingkan dengan garis acuannya. Rao dkk. 2008; Knopf dkk., akan terbit; Calvin dkk., akan terbit; Riahi, Grübler, dan Nakićenović 2007; IIASA 2009.

30. Riahi, Grübler, dan Nakićenović 2007; IIASA 2009; Knopf dkk., akan diterbitkan; IEA 2008c.

31. IEA 2008b; McKinsey & Company 2009a.

32. Knopf dkk., akan terbit; Calvin dkk., akan diterbitkan; IEA 2008c.

33. Rao dkk. 2008; IEA 2008b; Mignone dkk. 2008. Hal ini benar tanpa adanya teknologi rekayasa bumi yang efektif dan berterima (lihat Bab 7 untuk pembahasannya).

34. IEA 2008b; IEA 2008c; Riahi, Grübler, dan Nakićenović 2007; IIASA 2009; Calvin dkk., akan terbit.

35. Raupach dkk. 2007.

36. Shalizi dan Lecocq 2009.

37. Philibert 2007.

38. McKinsey & Company 2009b.

39. Bank Dunia 2001.

40. IEA 2008b; Calvin dkk., akan terbit; Riahi, Grübler, dan Nakićenović 2007; IIASA 2009.

41. IEA 2008b; Calvin dkk., akan terbit; Riahi, Grübler, dan Nakićenović 2007; IIASA 2009. Besarnya reduksi emisi yang dibutuhkan sangatlah bergantung pada skenario garis acuan, yang sangat berbeda-beda yang bergantung pada modelnya.

42. IEA 2008b; Riahi, Grübler, dan Nakićenović 2007; IIASA 2009; IAC 2007.

Perlu dicatat bahwa alih fungsi lahan dan reduksi metana juga merupakan upaya penting dalam sektor non-energi (lihat Bab 3) untuk mencapai jalur CO₂e 450 bpj, khususnya untuk memperpanjang waktu dalam jangka pendek untuk menunggu adanya perkembangan teknologi baru.

43. Knopf dkk., akan terbit; Rao dkk. 2008.

44. Rao dkk. 2008; Calvin dkk., akan terbit; Knopf dkk., akan terbit.

45. Barrett 2003; Burtraw dkk. 2005.

46. Satu molekul metana, komponen utama dari gas alam, memiliki potensi pemanasan global 21 kali lipat daripada satu molekul CO₂.

47. SEG 2007.

48. IEA 2008b; McKinsey & Company 2009b.

49. de la Torre dkk. 2008.

50. McKinsey & Company 2009a.

51. Mexico Low Carbon Study mengidentifikasi bahwa hampir setengah dari potensi total untuk reduksi emisi dapat dicapai dari intervensi, dengan manfaat netto yang positif (Johnson dkk. 2008).

52. Bosseboeuf dkk. 2007.

53. IEA 2008b; Worldwatch Institute 2009.

54. UNEP2003.

55. IPCC 2007.

56. Brown, Southworth, dan Stovall 2005; Burton dkk. 2008. Suatu ulasan komprehensif mengenai bukti-bukti empiris yang didasarkan pada 146 bangunan hijau di 10 negara menyimpulkan bahwa bangunan hijau membutuhkan biaya kira-kira 2 persen lebih banyak daripada yang dibutuhkan untuk membangun bangunan yang konvensional dan dapat mengurangi penggunaan energi dengan angka median 33 persen (Kats 2008).

57. Shalizi dan Lecocq 2009.

58. Brown, Southworth, dan Stovall 2005.

59. IEA 2008b.

60. Johnson dkk. 2008.

61. Brown, Southworth, dan Stovall 2005; ETAAC 2008.

62. Johnson dkk. 2008.

63. Sorrell 2008.

64. IEA 2008c.

65. Stern 2007. Sejumlah kecil subsidi mendukung teknologi energi bersih, seperti \$10 miliar per tahun untuk teknologi terbarukan.

66. Bank Dunia 2008a.

67. Sterner 2007.

68. UNEP2008.

69. Ezzati dkk. 2004.

70. Wang dan Smith 1999.

71. Suatu pajak karbon sebesar \$50 per ton CO₂ diterjemahkan menjadi pajak atas energi yang berasal dari batu bara sebesar 4,5 sen dolar AS per kilowatt-jam, atau menjadi pajak pada bensin sebesar 45 sen dolar AS per galon (12 sen dolar AS per liter).

72. Philibert 2007.

73. WBCSD 2008.

74. World Energy Council 2008.

75. Goldstein 2007.

76. Meyers, McMahon, dan McNeil 2005.

77. Goldstein 2007.

78. Suatu cicilan yang efisien energi memungkinkan peminjamnya untuk mendapatkan cicilan yang lebih besar dengan menyertakan penghematan-penghematan energi yang diperoleh dari upaya-upaya efisiensi energi di rumah.

79. ESMAP2008.

80. Bank Dunia 2008d.

81. Taylor dkk. 2008.

82. Bank Dunia 2008b.

83. Masing-masing lampu biayanya di bawah \$1 dalam program-program pengadaan bahan ini, alih-alih \$3-\$5,

ditambah satu dolar lagi untuk biaya transaksi dari distribusi, kesadaran, dan promosi, pemantauan dan verifikasi, dan pengujian.

84. ESMAP2009.

85. Armel 2008.

86. IEA 2008b; Riahi, Grübler, dan Nakićenović 2007; IIASA 2009.

87. Biaya-biaya untuk tenaga angin, panas bumi, dan air sangat berbeda-beda bergantung pada tempat dan sumber dayanya.

88. IEA 2008a.

89. ESMAP2006.

90. Sebagai contoh, standar-standar portofolio terbarukan cenderung lebih menyukai energi angin tetapi tidak mendorong energi matahari.

91. Bank Dunia 2006.

92. MIT 2003; Keystone Center 2007.

93. MIT 2003.

94. Worldwatch Institute 2008; IEA 2008b.

95. Calvin dkk., akan terbit; Riahi, Grübler, dan Nakićenović 2007; IIASA 2009.

96. Riahi, Grübler, dan Nakićenović 2007; IIASA 2009.

97. Gibbins dan Chalmers 2008.

98. Sperling dan Gordon 2008.

99. Weyant dkk. 2009.

Referensi

Armel, K. C. 2008. "Behavior, Energy and Climate Change: A Solutions-Oriented Approach." Paper presented at the Energy Forum, Stanford University, Palo Alto, CA.

Barker, T., I. Bashmakov, L. Bernstein, J. E. Bogner, P. R. Bosch, R. Dave, O. R. Davidson, B. S. Fisher, S. Gupta, K. Halsnaes, B. Heij, S. Khan Ribeiro, S. Kobayashi, M. D. Levine, D. L. Martino, O. Masera, B. Metz, L. A. Meyer, G.-J. Nabuurs,

A. Najam, N. Nakićenović, H.-H. Rogner, J. Roy, J. Sathaye, R. Schock, P. Shukla, R. E. H. Sims, P. Smith, D. A. Tirpak, D. Urge-Vorsatz, dan D. Zhou. 2007. "Technical Summary." Dalam *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, dan L. A. Meyer (para editor). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Barrett, S. 2003. *Environment and Statecraft: The Strategy of Environmental Treaty-Making*. Oxford, UK: Oxford University Press.

Beck, F., dan E. Martinot. 2004. "Renewable Energy Policies and Barriers." Dalam *Encyclopedia of Energy*, ed. C. J. Cleveland. Amsterdam: Elsevier.

Bosseboeuf, D., B. Lapillonne, W. Eichhammer, dan P. Boonekamp. 2007. *Evaluation of Energy Efficiency in the EU-15: Indicators and Policies*. Paris: ADEME/IEEA.

Bouwman, A. F., T. Kram, dan K. K. Goldewijk. 2006. *Integrated Modelling of Global Environmental Change: An Overview of IMAGE2.4*. Bilthoven: Netherlands Environmental Assessment Agency.

Bowen, A., S. Fankhauser, N. Stern, dan D. Zenghelis. 2009. *An Outline of the Case for a "Green" Stimulus*. London: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment and the Centre for Climate Change Economics and Policy.

Brazil Interministerial Committee on Climate Change. 2008. *National*

- Plan on Climate Change*. Brasilia: Government of Brazil.
- Brown, M. A., F. Southworth, dan T. K. Stovall. 2005. *Towards a Climate-Friendly Built Environment*. Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change.
- Burton, R., D. Goldston, G. Crabtree, L. Glicksman, D. Goldstein, D. Greene, D. Kammen, M. Levine, M. Lubell, M. Savitz, D. Sperling, F. Schlachter, J. Scofield, dan J. Dawson. 2008. "How America Can Look Within to Achieve Energy Security and Reduce Global Warming." *Reviews of Modern Physics* 80 (4): S1–S109.
- Burtraw, D., D. A. Evans, A. Krupnick, K. Palmer, dan R. Toth. 2005. "Economics of Pollution Trading for SO₂ and NO_x." Discussion Paper 05-05, Resources for the Future, Washington, DC.
- California Energy Commission. 2007a. "2007 Integrated Energy Policy Report." California Energy Commission, Sacramento, CA.
- . 2007b. "Comparative Costs of California Central Station Electricity Generation Technologies." California Energy Commission, Sacramento, CA.
- Calvin, K., J. Edmonds, B. Bond-Lamberty, L. Clarke, P. Kyle, S. Smith, A. Thomson, dan M. Wise. Akan terbit. "Limiting Climate Change to 450 ppm CO₂ Equivalent in the 21st Century." *Energy Economics*.
- Chamon, M., P. Mauro, dan Y. Okawa. 2008. "Cars: Mass Car Ownership in the Emerging Market Giants." *Economic Policy* 23 (54): 243–96.
- Chikkatur, A. 2008. *Policies for Advanced Coal Technologies in India (and China)*. Cambridge, MA: Kennedy School of Government, Harvard University.
- Clarke, L., J. Edmonds, V. Krey, R. Richels, S. Rose, dan M. Tavoni. Akan terbit. "International Climate Policy Architectures: Overview of the EMF 22 International Scenarios." *Energy Economics*.
- Dahowski, R. T., X. Li, C. L. Davidson, N. Wei, J. J. Dooley, dan R. H. Gentile. 2009. "A Preliminary Cost Curve Assessment of Carbon Dioxide Capture and Storage Potential in China." *Energy Procedia* 1 (1): 2849–56.
- de la Torre, A., P. Fajnzylber, dan J. Nash. 2008. *Low Carbon, High Growth: Latin American Responses to Climate Change*. Washington, DC: World Bank.
- Deutsche Bank Advisors. 2008. *Investing in Climate Change 2009: Necessity And Opportunity In Turbulent Times*. Frankfurt: Deutsche Bank Group.
- Dodman, D. 2009. "Blaming Cities for Climate Change? An Analysis of Urban Greenhouse Gas Emissions Inventories." *Environment and Urbanization* 21 (1): 185–201.
- Dooley, J. J., R. T. Dahowski, C. L. Davidson, M. A. Wise, N. Gupta, S. H. Kim, dan E. L. Malone. 2006. *Carbon Dioxide Capture and Geologic Storage: A Core Element of a Global Energy Technology Strategy to Address Climate Change—A Technology Report from the Second Phase of the Global Energy Technology Strategy Program (GTSP)*. College Park, MD: Battelle, Joint Global Change Research Institute.
- Ebinger, J., B. Hamso, F. Gerner, A. Lim, dan A. Plecas. 2008. "Europe and Central Asia Region: How

- Resilient Is the Energy Sector to Climate Change?" Background paper for Fay, Block, and Ebinger, 2010, World Bank, Washington, DC.
- Edmonds, J., L. Clarke, J. Lurz, dan M. Wise. 2008. "Stabilizing CO₂ Concentrations with Incomplete International Cooperation." *Climate Policy* 8 (4): 355–76.
- EESI (Environmental and Energy Study Institute). 2008. *Jobs from Renewable Energy and Energy Efficiency*. Washington, DC: EESI.
- ESMAP(Energy Sector Management Assistance Program). 2006. *Proceedings of the International Grid-Connected Renewable Energy Policy Forum*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008. *An Analytical Compendium of Institutional Frameworks for Energy Efficiency Implementation*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009. *Public Procurement of Energy Efficiency Services*. Washington, DC: World Bank.
- ETAAC (Economic and Technology Advancement Advisory Committee). 2008. *Technologies and Policies to Consider for Reducing Greenhouse Gas Emissions in California*. Sacramento, CA: ETAAC.
- Ezzati, M., A. Lopez, A. Rodgers, dan C. Murray, (para editor). 2004. *Climate Change. Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease Due to Selected Major Risk Factors*, vol. 2. Geneva: World Health Organization.
- Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. 2008. *Renewable Energy Sources in Figures: National and International Development*. Berlin: Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety.
- German Advisory Council on Global Change. 2008. *World in Transition: Future Bioenergy and Sustainable Land Use*. London: Earthscan.
- Gibbins, J., dan H. Chalmers. 2008. "Preparing for Global Rollout: A 'Developed Country First' Demonstration Programme for Rapid CCS Deployment." *Energy Policy* 36 (2): 501–07.
- Goldstein, D. B. 2007. *Saving Energy, Growing Jobs: How Environmental Protection Promotes Economic Growth, Profitability, Innovation, and Competition*. Berkeley, CA: Bay Tree Publishing.
- Government of China. 2008. *China's Policies and Actions for Addressing Climate Change*. Beijing: Information Office of the State Council of the People's Republic of China.
- Government of India. 2008. *India National Action Plan on Climate Change*. New Delhi: Prime Minister's Council on Climate Change.
- Government of India Planning Commission. 2006. *Integrated Energy Policy: Report of the Expert Committee*. New Delhi: Government of India.
- Government of Mexico. 2008. *National Strategy on Climate Change*. Mexico City: Mexico Intersecretarial Commission on Climate Change.
- Grübler, A. 2008. "Energy Transitions." *Encyclopedia of Earth*, ed. C. J. Cleveland. Washington, DC: Environmental Information Coalition, National Council for Science and Environment.

- Hare, B., dan M. Meinshausen. 2006. "How Much Warming Are We Committed to and How Much Can Be Avoided?" *Climatic Change* 75 (1-2): 111-49.
- Holloway, S., A. Garg, M. Kapshe, A. Deshpande, A. S. Pracha, S. R. Kahn, M. A. Mahmood, T. N. Singh, K. L. Kirk, dan J. Gale. 2008. "An Assessment of the CO₂ Storage Potential of the Indian Subcontinent." *Energy Procedia* 1 (1): 2607-13.
- Hughes, J. E., C. R. Knittel, dan D. Sperling. 2008. "Evidence of a Shift in the Short-Run Price Elasticity of Gasoline Demand." *Energy Journal* 29 (1): 113-34.
- IAC (InterAcademy Council). 2007. *Lighting the Way: Toward a Sustainable Energy Future*. IAC Secretariat: The Netherlands.
- IEA (International Energy Agency). 2007. *Renewables for Heating and Cooling: Untapped Potential*. Paris: IEA and Renewable Energy Technology Development.
- . 2008a. *Empowering Variable Renewables: Options for Flexible Electricity Systems*. Paris: IEA.
- . 2008b. *Energy Technology Perspective 2008: Scenarios and Strategies to 2050*. Paris: IEA.
- . 2008c. *World Energy Outlook 2008*. Paris: IEA.
- IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis). 2009. "GGI Scenario Database." IIASA, Laxenburg, Austria.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. "Summary for Policymakers." Dalam *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, dan L. A. Meyer (para editor). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Johnson, T., F. Liu, C. Alatorre, dan Z. Romo. 2008. "Mexico Low-Carbon Study—México: Estudio Para la Disminución de Emisiones de Carbono (MEDEC)." World Bank, Washington, DC.
- Kats, G. 2008. *Greening Buildings and Communities: Costs and Benefits*. London: Good Energies.
- Kenworthy, J. 2003. "Transport Energy Use and Greenhouse Gases in Urban Passenger Transport Systems: A Study of 84 Global Cities." Paper presented at the third International Conference of the Regional Government Network for Sustainable Development, Fremantle, Australia.
- Keystone Center. 2007. *Nuclear Power Joint Fact-Finding*. Keystone, CO: The Keystone Center.
- Knopf, B., O. Edenhofer, T. Barker, N. Bauer, L. Baumstark, B. Chateau, P. Criqui, A. Held, M. Isaac, M. Jakob, E. Jochem, A. Kitous, S. Kypreos, M. Leimbach, B. Magné, S. Mima, W. Schade, S. Scricciu, H. Turton, dan D. van Vuuren. Akan terbit. "The Economics of Low Stabilisation: Implications for Technological Change and Policy." Dalam *Making Climate Change Work for Us*, M. Hulme dan H. Neufeldt (para editor). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Lam, W. H. K., dan M.-L. Tam. 2002. "Reliability of Territory-Wide Car Ownership Estimates in Hong Kong." *Journal of Transport Geography* 10 (1): 51-60.
- Leimbach, M., N. Bauer, L. Baumstark, dan O. Edenhofer. Akan terbit.

- “Mitigation Costs in a Globalized World.” *Environmental Modeling and Assessment*.
- Lin, J. 2007. *Energy in China: Myths, Reality, and Challenges*. San Francisco, CA: Energy Foundation.
- Lin, J., N. Zhou, M. Levine, dan D. Fridley. 2006. *Achieving China's Target for Energy Intensity Reduction in 2010: An Exploration of Recent Trends and Possible Future Scenarios*. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratories, University of California–Berkeley.
- McKinsey & Company. 2009a. *Pathways to a Low-carbon Economy: Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*. McKinsey & Company.
- . 2009b. “Promoting Energy Efficiency in the Developing World.” *McKinsey Quarterly*, Februari.
- Meyers, S., J. McMahon, dan M. McNeil. 2005. *Realized and Prospective Impacts of U.S. Energy Efficiency Standards for Residential Appliances: 2004 Update*. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California–Berkeley.
- Mignone, B. K., R. H. Socolow, J. L. Sarmiento, dan M. Oppenheimer. 2008. “Atmospheric Stabilization and the Timing of Carbon Mitigation.” *Climatic Change* 88 (3–4): 251–65.
- MIT (Massachusetts Institute of Technology). 2003. *The Future of Nuclear Power: An Interdisciplinary MIT Study*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Neij, L. 2007. “Cost Development of Future Technologies for Power Generation: A Study Based on Experience Curves and Complementary Bottom-Up Assessments.” *Energy Policy* 36 (6): 2200–11.
- Nemet, G. 2006. “Beyond the Learning Curve: Factors Influencing Cost Reductions in Photovoltaics.” *Energy Policy* 34 (17): 3218–32.
- NRC (National Research Council). 2008. *The National Academies Summit on America's Energy Future: Summary of a Meeting*. Washington, DC: National Academies Press.
- NRDC (National Resources Defense Council). 2007. *The Next Generation of Hybrid Cars: Plug-in Hybrids Can Help Reduce Global Warming and Slash Oil Dependency*. Washington, DC: NRDC.
- Pew Center. 2008a. “Climate Change Mitigation Measures in India.” International Brief 2, Washington, DC.
- . 2008b. “Climate Change Mitigation Measures in South Africa.” Pew Center on Global Climate Change International Brief 3, Arlington, VA.
- Philibert, C. 2007. *Technology Penetration and Capital Stock Turnover: Lessons from IEA Scenario Analysis*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development and International Energy Agency.
- Project Catalyst. 2009. *Towards a Global Climate Agreement: Project Catalyst*. Synthesis briefing paper, ClimateWorks Foundation.
- Pryor, S., R. Barthelmie, dan E. Kjellstrom. 2005. “Potential Climate Change Impacts on Wind Energy Resources in Northern Europe: Analyses Using a Regional Climate Model.” *Climate Dynamics* 25 (7–8): 815–35.

- Rao, S., K. Riahi, E. Stehfest, D. van Vuuren, C. Cho, M. den Elzen, M. Isaac, dan J. van Vliet. 2008. *IMAGE and MESSAGE Scenarios Limiting GHG Concentration to Low Levels*. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis.
- Raupach, M. R., G. Marland, P. Ciais, C. Le Quere, J. G. Canadell, G. Klepper, dan C. B. Field. 2007. "Global and Regional Drivers of Accelerating CO₂ Emissions." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (24): 10288–93.
- REN 21. 2008. *Renewables 2007 Global Status Report*. Paris and Washington: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century Secretariat and Worldwatch Institute.
- Riahi, K., A. Grübler, dan N. Nakic'enovic'. 2007. "Scenarios of Long-Term Socio-Economic and Environmental Development under Climate Stabilization." *Technological Forecasting dan Social Change* 74 (7): 887–935.
- Rogers, C., M. Messenger, dan S. Bender. 2005. *Funding and Savings for Energy Efficiency Programs for Program Years 2000 through 2004*. Sacramento, CA: California Energy Commission.
- Rokityanskiy, D., P. C. Benitez, F. Kraxner, I. McCallum, M. Obersteiner, E. Rametsteiner, dan Y. Yamagata. 2006. "Geographically Explicit Global Modeling of Land-Use Change, Carbon Sequestration, and Biomass Supply." *Technological Forecasting and Social Change* 74 (7): 1057–82.
- Roland-Holst, D. 2008. *Energy Efficiency, Innovation, and Job Creation in California*. Berkeley, CA: Center for Energy, Resources, and Economic Sustainability, University of California–Berkeley.
- Rosenfeld, A. H. 2007. "California's Success in Energy Efficiency and Climate Change: Past and Future." Paper presented at the Electricite de France, Paris.
- Schaeffer, M., T. Kram, M. Meinshausen, D. P. van Vuuren, dan W. L. Hare. 2008. "Near-Linear Cost Increase to Reduce Climate-Change Risk." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (52): 20621–26.
- Schipper, L. 2007. *Automobile Fuel, Economy and CO₂ Emissions in Industrialized Countries: Troubling Trends through 2005/6*. Washington, DC: EMBARQ, the World Resources Institute Center for Sustainable Transport.
- SEG (Scientific Expert Group on Climate Change). 2007. *Confronting Climate Change: Avoiding the Unmanageable and Managing the Unavoidable*. Washington, DC: Sigma Xi and United Nations Foundation.
- Shalizi, Z., dan F. Lecocq. 2009. "Economics of Targeted Mitigation Programs in Sectors with Long-lived Capital Stock." Policy Research Working Paper 5063, World Bank, Washington, DC.
- Socolow, R. 2006. "Stabilization Wedges: Mitigation Tools for the Next Half-Century." Paper presented at the World Bank Energy Week, Washington, DC.
- Sorrell, S. 2008. "The Rebound Effect: Mechanisms, Evidence and Policy Implications." Paper presented at the Electricity Policy Workshop, Toronto.

- Sperling, D., dan D. Gordon. 2008. *Two Billion Cars: Driving Towards Sustainability*. New York: Oxford University Press.
- Stern, N. 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Sterner, T. 2007. "Fuel Taxes: An Important Instrument for Climate Policy." *Energy Policy* 35: 3194–3202.
- Sudarshan, A., dan J. Sweeney. Akan terbit. "Deconstructing the 'Rosenfeld Curve.'" *Energy Journal*.
- Tans, P. 2009. "Trends in Atmospheric Carbon Dioxide." National Oceanic and Atmospheric Administration, Boulder, CO.
- Taylor, R. P., C. Govindarajulu, J. Levin, A. S. Meyer, dan W. A. Ward. 2008. *Financing Energy Efficiency: Lessons from Brazil, China, India and Beyond*. Washington, DC: World Bank.
- UNEP(United Nations Environment Programme). 2003. "Energy and Cities: Sustainable Building and Construction." Paper presented at the UNEPGoverning Council Side Event, Osaka.
- . 2008. *Reforming Energy Subsidies: Opportunities to Contribute to the Climate Change Agenda*. Nairobi: UNEP Division of Technology, Industry and Economics.
- United Nations. 2007. *State of the World Population 2007: Unleashing the Potential of Urban Growth*. New York: United Nations Population Fund.
- van Vuuren, D. P., E. Stehfest, M. den Elzen, J. van Vliet, dan M. Isaac. Akan terbit. "Exploring Scenarios that Keep Greenhouse Gas Radiative Forcing Below 3 W/m² in 2100 in the IMAGEModel." *Energy Economics*.
- Wang, T., dan J. Watson. 2009. *China's Energy Transition: Pathways for Low Carbon Development*. Falmer and Brighton, UK: Sussex Energy Group and Tyndall Centre for Climate Change Research.
- Wang, X., dan K. R. Smith. 1999. "Near-term Benefits of Greenhouse Gas Reduction: Health Impacts in China." *Environmental Science and Technology* 33 (18): 3056–61.
- WBCSD (World Business Council for Sustainable Development). 2008. *Power to Change: A Business Contribution to a Low Carbon Economy*. Geneva: WBCSD.
- Weber, C. L., G. P. Peters, D. Guan, dan K. Hubacek. 2008. "The Contribution of Chinese Exports to Climate Change." *Energy Policy* 36 (9): 3572–77.
- Weyant, J., C. Azar, M. Kainuma, J. Kejun, N. Nakićenović, P. R. Shukla, E. La Rovere, dan G. Yohe. 2009. *Report of 2.6 Versus 2.9 Watts/m² RCPP Evaluation Panel*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Wilbanks, T. J., V. Bhatt, D. E. Bilello, S. R. Bull, J. Ekmann, W. C. Horak, Y. J. Huang, M. D. Levine, M. J. Sale, D. K. Schmalzer, dan M. J. Scott. 2008. *Effects of Climate Change on Energy Production and Use in the United States*. Washington, DC: U.S. Climate Change Science Program.
- Wise, M. A., L. Clarke, K. Calvin, A. Thomson, B. Bond-Lamberty, R. Sands, S. Smith, T. Janetos, dan J. Edmonds. 2009. "The 2000 Billion Ton Carbon Gorilla: Implication of Terrestrial Carbon Emissions for a

- LCS.” Paper presented at the Japan Low-Carbon Society Scenarios Toward 2050 Project Symposium, Tokyo.
- Wiser, R., dan M. Bolinger. 2008. *Annual Report on U.S. Wind Power Installation, Cost, and Performance Trends: 2007*. Washington, DC: U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy.
- World Bank. 2001. *China: Opportunities to Improve Energy Efficiency in Buildings*. Washington, DC: World Bank Asia Alternative Energy Programme and Energy & Mining Unit, East Asia and Pacific Region.
- . 2006. *Renewable Energy Toolkit: A Resource for Renewable Energy Development*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008a. *An Evaluation of World Bank Win-Win Energy Policy Reforms*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008b. *Energy Efficiency in Eastern Europe and Central Asia*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008c. *South Asia Climate Change Strategy*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008d. *The Development of China’s ESCO Industry, 2004–2007*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008e. *World Development Indicators 2008*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008f. *World Development Report 2009: Reshaping Economic Geography*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009a. *Energizing Climate-Friendly Development: World Bank Group Progress on Renewable Energy and Energy Efficiency in Fiscal 2008*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009b. “World Bank Urban Strategy.” World Bank. Washington, DC.
- . 2009c. *World Development Indicators 2009*. Washington, DC: World Bank.
- World Economic Forum. 2009. *Green Investing: Towards a Clean Energy Infrastructure*. Geneva: World Economic Forum.
- World Energy Council. 2008. *Energy Efficiency Policies around the World: Review and Evaluation*. London: World Energy Council.
- Worldwatch Institute. 2008. *State of the World 2008: Innovations for a Sustainable Economy*. New York: W.W. Norton & Company.
- . 2009. *State of the World 2009: Into a Warming World*. New York: W.W. Norton & Company.
- WRI (World Resources Institute). 2008. “Climate Analysis Indicators Tool (CAIT).” Washington, DC.
- Yates, M., M. Heller, dan L. Yeung. 2009. *Solar Thermal: Not Just Smoke and Mirrors*. New York: Merrill Lynch.
- Zhang, X. 2008. *Observations on Energy Technology Research, Development and Deployment in China*. Beijing: Tsinghua University Institute of Energy, Environment and Economy.

BAGIAN 2



united nations climate change conference

Nusa Dua - Bali, Indonesia, 3-14 December 2007



Mengintegrasikan Pembangunan ke dalam Rezim Iklim Global

Selama dua dekade belakangan, dunia telah menyaksikan pembentukan dan evolusi rezim iklim internasional, dengan United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) dan Protokol Kyoto sebagai pilar utamanya (Kotak 5.1). Kyoto menetapkan batasan internasional yang mengikat tentang emisi gas rumah kaca di negara-negara berkembang. Hal ini menciptakan suatu pasar karbon untuk menggerakkan investasi pribadi dan menurunkan biaya pengurangan emisi. Protokol Kyoto juga menghimbau negara-negara agar mempersiapkan strategi perubahan iklim nasional.

Akan tetapi rezim global memiliki keterbatasan-keterbatasan utama. Rezim global telah gagal membatasi emisi secara substansial, yang meningkat hampir 30 persen sejak Kyoto dinegosiasikan.¹ Dukungannya masih sangat terbatas bagi negara-negara berkembang.

Mekanisme Pembangunan Bersih (Clean Development Mechanism—CDM) sejauh ini hanya membawa perubahan kecil pada strategi pembangunan umum berbagai negara (lihat Bab 6 mengenai kelemahan dari CDM). Global Environment Facility (GEF) hanya mengeluarkan 36 juta dolar untuk dana iklim,² jauh di bawah jumlah yang dibutuhkan. Rezim global sejauh ini telah gagal memacu kerja sama penelitian dan pengembangan di berbagai negara atau untuk memobilisasi penggalangan dana yang signifikan bagi transfer teknologi dan penyebaran yang diperlukan untuk pengembangan teknologi rendah karbon. Selain mendorong negara-negara miskin untuk mempersiapkan National Adaptation Program of Action, rezim global menyumbangkan sedikit dukungan konkret bagi upaya adaptasi. Dan Adaptation Fund, yang dimulai dengan sangat lambat, gagal memenuhi kebutuhan yang diminta (Bab 6).

Rencana Aksi Bali pada 2007 meluncurkan suatu negosiasi untuk mencapai suatu “hasil yang telah disepakati” selama sesi ke-15 UNFCCC di Kopenhagen pada 2009. Negosiasi ini menghadirkan suatu kesempatan untuk memperkuat rezim iklim dan menitikberatkan pada kekurangan-kekurangannya.

Pesan Kunci

Permasalahan global tentang skala perubahan iklim memerlukan koordinasi internasional. Namun demikian, implementasinya bergantung pada aksi yang dilakukan oleh negara. Oleh karena itu, rezim iklim internasional yang efektif harus mengintegrasikan kepedulian pembangunan, membebaskan lingkungan-versus-dikotomi ekuitas. Kerangka kerja multijalur untuk tindakan iklim, dengan tujuan-tujuan dan kebijakan-kebijakan yang berbeda untuk negara-negara maju dan berkembang, mungkin merupakan salah satu cara untuk melangkah maju; kerangka kerja ini akan perlu untuk mempertimbangkan proses pendefinisian dan pengukuran kesuksesan. Rezim iklim internasional juga perlu untuk mendukung pengintegrasian adaptasi ke dalam pembangunan.

KOTAK 5.1 *Rezim iklim saat ini*

United Nations Framework Convention on Climate Change, diluncurkan pada 1992 dan diberlakukan pada 1994, menetapkan suatu tujuan pokok untuk menstabilkan konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer pada tingkat yang akan mencegah intervensi manusia yang “berbahaya” pada sistem iklim. UNFCCC membagi negara-negara menjadi tiga kelompok utama dengan komitmen yang berbeda:

Pihak-pihak dalam Annex I termasuk negara-negara industri yang dulu merupakan anggota OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) pada tahun 1992, ditambah negara-negara dalam transisi ekonomi (pihak-pihak EIT), termasuk Federasi Rusia, negara-negara Balkan, dan beberapa negara Eropa Tengah dan Eropa Timur. Mereka berkomitmen untuk mengadopsi kebijakan perubahan iklim dan upaya-upaya dengan tujuan mengurangi emisi gas rumah kaca mereka ke tingkat tahun 1990 pada tahun 2000.

Pihak-pihak dalam Annex II terdiri dari anggota OECD dalam Annex I, tetapi negara-negara dalam transisi ekonomi tidak termasuk. Mereka harus menyediakan sumber dana supaya negara-negara berkembang mampu menjalankan aktivitas pengurangan emisi di bawah naungan UNFCCC dan untuk membantu mereka beradaptasi terhadap efek samping perubahan iklim. Selain itu, mereka harus “melakukan seluruh langkah praktis” untuk menciptakan pembangunan dan transfer teknologi ramah lingkungan bagi negara-negara berkembang dan dalam transisi ekonomi (negara-negara EIT).

Pihak-pihak non-Annex I kebanyakan adalah negara-negara berkembang.

Mereka menjalankan kewajiban umum untuk menyusun dan mengimplementasikan program-program nasional tentang mitigasi dan adaptasi.

Badan pembuat keputusan pokok dari konvensi adalah Conference of the Parties (COP), yang mengadakan pertemuan setiap tahun dan mengevaluasi implementasi konvensi, mengadopsi keputusan-keputusan untuk kemudian dijadikan peraturan-peraturan konvensi, dan menegosiasikan komitmen-komitmen nyata yang baru.

Protokol Kyoto menambahkan dan memperkuat konvensi. Diluncurkan pada 1997, Protokol Kyoto diberlakukan pada Februari 2005, dengan 184 pihak pada 14 Januari 2009.

Pada pokok utama dari Protokol Kyoto, terletak target emisi yang mengikat bagi pihak-pihak Annex I, yang memiliki target emisi masing-masing, yang diputuskan di Kyoto melalui suatu negosiasi intensif.

Selain target emisi bagi pihak-pihak Annex I, Protokol Kyoto juga mengandung suatu komitmen umum (yang mencerminkan komitmen umum pada UNFCCC) yang berlaku bagi semua pihak, seperti:

- Memulai langkah untuk meningkatkan kualitas data emisi,
- Memulai program mitigasi dan adaptasi nasional,
- Meningkatkan transfer teknologi ramah lingkungan,
- Bekerja sama dalam bidang penelitian ilmiah dan jaringan observasi iklim internasional, dan

- Mendukung pendidikan, pelatihan, kesadaran publik dan inisiatif pembentukan kapasitas.

Protokol tersebut melakukan terobosan dengan tiga mekanisme inovatif—implementasi bersama, Mekanisme Pembangunan Bersih (Clean Development Mechanism—CDM), dan perdagangan emisi^a—yang dirancang untuk meningkatkan efektivitas biaya mitigasi perubahan iklim dengan membuka jalan bagi pihak-pihak untuk mengurangi emisi, atau meningkatkan penyerapan karbon, yang lebih murah di luar negeri dibandingkan di negara sendiri.

Rencana Aksi Bali (Rencana Aksi Bali), diadopsi pada 2007 oleh pihak-pihak ke dalam UNFCCC, meluncurkan suatu proses menyeluruh untuk memungkinkan suatu penerapan konvensi yang lengkap, efektif, dan berkelanjutan, melalui aksi kerja sama jangka panjang saat ini, yang akan datang, dan pasca-2012, untuk mencapai hasil yang telah disepakati dan mengadopsi keputusan sesi ke-15 di Copenhagen, Desember 2009.

Rencana Aksi Bali berfokus pada empat hal yang utama—mitigasi, adaptasi, teknologi, dan pendanaan. Pihak-pihak juga setuju bahwa negosiasi seharusnya menitikberatkan pada suatu pandangan bersama mengenai aksi kerja sama jangka panjang, termasuk suatu tujuan jangka panjang global bagi pengurangan emisi.

Sumber: Direproduksi dari UNFCCC 2005; keputusan UNFCCC 1/CP.13, <http://unfccc.int/resource/docs/2007/cop13/eng/06a01.pdf> (diakses 6 Juli 2009).

Membangun rezim iklim: Mengatasi ketegangan antara iklim dan pembangunan³

Jika kita ingin menanggapi perubahan iklim dengan serius, maka tidak ada pilihan selain mengintegrasikan kepedulian pembangunan dan perubahan iklim. Permasalahan iklim muncul sebagai akibat adanya

gabungan evolusi pertumbuhan ekonomi dan emisi gas rumah kaca. Rezim yang efektif harus menyediakan insentif untuk mempertimbangkan kembali jalur industrialisasi dan mengurai ikatan yang telah mengunci pembangunan pada karbon. Bagaimanapun juga, untuk alasan etika dan rasional, pemikiran kembali hal ini harus memasukkan pertemuan

aspirasi pembangunan dan menempa rezim iklim yang adil.

Sampai saat ini, perubahan iklim tidak dilihat sebagai sebuah peluang untuk memikirkan kembali pembangunan industri. Perdebatan iklim telah terisolasi dari arus utama pembuatan keputusan pendanaan, investasi, teknologi, dan perubahan institusional. Waktu sudah terlewat secara substansial, jika tidak secara keseluruhan. Kesadaran perubahan iklim di antara para petinggi dan publik telah tumbuh pada tingkat bahwa terdapat kesiapan untuk mengintegrasikan perubahan iklim ke dalam perkembangan pengambilan keputusan.

Mengubah kesiapan ini menjadi rezim iklim yang efektif harus dapat mencapai berbagai tujuan secara simultan—kesetaraan, iklim, serta pembangunan sosial dan ekonomi. Akan menjadi hal yang naif untuk mengatakan bahwa tidak ada tekanan di antara tujuan-tujuan ini. Memang, persepsi adanya pertukaran akan dapat terbukti menjadi suatu rintangan politik yang potensial dalam mengintegrasikan perubahan iklim dan pembangunan. Perbedaan persepsi dan kerangka kerja di semua negara maju dan berkembang dapat dan telah mengganggu pembahasan serius tentang bagaimana tindakan iklim dapat diintegrasikan dengan pembangunan.

Untuk memastikan rezim iklim yang peduli terhadap masalah-masalah pembangunan ini, kita perlu mengidentifikasi dan mengikutsertakan berbagai perspektif yang berlawanan, lalu berupaya untuk mengatasi keduanya. Bab ini membahas titik ketegangan antara suatu perspektif iklim dan perspektif pembangunan: lingkungan atau kesetaraan, berbagi beban atau aksi oportunistik awal, suatu hasil

iklim yang terprediksi atau suatu proses pembangunan yang tidak terprediksi, dan kebersyaratan dalam hal pendanaan atau kepemilikan. Ketegangan-ketegangan tersebut merupakan karakteristik yang kasar untuk memunculkan pertentangan-pertentangannya dan penyelesaiannya yang dapat dilakukan, dengan menyadari bahwa pada praktiknya posisi masing-masing negara, baik di Utara maupun di Selatan, jauh lebih kabur daripada pandangan-pandangan ekstrem yang dijelaskan di sini. Bagian kedua dari bab ini mengeksplorasi pendekatan-pendekatan alternatif untuk mengintegrasikan negara-negara berkembang ke dalam arsitektur internasional.

Mitigasi perubahan iklim: lingkungan dan kesetaraan

Sejak awalnya, rezim iklim telah menetapkan tujuan-tujuan kesetaraan dan lingkungan sebagai elemen intinya. Seiring dengan waktu, artikulasi tujuan-tujuan tersebut telah berubah sehingga tidak lagi saling melengkapi, membuntukan kemajuan negosiasi iklim. Pemikiran mengenai kesetaraan dan lingkungan secara progresif telah terbentuk sebagai cara-cara yang bersaing dalam memikirkan masalah tersebut, dan negara-negaranya berkelompok di sepanjang garis-garis Utara-Selatan yang dapat diprediksi.

Selama dua dekade terakhir, sebagian besar orang menganggap perubahan iklim sebagai suatu masalah lingkungan—sebagai salah satu batasan dari biosfer. Perspektif ini secara langsung mencuat dari ilmu pengetahuan dasar: jumlah emisi gas rumah kaca terus menumpuk dan berdampak terhadap lingkungan karena bertambahnya emisi antropogenik, diperburuk dengan terbatasnya kemampuan biosfer untuk

menyerap atau memperbaiki gas rumah kaca. Dalam perspektif ini masalah yang timbul memerlukan tindakan kolektif secara global dan instrumen yang dipilih harus dirundingkan agar terbentuk komitmen untuk mengurangi emisi secara mutlak.

Fokus mengenai lingkungan yang ketat ini menyebabkan munculnya perspektif lain yang bersaing, yang pada intinya menganggap bahwa perubahan iklim merupakan masalah kesetaraan. Penganut perspektif ini beranggapan bahwa ada keterbatasan lingkungan, tetapi mereka juga melihat bahwa masalah tersebut muncul karena negara-negara maju telah mengisi ruang ekologis yang terbatas itu secara tidak sebanding. Dalam perspektif ini alokasi prinsip-prinsip haruslah berdasarkan atas kesetaraan, seperti yang berpusat pada emisi per kapita dan emisi sepanjang sejarah, harus memberikan basis untuk rezim iklim yang adil.

Tujuan-tujuan kesetaraan dan lingkungan telah menjadi unsur perdebatan dari dua kutub yang berbeda. Negara-negara industri menyatakan bahwa negara-negara yang baru berkembang menjadi negara industri adalah penyumbang emisi yang besar dan emisi negara-negara industri baru tersebut akan meningkat di masa depan—sehingga dibutuhkan suatu pengurangan emisi secara mutlak.⁴ Negara-negara yang sedang menuju ke arah negara industri dan negara-negara yang sedang mengalami perkembangan ekonomi melihat rezim yang berdasarkan pengurangan mutlak yang dinegosiasikan akan membuat ketidaksetaraan emisi terus terjadi, situasi yang tidak diinginkan oleh mereka. Kesetaraan telah menjadi perhatian dengan adanya bukti bahwa emisi dari negara-negara berkembang

meningkat dalam dua dekade terakhir, sejak dimulainya perundingan-perundingan mengenai iklim. Dengan meningkatnya kepentingan akan solusi mengenai lingkungan, banyak negara berkembang, khususnya negara-negara yang sedang menuju ke arah negara industri secara cepat, takut bahwa perhatian dan tanggung jawab mitigasi emisi akan dilimpahkan pada mereka. Persepsi ini menguat karena adanya istilah “negara penyumbang emisi utama” dari negara-negara yang industrinya bertumbuh pesat.

Rezim iklim global yang efektif dan sah harus mencari cara mempersatukan dua kerangka pemikiran yang berlawanan ini—dan harus dapat berbicara dengan kedua perspektif tersebut. Untuk memulainya, pendekatan untuk perundingan-perundingan global haruslah disertai dengan semangat keragaman. Melihat sejarah pertentangan politik dan kebenaran dari masing-masing unsur, baik lingkungan maupun pandangan kesetaraan premasalahan iklim tidak dapat, secara praktis, menjadi sebuah panduan mutlak untuk negosiasi, walaupun keduanya penting. Pendekatan-pendekatan gabungan yang merelokasi pembahasannya ke dalam kerangka perkembangan dapat digunakan untuk memperluas perdebatannya. Salah satu pendekatan adalah memformulasi ulang masalah di sekitar hak pembangunan daripada untuk memutuskan dan mengidentifikasi “tanggung jawab” dan “kapasitas” untuk bertindak mengatasi perubahan iklim.⁵ Pemikiran lain menyatakan “perkembangan kebijakan dan upaya yang berkelanjutan” (berarti upaya untuk menempatkan negara pada jalur rendah karbon yang sangat sesuai dengan prioritas pembangunan) dilakukan oleh

negara-negara berkembang, dengan pengurangan secara mutlak oleh negara-negara industri.⁶ Hal-hal spesifik dari masing-masing proposal mungkin akan menjadi perdebatan, namun rezim iklim akan dilayani dengan baik oleh politik pragmatisme yang dibangun di sekitar integrasi yang cermat antara iklim dan pembangunan.

Agar negara-negara berkembang yakin bahwa integrasi iklim dan perkembangan tidak akan membuat mereka mengemban tanggung jawab yang lebih besar untuk mitigasi, harus dijelaskan bahwa rezim global juga mendukung prinsip kesetaraan. Salah satu contohnya adalah tujuan jangka panjang yang membawa emisi per kapita di berbagai negara menjadi nilai yang kisarannya sempit; prinsip ini akan berfungsi sebagai kompas moral dan bertujuan agar di masa depan rezimnya tidak terpaku pada emisi yang sangat tidak merata. Sekali lagi, hal-hal spesifik prinsip-prinsip tersebut akan diperdebatkan, namun rezim iklim yang sah tampaknya akan perlu ditambahkan pada prinsip kesetaraan.

Negara-negara Utara memiliki tanggung jawab sejarah atas tumpukan gas rumah kaca yang telah terbentuk dan ini telah dibuktikan oleh pernyataan yang kuat dalam konvensi kerangka kerja. Oleh karena itu, sulit untuk membayangkan bahwa rezim global tidak akan dimulai dengan tindakan mitigasi besar-besaran oleh negara-negara maju. Gabungan dari tindakan dini yang dipelopori oleh negara-negara Utara, prinsip kesetaraan yang matang, dan semangat pluralisme dalam bernegosiasi, dapat menjadi landasan untuk melampaui dikotomi lingkungan-kesetaraan yang telah menghambat perundingan-perundingan iklim global.

Pembagian beban dan tindakan awal yang oportunis

Konstruksi lingkungan dan kesetaraan dari tantangan iklim memiliki satu asumsi umum bahwa tantangannya adalah masalah pembagian beban. Istilah pembagian beban menunjukkan bahwa mitigasi iklim akan memberikan biaya tambahan terhadap perekonomian nasional suatu negara. Oleh karena infrastruktur dan produksi ekonomi dibangun berdasarkan asumsi bahwa karbon tidak akan membutuhkan biaya, pembangunan ekonomi dan masyarakat yang sadar akan adanya biaya karbon akan menyebabkan adanya biaya penyesuaian tambahan. Politik Utara-Selatan yang rumit mengenai iklim terkait erat dengan asumsi pembagian beban, karena masalah konstruksi lingkungan dan kesetaraan mengimplikasikan cara-cara yang sangat berbeda mengenai pembagian beban serta memiliki biaya politik yang berbeda pula.

Pengenalan bagaimana pembagian beban menyebabkan pertentangan politik, pendukung mitigasi iklim dini seharusnya mengembangkan suatu narasi tandingan mengenai mitigasi iklim sebagai peluang yang harus diraih dan bukan beban yang harus dibagi. Mereka menunjukkan bahwa dalam sejarah peraturan lingkungan telah banyak contoh bagaimana suatu peraturan baru terbukti tidak akan menelan biaya sebesar yang ditakutkan orang-orang—hujan asam dan menipisnya ozon merupakan contoh yang terkenal.⁷ Seandainya pun mitigasi iklim menyebabkan timbulnya biaya, mereka yang pertama kali menerapkan teknologi mitigasi akan mendapatkan keuntungan. Mereka yang pertama kali menerapkan teknologi mitigasi akan berada di tempat terdepan untuk

menggapai peluang dari pasar-pasar yang baru yang memandang karbon sebagai biaya. Ada banyak peluang mitigasi iklim—terutama efisiensi energi—yang dapat dipetik dari biaya ekonomi negatif selain adanya manfaat tambahan yang didapatkan untuk perkembangan. Dalam jangka menengah, pelopor mitigasi iklim dapat menumbuhkan umpan balik positif di antara institusi, ekonomi, dan teknologi saat ekonomi global mengalami orientasi ulang di sekitar masa depan yang lebih rendah karbon. Dalam bentuk terkuatnya, narasi mengenai peluang adalah peluang yang bisa diraih dengan pertama kali melakukan mitigasi iklim, terlepas dari apa yang dilakukan oleh negara-negara lainnya.

Namun, perlu diperhatikan bahwa narasi di atas tidak boleh dilebih-lebihkan. Keterikatan antara iklim dan perkembangan industri secara konseptual tampak menjadi hal yang substansial—perbandingan dengan masa lalu seperti hujan asam dan penipisan ozon memiliki relevansi yang terbatas. Jumlah karbon yang dihasilkan oleh negara-negara industri berdasarkan ekonomi tanpa biaya karbon maupun ketergantungan terhadap bahan bakar fosil tidak dapat serta-merta ditiadakan. Mereka yang skeptis mengatakan bahwa hingga saat ini narasi peluang iklim yang ada tidak sebanding dengan tindakan nyata yang telah diambil oleh negara industri untuk memungkinkan negara-negara berkembang merealisasikan peluang yang ada.

Lebih daripada itu, sekalipun semua negara mempercayai terbukanya peluang baru, negara-negara tersebut akan bertindak secara strategis dengan cara mempertahankan pendapat umum, yaitu pembagian beban, untuk memenangkan kesepakatan hasil negosiasi yang lebih baik walaupun swasta diorganisasi

untuk mencapai peluang yang ada. Istilah menggapai peluang tidak akan sepenuhnya dapat menggantikan istilah pembagian beban yang menjadi narasi dominan dalam jangka waktu pendek—istilah itu hanya menyediakan pembukaan untuk mengubah situasi politik yang sudah mendarah daging mengenai perubahan iklim.

Walaupun demikian, pembukaan yang terbatas ini penting sekali untuk dimanfaatkan. Prospek mendapatkan peluang ekonomi dari isu iklim dapat mengubah keseimbangan politik menuju suatu awal yang lebih berat untuk menata ulang perekonomian dan masyarakat menuju masa depan yang lebih rendah karbon. Memulai sesuatu tanpa adanya prospek yang menguntungkan merupakan sesuatu yang lebih sulit lagi untuk diterima. Dan memulai suatu perubahan adalah penting karena permulaan perubahan akan menciptakan konstituen dengan kepentingan masa depan rendah karbon, mengawali proses percobaan, dan meningkatkan biaya-biaya bagi pihak lain yang tertinggal, sehingga menciptakan efek tarikan. Sekalipun istilah menggapai peluang bukanlah sesuatu yang tanpa cacat, istilah tersebut tetap berpotensi menandingi istilah pembagian beban yang merupakan topik utama dalam perdebatan mengenai iklim (Kotak 5.2).

Hasil iklim yang dapat diprediksi dan proses perkembangan yang tidak dapat diprediksi

Pembagian beban terkait dengan kerangka lingkungan dari masalah iklim, dari mana muncul keperluan untuk menentukan sasaran pengurangan absolut untuk menghindari terjadinya bencana perubahan iklim. Dari rekomendasi Intergovernmental

KOTAK 5.2 *Beberapa proposal untuk pembagian beban***Kontraksi dan konvergensi**

Pendekatan “kontraksi dan konvergensi” menyatakan bahwa setiap manusia memiliki peranan yang sama terhadap emisi gas-gas rumah kaca. Oleh karena itu, semua negara harus menuju emisi per kapita yang sama. Emisi total harus terus berkurang dan emisi per kapita harus mengerucut menjadi satu nilai saja. Nilai konvergensi yang sebenarnya, jalur yang ditempuh untuk mencapai konvergensi, dan kapan konvergensi tersebut harus dicapai, dapat dinegosiasikan.

Greenhouse Development Rights (Hak-hak Pembangunan Gas Rumah Kaca)

Greenhouse Development Rights Framework menganjurkan bahwa mereka yang berjuang melawan kemiskinan tidak seharusnya diharapkan untuk memfokuskan keterbatasan sumber daya mereka untuk pengalihan perubahan iklim. Sebagai gantinya, Negara-negara yang lebih kaya dengan kapasitas lebih besar untuk membayar dan lebih bertanggung jawab terhadap stok emisi yang ada untuk mengambil sebagian besar biaya program mitigasi dan adaptasi global.

Pendekatan Greenhouse Development Rights yang masih baru ini mendefinisikan dan menghitung obligasi nasional yang berbasis individu daripada pendapatan nasional. Kapasitas negara (sumber daya untuk membayar tanpa harus mengorbankan kepentingan) dan tanggung jawab (kontribusi pada permasalahan iklim) kemudian ditetapkan oleh jumlah pendapatan nasional atau emisi di atas “ambang batas pembangunan.” Hal ini diperkirakan pada kisaran \$20 per orang per hari (\$7.500 per orang per tahun), dengan emisi diperkirakan proporsional dengan pendapatan. Indeks kapasitas dan tanggung jawab berdasarkan Greenhouse Development Rights Framework akan menempatkan Amerika Serikat pada pengurangan emisi global yang diperlukan sebesar 29 persen pada 2020 untuk stabilisasi 2°C, diikuti oleh Uni Eropa (23 persen) dan China (10 persen). Bagian India terhadap emisi global sekitar 1 persen.

Proposal Brazil: tanggung jawab historis

Pada tahun 1997, negosiasi yang mengarah pada Protokol Kyoto, Pemerintah Brazil mengajukan bahwa “sejarah historis” dapat dijadikan sebagai dasar untuk pembagian beban mitigasi di antara negara-negara Annex I (yaitu negara-negara dengan target resmi). Proposal tersebut tampaknya ditujukan pada “hubungan antara emisi gas rumah kaca terhadap Pihak-pihak selama periode waktu dan efek emisi pada perubahan iklim, yang diukur dengan peningkatan rerata suhu permukaan global.” Perhatian dari proposal tersebut adalah metode yang digunakan untuk mendistribusikan beban pengurangan emisi di antara negara-negara, yang berdasarkan target Negara-negara Annex I harus diatur berdasarkan tanggung jawab masing-masing negara untuk kenaikan suhu global.

Proposal itu memasukkan sebuah “model pembuat kebijakan” untuk menentukan target emisi bagi negara-negara dan menegaskan kebutuhan untuk sebuah “model perubahan iklim yang disetujui” untuk memperkirakan kontribusi negara pada peningkatan suhu global.

Anggaran karbon

Sekelompok peneliti di Chinese Academy of Social Sciences menganjurkan bahwa:

- Hak-hak atas emisi gas rumah kaca merupakan hak asasi manusia yang menjamin kelangsungan hidup dan pembangunan. Kesetaraan berarti menjamin kesetaraan antarindividu, bukan antarnegara.
- Hal yang terpenting dari mempromosikan kesetaraan antarindividu adalah kesetaraan itu akan menjamin hak-hak generasi masa kini. Mengendalikan pertumbuhan penduduk adalah pilihan kebijakan yang dapat mempertahankan pembangunan sekaligus memperlambat perubahan iklim.
- Dengan adanya kekayaan yang diperoleh selama pembangunan, yang akan disertai dengan emisi gas rumah kaca, kesetaraan di masa sekarang mencakup kesetaraan yang diperoleh di masa lalu, masa kini, dan pembangunan di masa mendatang.

- Memberikan prioritas terhadap kebutuhan dasar berarti bahwa alokasi hak-hak emisi merefleksikan berbagai perbedaan dalam lingkungan yang alami.

Jika hanya emisi CO₂ dari bahan bakar fosil yang dihitung dan puncak emisi terjadi pada tahun 2015 untuk kemudian menurun sebesar 50 persen dari tingkat pada 2005 di tahun 2050, maka pengeluaran karbon per kapita selama tahun 1900 hingga tahun 2050 adalah 2,33 metrik ton CO₂. Alokasi anggaran karbon awal bagi masing-masing negara memiliki proporsi langsung dengan populasi pada tahun awal ditambah penyesuaian-penyesuaian atas faktor-faktor alami seperti iklim, geografi, dan sumber-sumber daya alam.

Negara-negara berkembang, meskipun secara historis sering kali memiliki anggaran yang tidak mencukupi dan dengan demikian berhak untuk tumbuh dan menghasilkan emisi, tidak memiliki pilihan selain mentransfer anggaran karbon mereka ke negara-negara maju agar dapat menutupi kelebihan emisi historis negara-negara maju serta menjamin kebutuhan-kebutuhan dasar di masa depan.

Utang historis ini berjumlah mencapai sekitar 460 gigaton CO₂. Pada nilai saat ini yang berjumlah \$13 per ton, nilai utang ini akan mencapai \$59 triliun—secara substansial jauh di atas jumlah yang telah disiapkan bagi negara-negara berkembang untuk memerangi perubahan iklim.

Delanjutkan dengan emisi per kapita di negara-negara berpendapatan tinggi dapat secara terpisah melampaui pasar karbon. Akan tetapi pajak karbon progresif tampak diperlukan, dengan kelebihan diperuntukkan untuk putaran komitmen berikutnya

Sumber: Kontraksi dan konvergensi: Meyer 2001. Greenhouse Development Rights: Baer, Athanasiou, dan Kartha 2007. Brazil: pendapat dari pemerintah Brazil pada UNFCCC pada tahun 1997 (<http://unfccc.int/cop3/resource/docs/1997/agbm/misc10a3.htm>, diakses 7 Juli 2009). Anggaran karbon: direproduksi dari Jiahua dan Ying 2008.

Panel on Climate Change (IPCC), beberapa negara dan pendukung telah mengupayakan suatu sasaran global

yaitu menetapkan kenaikan suhu di bawah 2°C, yang akan memerlukan pengurangan emisi global setidaknya

50 persen (batas bawah dari kisaran yang ditetapkan oleh IPCC, yaitu 50–85 persen) pada tahun 2050 dari tingkatnya pada tahun 1990.⁸ Sebagai respons atas rekomendasi IPCC, beberapa negara berpendapatan tinggi telah mengajukan sasaran pengurangan nasional mereka (hingga tahun 2050 dan pada beberapa kasus hanya sasaran sementara selama beberapa tahun).⁹ Gagasan dasarnya adalah untuk mengukur dan membuat tolok ukur kemajuan dalam menghadapi tantangan iklim.

Suatu sasaran global khususnya bermanfaat untuk menilai tawaran komitmen yang telah diajukan oleh dunia industri dalam menghadapi besarnya tantangan yang dihadapi. Namun, seperti yang dijelaskan pada Bab 4, perhitungan secara matematika sederhana menunjukkan bahwa tujuan global juga mengandung implikasi bagi negara-negara berkembang; kesenjangan dalam hal pengurangan antara sasaran global dan total sasaran dari negara-negara industri juga harus dapat dipenuhi oleh negara-negara berkembang. Beberapa negara berkembang tidak bersedia menerimanya sebagai pintu belakang untuk komitmen oleh negara-negara berkembang atau bersikeras untuk melakukan diskusi secara simultan mengenai alokasi kerangka kerja.¹⁰ Penolakan ini bukan disebabkan oleh sasaran globalnya, melainkan lebih dari pemikiran bahwa sifat dapat diprediksi dikhawatirkan akan sulit diterjemahkan menjadi pengupayaan segala tindakan untuk mengurangi emisi secara mutlak, menyebabkan pengaruh implisit pada emisi negara-negara berkembang.

Tantangan iklim akan tampak sangat berbeda jika dilihat dari kacamata pembangunan. Dibangun di atas sejarah intelektual yang kaya dan kompleks,

pemikiran pembangunan yang baru-baru ini berfokus pada institusi dan inersia institusional pembangunan (Bab 8). Dalam perspektif ini, “aturan permainan” yang formal serta norma-norma informal, termasuk yang berkaitan dengan budaya, adalah penentu penting dari insentif ekonomi, transformasi institusi, inovasi teknologi, dan perubahan sosial. Politik merupakan hal penting dari proses ini, seiring berbagai pelaku berorganisasi untuk mencoba mengubah institusi dan mentransformasikan insentif. Peta-peta mental yang dapat dibawa oleh para pelaku ke dalam keterlibatan mereka dengan proses-proses pembangunan juga penting. Ada tiga hal yang relevan di sini. Pertama, pembangunan adalah proses perubahan yang sebagian besar digerakkan dari bawah. Kedua, sejarah dan pola institusi masa lalu sangat berpengaruh, sehingga pola umum hanya dapat digunakan secara terbatas—satu pola cetakan saja tidak dapat digunakan untuk menyelesaikan semua permasalahan. Ketiga, gambaran umum mengenai perubahan juga dapat diterapkan di negara-negara industri sekalipun di negara-negara maju ketidaksempurnaan dan ketidaklengkapan institusi tidak terlalu perlu dirisaukan, dan perubahannya lebih digerakkan oleh kebijakan dari atas ke bawah serta oleh sinyal-sinyal harga.

Dalam perspektif ini, tugas pembangunan rendah karbon di negara-negara berkembang merupakan proses jangka panjang, yang tidak terlalu digerakkan dari atas oleh sasaran dan tabel waktu seperti di negara-negara industri. Alih-alih demikian, perubahan dalam arah pembangunan rendah karbon hanya dapat dilakukan apabila sasaran ini dapat diinternalisasikan ke dalam proses-proses pembangunan yang lebih besar,

di mana kaum birokrat, wirausahawan, kalangan sipil, dan masyarakat juga telah terlibat. Dengan kata lain, iklim harus diintegrasikan dengan pembangunan. Salah satu contoh dari pendekatan ini adalah dengan melakukan perencanaan perkotaan dalam masa depan yang lebih rendah karbon, misalnya dengan membuat lokasi rumah dan pekerjaan berdekatan sehingga mengurangi kebutuhan transportasi, merancang bangunan yang lebih tahan lama, atau menciptakan solusi kolektif untuk transportasi massal (lihat Bab 4). Hal ini sangat kontras bila dibandingkan dengan sasaran jangka pendek yang lebih menekankan pada mobil-mobil efisien bahan bakar untuk digunakan di dalam infrastruktur perkotaan yang sudah ada.

Seperti yang telah dijelaskan pada Bab 4, kedua pendekatan di atas perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil jangka pendek dan juga hasil jangka panjang. Oleh karena itu, kedua perspektif tersebut dapat direkonsiliasikan sebagian. Perspektif berorientasi iklim akan menghasilkan sejumlah langkah kebijakan jangka pendek yang secara substansial dapat diimplementasikan di suatu negara secara menyeluruh serta tetap memberikan manfaat bagi pembangunan di negara tersebut. Banyak manfaatnya terdapat dalam bidang efisiensi energi, misalnya dengan memperbaiki kode bangunan, menetapkan peralatan standar, dan sebagainya.¹¹ Pendekatan-pendekatan ini dapat diterapkan dalam proses jangka panjang yang bertujuan mengonsepan kembali pembangunan melalui kacamata iklim.

Akan tetapi, perhatian dengan perspektif jangka pendek dan yang dapat diprediksi harus tetap menyertakan

transformasi berperspektif jangka panjang dan yang lebih fundamental untuk menuju pembangunan rendah karbon. Walaupun terdapat banyak risiko di mana pembandingan upaya-upaya negara-negara berkembang yang terlalu antusias untuk mencapai sasaran global jangka panjang akan mengecualikan transformasi jangka panjang tersebut. Seperti telah dijelaskan sebelumnya, banyak upaya transformasi yang tidak dapat diterapkan dalam perencanaan dari atas ke bawah. Transformasi semacam ini tidak dapat diprediksi dan diukur dengan mudah. Keinginan untuk melakukan upaya dan prediksi hanya akan mencakup upaya umum dalam meminimalisasi risiko atas tindakan yang gagal mencapai sasaran. Selain itu, petunjuk apa pun mengenai adanya sasaran implisit yang telah tercapai dengan cara mengurangi emisi negara industri dari sasaran global akan mendorong pola permainan strategis. Bila kondisi-kondisi tersebut tercapai, negara-negara memiliki insentif untuk meyakinkan dunia internasional bahwa hanya sedikit yang bisa dilakukan di negara sendiri dan biayanya juga relatif besar.

Merekonsiliasikan kedua perspektif ini akan membutuhkan suatu perspektif baru dengan dua jalur pendekatan yang terhubung untuk jangka pendek hingga jangka menengah, paling tidak sampai dengan tahun 2020. Sesuai dengan prinsip UNFCCC, yaitu “tanggung jawab bersama, namun terdiferensiasi,” maka negara-negara industri dapat mencapai kesepakatan untuk memprioritaskan prediktabilitas dari tindakan mitigasi karbon, untuk memberikan suatu kepastian bahwa negara-negara industri telah berada pada jalur yang benar dalam menghadapi

tantangan iklim. Di sini, sasaran jangka pendek dan jangka menengah, yaitu untuk tahun 2020 dan 2030, sama pentingnya dengan sasaran untuk tahun 2050 karena pengurangan karbon akan lebih bermanfaat apabila dilakukan saat ini sehingga memberikan keyakinan kepada negara-negara berkembang untuk melakukan hal yang sama. Negara-negara berkembang akan mengikuti negara-negara maju dengan menetapkan prioritas untuk mengorientasikan kembali perekonomian dan masyarakat mereka ke arah pembangunan rendah karbon.

Pendekatan-pendekatan ini tidak harus dan jangan sampai membahayakan standar kehidupan—tetapi harus secara agresif mengeksplorasi manfaat-manfaat bersama dari pembangunan untuk iklim. Dalam tujuan jangka panjang ini, negara-negara berkembang dapat bersepakat bahwa “praktik-praktik terbaik” jangka pendek—terutama efisiensi energi—akan memberikan keuntungan, baik bagi iklim maupun bagi perkembangan mereka. Jika upaya-upaya ini digunakan secara agresif, negara-negara berkembang akan mendapatkan keyakinan bahwa keuntungan-keuntungan iklim yang dapat diprediksi dapat direalisasikan dalam jangka pendek.

Masalah pendanaan— persyaratan dan kepemilikan

Ketegangan yang terus berlangsung berkaitan erat dengan bermasalahnya pendanaan untuk melakukan tindakan iklim. Sebelumnya, telah ada kesepakatan bahwa negara-negara industri akan memberikan dana kepada negara-negara berkembang untuk secara khusus membantu adaptasi—dan secara terpisah akan mentransfer pendanaan untuk mitigasi. Pertanyaan-pertanyaan,

seperti berapa besar pendanaan yang akan tersedia, siapa sumber dananya, bagaimana pengendalian pembelanjaan dana tersebut, serta bagaimana cara memantaunya, masih belum dapat dijawab dan akan menjadi fokus pembahasan di sini.

Pemerintahan negara-negara industri tidak yakin bahwa dana yang mereka berikan benar-benar mencapai sasaran mitigasi iklim serta menghasilkan pengurangan emisi yang nyata dan terukur. Mereka ingin mengawasi penggunaan dana tersebut, apalagi dalam kondisi fiskal yang ketat, seperti saat ini. Masyarakat negara-negara maju tidak terlalu tertarik mengirimkan uang mereka ke negara lain. Sekalipun demikian, banyak juga negara-negara industri yang menganggap bahwa penggunaan dana masyarakat seperti itu hanya dapat memainkan peranan terbatas dalam membiayai perbaikan iklim. Negara-negara ini menginginkan agar proporsi terbesar dari dana perbaikan iklim diperoleh melalui mekanisme pasar.

Negara-negara berkembang memandang dana-dana tersebut dengan cara yang sangat berbeda. Mereka menganggap bahwa dana-dana perbaikan iklim adalah dana untuk membayar mereka karena telah menyesuaikan diri dan berkontribusi terhadap mitigasi masalah yang tidak disebabkan oleh mereka sendiri. Akibatnya, negara-negara berkembang cenderung menghindari istilah “pemberian bantuan” dan dengan keras menolak segala mekanisme persyaratannya. Pemerintahan negara-negara berkembang menginginkan agar penggunaan dana tersebut disesuaikan dengan prioritas-prioritas negara penerima dana.

Elemen-elemen dalam kedua pendapat di atas tampaknya masuk

akal. Negara-negara industri memiliki tanggung jawab atas sebagian besar akibat dari masalah iklim sehingga pemberian dana yang berhubungan dengan perbaikan iklim tidak dapat digolongkan sebagai bantuan. Akan tetapi, negara-negara industri juga tidak dapat begitu saja memberikan dana tanpa mekanisme yang dapat memastikan akuntabilitas pemberian dana tersebut. Salah satu cara untuk melangkah maju adalah dengan melihat sejarah di mana persyaratan dapat dijadikan alat.

Posisi negara-negara berkembang dalam perdebatan mengenai iklim, sebagian terbentuk oleh sejarah yang penuh dengan kebersyaratan dalam perdebatan mengenai pembangunan. Persyaratan sering dipandang oleh masyarakat sipil dan kalangan lainnya sebagai instrumen yang memangkas demokrasi dan memaksakan reformasi yang tidak populer. Oleh karena membantu pemerintah untuk mengambil reformasi yang sulit secara politik terbukti tidak efektif, maka konsep kebersyaratan dalam waktu satu dekade akhirnya mengalah pada konsep “kepemilikan” peminjam, yang hampir sepenuhnya bertolak belakang dari suatu agenda reformasi sebagai prasyarat pemberian pinjaman reformasi kebijakan.¹² Pelajaran yang dapat diambil dari perubahan iklim adalah bahwa tanpa adanya dukungan domestik, kebersyaratan bukanlah cara efektif untuk mendorong pemerintahan mengambil tindakan-tindakan dengan dukungan dalam negeri yang hanya sedikit—bahkan dalam pemikiran yang benar-benar pragmatis sekalipun, yang mengesampingkan prinsip-prinsip yang berkaitan dengan tanggung jawab atas permasalahan dasarnya.

Untungnya, ada cara yang lebih produktif untuk mengonseptualisasikan

bagaimana dana perbaikan iklim dapat digunakan. Langkah pertama adalah mengubah fokus dari implementasi tindakan-tindakan yang ditentukan oleh negara donor menjadi pengaturan pendanaan di sekitar suatu proses untuk mendorong pembangunan di negara penerima dan kepemilikan dari suatu agenda perkembangan rendah karbon. Hal ini hampir sama dengan pendekatan strategi pengurangan kemiskinan yang dibicarakan di Bab 6, di mana negara donor turut terlibat dengan strategi yang di buat dan di miliki oleh pemerintah penerima dana. Pendekatan semacam itu akan memberikan tekanan pada mekanisme tata kelola bagi penyedia dana dan penerima dana untuk secara kolektif menelaah dan mengawasi pendanaan iklim mereka.

Langkah kedua bagi pendanaan iklim adalah mendukung pembangunan rendah karbon dan juga tindakan mitigasi yang telah ditentukan dengan jelas di negara-negara berkembang. Tindakan konkretnya harus disetujui secara bersama-sama oleh pemberi dan penerima dana untuk memenuhi fungsi mitigasi iklim dan juga peningkatan pembangunan. Seperti telah dibahas sebelumnya, banyak upaya efisiensi energi yang dapat disepakati oleh kedua belah pihak.

Kesepakatan untuk mendukung pembangunan rendah karbon akan lebih sulit dibuat dan lebih menantang. Pelajaran yang dapat diambil dari kebersyaratan adalah proses ini tidak dapat dan tidak boleh dikonseptualisasikan terlalu dini—proses ini harus dikembangkan melalui suatu proses yang membangun kepemilikan yang cukup besar oleh negara penerima. Upaya yang dilakukan oleh pemerintah Afrika Selatan untuk mengembangkan

strategi mitigasi rendah karbon sebagai dasar mengidentifikasi tindakan konkret serta mendapatkan dukungan dunia internasional merupakan model yang menarik. Bagian selanjutnya di bab ini akan membahas kemungkinan-kemungkinan untuk mengembangkan pendekatan-pendekatan alternatif tersebut.

Pilihan-pilihan untuk mengintegrasikan tindakan negara berkembang ke dalam arsitektur global

Agar negara-negara berkembang bersedia untuk segera melakukan transisi pembangunan mereka menjadi pembangunan rendah karbon, negara-negara tersebut harus diyakinkan bahwa ada cara untuk mengintegrasikan perubahan iklim dengan pembangunan. Jika rezim iklim internasional menginginkan negara-negara berkembang melakukan tindakan yang lebih kuat, rezim tersebut harus dapat menyertakan pendekatan-pendekatan baru yang sesuai dengan kondisi di negara-negara penerima dana. Seluruh usaha mitigasi yang dibutuhkan oleh negara berkembang harus dibuat dengan “pemahaman konteks ekonomi dan pemerintahan di mana pilihan pembangunan dan prioritas pemerintahan negara tersebut diutamakan.”¹³ Rezim masa depan harus dirancang sedemikian rupa hingga memahami upaya-upaya negara berkembang untuk mengurangi emisi sekaligus mencapai sasaran pembangunan mereka—dan hal itu akan memberikan insentif serta dukungan untuk tindakan yang lebih kuat.

Sejauh ini, kendaraan utama untuk tindakan mitigasi dalam rezim yang ada adalah sasaran emisi di seluruh perekonomian, yang ditetapkan pada

tingkat emisi historis per tahun acuan, sama seperti yang tertuang dalam Protokol Kyoto. Pendekatan berbasis output (yang difokuskan pada “output” emisi) digerakkan oleh sasaran inti, yakni mencapai dan mempertahankan konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer yang masih dapat ditoleransi.¹⁴ Sasaran emisi yang tetap di seluruh perekonomian memiliki dua kelebihan. Pertama, adanya kepastian mengenai hasil lingkungan (dengan asumsi telah terpenuhi). Kedua, hal yang memungkinkan bagi negara-negara untuk memilih implementasi yang paling sesuai dan paling rendah biayanya. Pendekatan berbasis sasaran ini cocok untuk negara-negara maju.

Pendekatan yang terpusat pada iklim seperti ini, menghadirkan persoalan bagi negara-negara berkembang, setidaknya pada tahapan rezim iklim yang sekarang. Banyak negara berkembang melihat batasan emisi total sebagai batasan untuk pembangunan ekonomi. Negara-negara yang telah menunjukkan keberhasilan dalam persaingan merasa khawatir agenda iklim akan membatasi mereka. Kekhawatiran semacam ini dapat dimengerti karena pada prinsipnya negara-negara berkembang merasakan bahwa pembatasan pertumbuhan emisi akan menghambat pertumbuhan ekonomi dan energi mereka. Sementara itu, sebagai suatu persoalan praktis, penentuan dan ketaatan terhadap sasaran emisi di seluruh perekonomian mengharuskan suatu negara berkemampuan untuk mengukur dan memproyeksikan emisi mereka secara tepat di dalam perekonomiannya. Kemampuan tersebut sangat jarang dimiliki oleh negara-negara berkembang.

Jadi, untuk membuat negara-negara berkembang lebih terlibat dalam rezim iklim, diperlukan pendekatan-

pendekatan alternatif yang lebih sesuai dengan situasi yang dihadapi negara-negara tersebut. Idealnya, pendekatan-pendekatan tersebut dibuat dengan melihat jenis tindakan dan strategi yang telah dikembangkan atau diimplementasikan pada tingkat nasional. Berbeda dengan sasaran emisi, tindakan-tindakan ini secara umum dapat digolongkan sebagai “berbasis input,” yang terpusat pada kegiatan-kegiatan yang menghasilkan emisi dan bukan pada emisi itu sendiri. Untuk mencapai efisiensi energi, suatu negara dapat memperkenalkan suatu standar atau insentif untuk menggeser perilaku atau teknologi tertentu. Emisi gas-gas rumah kaca yang lebih rendah merupakan salah satu hasilnya, tetapi sebenarnya kebijakan tersebut juga menghasilkan manfaat-manfaat yang lebih berkaitan dengan tujuan inti pembangunan suatu negara, seperti keterjangkauan dan akses energi yang lebih tinggi. Bergantung pada keadaannya masing-masing, setiap negara dapat menerapkan sejumlah kebijakan atau tindakan yang berbeda yang memenuhi sasaran-sasaran pembangunan, seperti pertumbuhan ekonomi, ketahanan energi, dan peningkatan mobilitas, dengan tetap menghasilkan manfaat sampingan, yakni pengurangan emisi.

Akan tetapi, yang menjadi pertanyaan kunci adalah bagaimana merekonsialisasi pendekatan tersebut dengan urgensi yang dibahas di bab 4—pendapat yang menyatakan bahwa tidak mungkin menjaga agar suhu hangat mendekati 2°C di manapun, kecuali mitigasi dilakukan secepatnya dan secara global.

Kerangka kerja iklim multijalur yang terintegrasi

Agar dapat mengintegrasikan isu-isu pembangunan ke dalam upaya-upaya

perubahan iklim, rezim iklim global harus menjadi lebih fleksibel dan dapat mengakomodasi situasi serta strategi nasional yang berbeda-beda, khususnya mitigasi. Protokol Kyoto menetapkan suatu jenis komitmen mitigasi—batasan emisi yang mengikat, mutlak, dan secara ekonomi menyeluruh. Komitmen tersebut kuat dari perspektif efektivitas lingkungan dan efisiensi ekonomi, namun dilihat dari segi politik dan praktisnya, hal ini bukanlah jalur yang sesuai untuk negara-negara berkembang pada tahapan ini.

Rezim yang lebih fleksibel yang mengintegrasikan berbagai pendekatan oleh berbagai negara dapat dikonseptualisasikan sebagai suatu kerangka kerja “multijalur yang terintegrasi.”¹⁵ Banyak rezim internasional memiliki ciri-ciri pendekatan seperti ini. Contohnya, rezim perdagangan multilateral yang menyertakan berbagai kesepakatan yang telah diakui oleh anggota-anggota World Trade Organization dan juga kesepakatan-kesepakatan plurilateral di antara kelompok-kelompok kecil dalam WTO. Rezim Long-Range Transboundary Air Pollution di Eropa dan International Convention for the Prevention of Pollution from Ships memasukkan kesepakatan-kesepakatan inti dalam menentukan hal-hal yang umum dan aneksasi-aneksasi yang menetapkan berbagai kewajiban yang berbeda. Pengalaman di dalam arena ini merupakan pelajaran berharga bagi para penentu kebijakan iklim, namun rezim iklim membutuhkan suatu arsitektur khusus yang sesuai dengan serangkaian kewajiban politik dan kebijakan yang unik.

Secara luas, rezim iklim multijalur dapat menyertakan setidaknya dua jalur mitigasi yang berbeda:

- *Jalur sasaran.* Untuk negara-negara maju dan negara-negara lain yang sedang bersiap untuk berkomitmen dalam hal-hal ini, jalur sasaran akan menentukan sasaran-sasaran emisi mutlak di seluruh perekonomian yang mengikat, yang menggantikan sasaran-sasaran yang ditetapkan selama periode komitmen pertama Protokol Kyoto. Negara-negara yang memiliki sasaran-sasaran ini akan memiliki akses penuh terhadap kesepakatan mekanisme perdagangan emisi internasional.
- *Jalur berbasis kebijakan.* Negara-negara lain yang menggunakan jalur berbasis kebijakan ini sepakat untuk mengambil tindakan dan kebijakan secara nasional yang akan memberikan hasil pengurangan emisi atau pengurangan pertumbuhan emisi. Kebijakan-kebijakan seperti ini dapat saja berbasis sektor atau ekonomi secara menyeluruh dan termasuk contoh-contoh, seperti standar efisiensi energi, sasaran energi yang dapat diperbarui, upaya-upaya fiskal, serta kebijakan penggunaan lahan. Negara-negara dapat mengajukan kebijakan individual atau mengedepankan strategi pembangunan rendah karbon yang komprehensif. Strategi yang dikedepankan harus dibuat dengan mengidentifikasi sektor-sektor dan kebijakan-kebijakan yang menjadi prioritas sehingga mendukung kebutuhan implementasi strategi itu sendiri.

Model terbaru dari kerangka hibrid menunjukkan bahwa pendekatan multijalur berhasil dengan baik pada efektivitas lingkungan serta ekuitas dan bahwa kerugian efisiensi merupakan pertukaran yang beralasan untuk

mendapatkan partisipasi yang luas dalam kebijakan yang menempatkan negara secara kolektif berada di jalur konsentrasi gas rumah kaca sebesar 450 bpj CO₂ atau 550 bpj dari CO₂e (Kotak 5.3).

Model lainnya juga secara meyakinkan telah menunjukkan bahwa kerangka kerja multijalur menjadi sangat efektif apabila kerangka tersebut menyediakan kepastian ketika suatu negara hendak berkomitmen dengan perjanjian yang mengikat.¹⁶ Faktanya, hal ini mengurangi biaya bagi negara manapun yang bergabung dalam perjanjian yang mengikat di masa mendatang karena hal tersebut menyebarkan transisi dalam jangka waktu yang lama dan investor dapat menambahkan perubahan politik ke dalam pilihan-pilihan investasi mereka, sebuah proses yang dapat mengurangi jumlah aset beku atau retrofits mahal suatu negara.

Selain jalur mitigasi, kesepakatan yang komprehensif harus mencakup:

- Jalur adaptasi untuk membantu negara-negara yang rentan dengan rencana adaptasi dan implementasi.
- Unsur-unsur yang dapat meningkatkan dukungan teknologi, keuangan, dan kemampuan membangun negara-negara berkembang.
- Tindakan untuk mengukur, melaporkan, dan memverifikasi tindakan-tindakan mitigasi serta mendukung tindakan mitigasi di negara-negara berkembang, seperti dijelaskan dalam Rencana Aksi Bali.

Bab 4 menunjukkan bahwa hampir tidak mungkin pemanasan tetap mendekati 2°C dengan tertundanya partisipasi dari negara-negara

KOTAK 5.3 *Pendekatan multijalur memberikan hasil yang baik pada efektivitas dan ekuitas*

Model terbaru dari Battelle memorial Institute's Joint Global Change Research Institute, berkolaborasi dengan Pew Center on Global Climate Change, mengindikasikan bahwa sebuah kerangka kerja iklim "multijalur terintegrasi", di mana negara-negara maju membuat target emisi ekonomi menyeluruh dan negara-negara berkembang membuat kebijakan-kebijakan nontarget, dapat mengurangi emisi global pada pertengahan abad konsisten dengan pencapaian konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer sebesar 450 bpj CO₂ pada tahun 2100.^a

Dalam skenario kebijakan global, daerah-daerah maju mengurangi emisi mereka menjadi 20 persen dibawah tingkat emisi tahun 2005 pada tahun 2020 dan 80 persen lebih rendah pada tahun 2050; daerah-daerah berkembang mengadopsi beberapa kebijakan dalam sektor energi, transportasi, industri, dan gedung-gedung, seperti tujuan intensitas karbon, standar efisiensi, dan target energi terbarukan. Kebijakan khusus

dengan segala kekurangan mereka, berbeda-beda antardaerah di negara berkembang. "Kebijakan berbasis kredit" memberikan penghargaan pada daerah-daerah berkembang berupa kredit emisi yang dapat diperdagangkan untuk sebagian pengurangan yang telah dicapai oleh kebijakan-kebijakan mereka (dimulai pada 50 persen pada 2020 dan menurun sampai nol pada 2050).

Analisis menunjukkan bahwa pengurangan emisi global pada 2050 mendekati ketajaman analisis-analisis yang didasarkan pada jalur "efisien" 450 bagian per sejuta yang ideal di mana semua perdagangan emisi global mencapai pengurangan kapanpun dan di manapun saat biayanya rendah. Secara global, biaya sampai tahun 2050 lebih besar daripada biaya dalam kasus yang efisien, menekankan pentingnya menuju jaminan emisi dan perdagangan global secara keseluruhan di pertengahan abad. Walaupun mengalami kerugian dalam hal efisiensi, biaya-biaya tetap berada 2% di bawah

produk domestik bruto (GDP) global pada tahun 2050. Lebih jauh lagi, pendekatan kebijakan berbasis kredit mendistribusikan kembali biaya-biaya secara global sehingga biaya-biaya yang dibagi dalam GDP berkurang secara signifikan di negara-negara berkembang. Pada tahun-tahun awal, pendapatan yang berasal dari perdagangan kredit emisi telah melebihi biaya mitigasi domestik di beberapa daerah-daerah berkembang, menghasilkan keuntungan ekonomi neto.

Sumber: Calvin dan lainnya 2009.

a. Model tersebut tidak secara khusus berdasarkan pada peningkatan suhu. Akan tetapi, 450 bpj CO₂ berhubungan dengan konsentrasi 550 bpj CO₂e (pengukuran terhadap seluruh gas rumah kaca, tidak hanya CO₂) sehingga kenaikan temperatur yang mungkin terjadi adalah sekitar 3°C. Pada saat laporan tersebut diterbitkan, penerapan ini tidak ditujukan untuk 450 bpj CO₂e, yang berhubungan dengan 40 hingga 50 persen kemungkinan pemanasan tetap berada di bawah 2°C.

berkembang. Kerangka kerja multijalur mengizinkan tindakan awal, namun menekankan pada pilihan menang-menang. Model-model dan pendekatan-pendekatan yang dibicarakan di sini merekomendasikan bahwa pendekatan-pendekatan multijalur dan kebijakan-kebijakan yang dapat diprediksi serta memiliki pandangan ke depan merupakan pendekatan yang berguna untuk merekonsiliasi kebutuhan akan tindakan mendesak dan prioritas yang harus ditetapkan untuk pengembangan serta pengurangan kemiskinan

Jalur mitigasi berbasis kebijakan

Untuk mengenali dan memajukan usaha-usaha mitigasi negara berkembang, unsur utama baru yang dibutuhkan di dalam rezim iklim adalah kategori tindakan mitigasi yang baru, cukup luas, dan luwes untuk menyertakan berbagai jenis tindakan. Banyak negara berkembang telah mulai mengidentifikasi kebijakan

dan tindakan yang telah mereka lakukan atau dianggap berpotensi untuk dilakukan pada tingkat nasional. Sekalipun kebijakan dan tindakan-tindakan tersebut tidak didorong hanya oleh perubahan iklim, tetapi berkontribusi terhadap usaha-usaha mitigasi iklim. Seiring berbagai kebijakan dan tindakan muncul di dalam konteks nasional, kebijakan dan tindakan tersebut secara inheren merefleksikan situasi nasional suatu negara dan juga merefleksikan prioritas serta sasaran pembangunan negara tersebut. Memang, banyak kebijakan ini didorong oleh sasaran-sasaran pembangunan, seperti akses dan ketahanan energi, kualitas udara yang lebih baik, peningkatan pelayanan transportasi, serta program kehutanan berkelanjutan, dengan mitigasi menjadi manfaat sampingannya.

Suatu mekanisme yang memungkinkan integrasi kebijakan-kebijakan nasional suatu negara ke

dalam suatu kerangka kerja internasional menawarkan empat kelebihan. Pertama, mekanisme tersebut memungkinkan negara berkembang berkontribusi terhadap upaya iklim, dengan cara-cara yang didasarkan pada keinginan sendiri dan sesuai dengan agenda pembangunan negara tersebut. Kedua, mekanisme tersebut memungkinkan masing-masing negara untuk maju dengan paket yang didefinisikan secara nasional yang disesuaikan dengan keadaan, kemampuan, dan potensi mitigasi masing-masing negara. Ketiga, jika mekanisme ini dapat disandingkan dengan mekanisme dukungan yang lebih matang, kebijakan dapat disesuaikan dengan dukungan yang ada. Dengan adanya dukungan yang lebih kuat, tindakan yang diambil juga akan lebih kuat. Keempat, sekalipun negara-negara berkembang akan memiliki langkah tepat dalam usaha mitigasi yang lebih baik, mekanisme ini tidak akan membuat negara-negara tersebut terikat dengan suatu batasan emisi. Batasan emisi selalu dipandang sebagai penghambat pertumbuhan dan pembangunan di negara-negara berkembang.

Dari literatur akademis dapat dilihat bahwa terdapat banyak alasan yang kuat bagi jalur berbasis kebijakan, yang muncul dalam berbagai bentuk. Salah satu rumusan yang disebut “kebijakan dan upaya pembangunan berkelanjutan” (*sustainable development policies and measures*—SD-PAM) mengharapkan komitmen sukarela dari negara-negara berkembang.¹⁷ Proposal lainnya disebut sebagai “komitmen berbasis kebijakan” di mana isi kebijakannya relatif identik dengan pendekatan SD-PAM, namun direfleksikan ke dalam kerangka kerja internasional sebagai suatu komitmen, bukan tindakan sukarela.¹⁸ Sejak diadopsinya Rencana

Aksi Bali, pemerintahan di berbagai negara telah mengajukan proposal yang membahas berbagai aspek pendekatan mengenai bagaimana suatu pendekatan berbasis politik dapat dijalankan dalam kesepakatan iklim di masa depan.¹⁹

Saat membentuk jalur berdasarkan kebijakan yang baru sebagai bagian dari kerangka kerja iklim internasional, pemerintahan harus mempertimbangkan beberapa isu yang saling terkait, seperti

- Proses bagi negara-negara untuk mengedepankan berbagai kebijakan dan tindakan, serta merefleksikannya dalam kerangka kerja internasional.
- Karakter legal dari berbagai kebijakan dan tindakan tersebut.
- Jalur-jalur mekanisme yang dapat memberikan insentif dan dukungan bagi implementasi kebijakan dan tindakan tersebut.
- Standar dan mekanisme pengukuran, pelaporan, juga verifikasi kebijakan dan tindakan, serta dukungan untuk mereka.

Proses untuk memperkenalkan tindakan kebijakan.

Agar tindakan kebijakan yang diambil sesuai dengan kerangka kerja internasional, pemerintah harus menetapkan suatu proses untuk mengajukan tindakan kebijakan tersebut, dapat juga dengan membuat agar pihak-pihak lain mempertimbangkan dan menerima tindakan kebijakan itu. Saat perundingan, sebagian kelompok telah mengusulkan ditetapkannya suatu “daftar catatan” agar negara-negara dapat melakukan pencatatan secara nasional tentang tindakan-tindakan mitigasi mana saja yang telah mereka rencanakan atau mereka ajukan untuk dilaksanakan.²⁰

Salah satu isu yang kritis adalah apakah proses mengedepankan tindakan terjadi saat perundingan berlangsung

atau merupakan hasil dari perundingan. Negara-negara berkembang lebih suka menganggapnya sebagai hasil dari perundingan. Dalam skenario ini, kesepakatan baru akan menetapkan sasaran emisi yang mengikat bagi negara-negara berkembang, menetapkan mekanisme untuk mendukung usaha-usaha mitigasi dan adaptasi negara-negara berkembang, dan proses bagi negara-negara berkembang untuk menentukan tindakan mitigasi yang akan diambil. Negara-negara maju mungkin akan enggan untuk mengikat diri mereka pada sasaran-sasaran emisi yang mengikat, kecuali jika negara-negara berkembang yang terdepan pada saat yang bersamaan juga siap untuk melakukan tindakan yang sama. Dalam kasus tersebut, proses menentukan tindakan dapat dimasukkan ke dalam proses perundingan, dengan tujuan mencapai kesepakatan komprehensif yang mengintegrasikan sasaran-sasaran yang mengikat bagi negara-negara maju dan tindakan-tindakan kebijakan yang spesifik bagi negara-negara berkembang.

Dalam kasus manapun, pihak-pihak juga perlu mempertimbangkan apakah proses perundingan akan berlangsung dengan akhir yang terbuka, di mana setiap negara bebas mengusulkan jenis kebijakan dan tindakan, atau apakah harus ada pembatasannya. Salah satu pilihan yang diusulkan dalam perundingan adalah menu atau “kotak perangkat” berisi tindakan mitigasi yang dapat dipilih oleh negara-negara berkembang.²¹ Menu tersebut dapat mengidentifikasi berbagai kategori tindakan. Masing-masing negara diminta untuk memilih kebijakan atau rencana tindakan yang akan mereka ambil dari kategori-kategori yang tersedia. Agar konsisten dan dapat diperbandingkan,

mungkin perlu ditetapkan suatu bentuk cetakan bagi negara-negara untuk menjelaskan langkah-langkah tindakan mitigasi mereka.

Pertimbangan penting lainnya adalah mengukur dampak emisi yang diperkirakan dari tindakan-tindakan mitigasi. Sekalipun negara-negara yang berpartisipasi dalam jalur berbasis kebijakan tidak akan berkomitmen pada hasil emisi yang spesifik, pihak-pihak lainnya ingin mengetahui bagaimana dampak dari tindakan yang mungkin akan mereka lakukan terhadap emisi di masa depan. Setidaknya, negara-negara harus siap untuk menawarkan proyeksi seperti itu. Bergantung pada jenis proses yang ditetapkan, proyeksi emisi juga dapat dipersiapkan atau diverifikasi oleh lembaga antarpemerintahan atau pihak ketiga yang independen.

Karakter legal. Rencana Aksi Bali membedakan “komitmen atau tindakan mitigasi yang tepat secara nasional” oleh negara-negara maju dengan “tindakan mitigasi yang tepat secara nasional” oleh negara-negara berkembang. Dengan demikian, tindakan negara-negara berkembang tidak akan berbentuk suatu komitmen yang mengikat secara hukum. Proposal-proposal yang diajukan oleh negara-negara berkembang pasca perundingan Bali, termasuk proposal untuk suatu daftar tindakan negara-negara berkembang, yang menekankan sifat sukarela dari tindakan-tindakan tersebut.

Akan tetapi, Rencana Aksi Bali tidak serta merta membuat negara-negara berkembang terhindar dari komitmen-komitmen negara-negara berkembang, seperti halnya dengan Berlin Mandate 1995, yang merangkai negosiasi-negosiasi yang berujung pada Protokol Kyoto. Dalam perundingan

yang dilakukan saat ini, sebagian negara maju telah mengambil posisi yang menyatakan bahwa tindakan-tindakan negara-negara berkembang juga harus mengikat.²² Salah satu negara telah mengemukakan pandangan bahwa walaupun isi substantif dari upaya-upaya setiap negara berbeda-beda, “karakter” legal dari negara-negara tersebut haruslah sama.

Hubungan untuk mendukung. Upaya-upaya yang kuat oleh negara-negara berkembang hanya layak untuk dilakukan apabila mereka mendapatkan dukungan yang lebih kuat dari dunia internasional. Menurut Rencana Aksi Bali, tindakan mitigasi negara-negara berkembang harus “didukung dan diberdayakan oleh teknologi, pendanaan, dan pembangunan kapasitas.” Mekanisme-mekanisme potensial untuk menumbuhkan dukungan bagi negara-negara berkembang akan dibahas berikut ini. Jika memang semua negara sepakat untuk menetapkan suatu jalur mitigasi berbasis kebijakan bagi negara-negara berkembang, pertanyaan yang berhubungan dengan hal itu adalah bagaimana tindakan-tindakan berdasarkan jalur tersebut akan dikaitkan dengan aliran dukungan yang spesifik.

Setiap proses yang memungkinkan suatu negara mengajukan proposal tindakan dapat mengidentifikasi jenis dan tingkat dukungan bagi tindakan yang diajukan tersebut. Contohnya adalah saat mengajukan proposal tindakan yang akan dilakukan atau registrasi tindakan mitigasi, suatu negara dapat mengindikasikan jenis dan tingkat dukungan yang dibutuhkan untuk mengimplementasikan tindakan yang mereka registrasikan. Suatu negara juga mungkin dapat menentukan sendiri tingkat upaya yang sanggup mereka

perbuat serta menentukan tingkat upaya yang lebih tinggi jika mereka mendapatkan dukungan dari pihak lain. Selain itu, registrasi suatu tindakan dapat mengawali suatu tinjauan oleh suatu badan yang telah ditentukan dan dengan kriteria yang telah ditetapkan, untuk mengevaluasi kebutuhan dukungan bagi negara tersebut. Tentunya, evaluasi yang dilakukan juga memperhitungkan situasi dan kapasitas masing-masing negara. Pendekatan manapun dapat menentukan dukungan yang sepadan dengan tindakan yang diusulkan.

Pengukuran, pelaporan, dan verifikasi.

Negara-negara peserta perundingan di Bali menyetujui bahwa usaha-usaha mitigasi negara-negara maju dan berkembang harus dapat “diukur, dievaluasi, dan diverifikasi” (*measurable, reportable, verifiable*—MRV). Demikian juga dukungan terhadap negara-negara berkembang. Pendekatan efektif terhadap MRV dapat menumbuhkan dan memelihara rasa percaya diri pihak-pihak yang ada terhadap usaha yang dilakukan oleh pihak lain dan juga dalam keseluruhan rezimnya. Agar dapat digunakan, syarat-syarat dan mekanisme MRV harus dapat menyeimbangkan transparansi dan akuntabilitas dengan masalah-masalah mengenai kedaulatan negara.

Persyaratan pelaporan untuk negara-negara berkembang di dalam rezim yang berjalan saat ini tergolong minimal—“Komunikasi” nasional (termasuk inventori emisi) hanya dilaporkan sesekali dan umumnya hasil pelaporan tersebut tidak ditinjau kembali. Dalam kesepakatan mendatang, MRV dari tindakan negara-negara berkembang yang menggunakan jalur berbasis kebijakan akan membutuhkan

pendekatan yang lebih tegas. Setiap negara harus mempertimbangkan tindakan mana saja yang akan diukur dan diverifikasi. Sebagian negara berkembang melihat bahwa MRV hanya dapat diterapkan pada tindakan-tindakan yang dibantu oleh pihak-pihak lain. Masalah kedua adalah apakah verifikasi akan dilakukan oleh negara, badan internasional, atau pihak ketiga. Pada sebagian rezim internasional, negara melakukan verifikasi sendiri secara nasional dengan mengikuti panduan internasional. Di sebagian negara lainnya, tim yang terdiri dari para ahli meninjau laporan dari negara tersebut (seperti dengan komunikasi nasional dan inventori emisi yang diserahkan oleh negara-negara maju di bawah UNFCCC dan Protokol Kyoto).

Ketiga, menentukan metrik yang akan digunakan, apa pun bentuk verifikasinya. Salah satu dasar pemikiran bagi jalur berbasis kebijakan adalah jalur tersebut memungkinkan suatu negara untuk mengambil jenis tindakan yang paling sesuai dengan situasi dan tujuan perkembangan negara tersebut. Keragaman ini merupakan tantangan bagi MRV karena dibutuhkan banyak metrik untuk mengukur dan memverifikasi berbagai jenis tindakan (standar efisiensi, sasaran energi yang dapat diperbarui, tingkat karbon). Oleh karena itu, struktur MRV akan sangat bergantung pada bagaimana tindakannya didefinisikan. Pada gilirannya, perlunya suatu tindakan untuk dapat diukur dan diverifikasi akan sangat memengaruhi bagaimana pihak-pihak memilih untuk mendefinisikannya. Mengikatkan pilihan tindakan ke dalam jalur berbasis politik—misalnya dengan menetapkan menu yang dapat dipilih oleh setiap negara—akan membuat MRV lebih mudah dikelola.

Upaya dan verifikasi negara-negara berkembang sangat bergantung pada jenis dan mekanisme dukungan yang spesifik. Jika akan dibuat suatu kesepakatan baru mengenai bantuan yang diberikan melalui hubungan bilateral, harus ada kriteria untuk menentukan apakah pemberian bantuan “berkaitan dengan iklim” dan apakah bantuan tersebut “baru dan tambahan.” Secara umum, bantuan yang diberikan melalui instrumen multilateral seperti pungutan karbon internasional atau pelelangan izin emisi internasional, akan lebih siap untuk diverifikasi.

Bantuan untuk usaha mitigasi negara berkembang

Kemampuan negara-negara berkembang untuk mengembangkan dan mengimplementasikan tindakan mitigasi secara efektif bergantung pada keberadaan dukungan masyarakat internasional yang memadai dan dapat diprediksi. Bidang-bidang yang umumnya mendapatkan bantuan adalah keuangan, teknologi, dan pembangunan kapasitas. Selain itu, yang mungkin termasuk di dalamnya adalah analisis potensi mitigasi untuk mengidentifikasi peluang mengurangi gas-gas rumah kaca dengan biaya serendah mungkin dan manfaat sebesar mungkin, mengembangkan dan mengimplementasikan kebijakan mitigasi gas-gas rumah kaca, menyebarkan dan menggunakan teknologi terbaik yang ada, serta mengukur dan memverifikasi tindakan-tindakan mitigasi maupun manfaat-manfaat dari pembangunan berkelanjutan.

Bantuan yang memadai akan membutuhkan serangkaian mekanisme untuk menghasilkan dan menyalurkan sumber-sumber daya publik. Mekanisme tersebut harus mampu menumbuhkan investasi dari pihak swasta, yang dalam

skenario apa pun akan menjadi sumber utama dari aliran yang ada untuk transisi rendah karbon (lihat Bab 6). Rezim iklim memiliki dua bentuk bantuan dukungan yang utama, yaitu pendanaan publik serta mekanisme berbasis pasar. Keduanya harus ditingkatkan skalanya secara besar-besaran untuk kesepakatan-kesepakatan di masa mendatang.

Pendanaan publik

Suatu upaya multilateral yang baru juga harus meningkatkan skala pendanaan publik untuk mendukung negara-negara berkembang. Masalah-masalah penting dalam pendanaan publik adalah sumber dana, kriteria pendanaan, instrumen pendanaan, kaitan dengan pendanaan swasta, dan pengelolaan serta pengaturan mekanisme pendanaan baru (semuanya dibahas secara mendalam di Bab 6). Bagian ini akan menyoroti beberapa temuan.

Sebagian besar dana di bawah rezim iklim sangat bergantung pada negara-negara donor yang telah menyatakan bersedia memberikan bantuan. Oleh karena itu, hasilnya juga sangat tidak memadai dan alirannya tidak dapat diprediksi. Beberapa proposal yang sedang dibahas saat ini diharapkan mampu menghasilkan aliran dana yang lebih dapat diandalkan, yang mencakup komitmen pendanaan berdasarkan kriteria penilaian yang disepakati bersama, pungutan bagi penerbangan internasional atau kegiatan-kegiatan yang menghasilkan gas rumah kaca lainnya, atau lelang sebagian izin emisi negara-negara maju. Pilihan lainnya—diperjuangkan oleh negara-negara berkembang pada COP 14 di UN Climate Change Conference di Poznań, Polandia pada Desember 2008—adalah perluasan dari pungutan

yang ada dari transaksi-transaksi CDM ke mekanisme fleksibel berbasis pasar lainnya, yang sesuai dengan Protokol Kyoto (perdagangan emisi internasional dan Joint Implementation).²³

Setiap dana yang baru dapat disebarkan melalui serangkaian instrumen pendanaan, termasuk hibah, pinjaman konsesi, serta garansi pinjaman atau instrumen mitigasi risiko lainnya, bergantung pada jenis aktivitas yang didukungnya. Untuk teknologi, pilihan-pilihannya mencakup pembayaran untuk mendapatkan akses dan penggunaan hak kekayaan intelektual serta pengetahuan teknologi yang terkait. Kriteria penting dalam memilih aktivitas yang akan didanai dapat meliputi proyeksi pengurangan emisi per dolar investasi, kontribusi proyek terhadap sasaran pembangunan berkelanjutan dari negara penerima, atau kemampuan negara untuk memanfaatkan pendanaan karbon atau investasi swastanya yang lain.

Mekanisme berbasis pasar

Clean Development Mechanism dari Protokol Kyoto telah menghasilkan aliran besar yang mendukung proyek-proyek energi yang bersih serta pengurangan gas-gas rumah kaca lainnya di negara-negara berkembang. Sekalipun CDM telah menggapai banyak keberhasilan, pengalaman menunjukkan bahwa masih banyak bidang yang berpotensi untuk dikembangkan (lihat Bab 6). Bagaimanapun juga, di luar reformasi dari model asli CDM, berbagai pihak telah mulai mempertimbangkan pendekatan alternatif terhadap pemberian kredit atas emisi untuk menyediakan insentif bagi investasi dan pengurangan emisi pada skala yang lebih luas.

Seperti yang telah dikembangkan sebelumnya dan sedang dijalankan

sekarang, CDM menghasilkan kredit emisi dari proyek-proyek individu yang diajukan dan disertifikasi kasus per kasus. Dalam pandangan banyak pihak, pendekatan berbasis proyek ini tidak menyertakan berbagai strategi yang potensi mitigasinya lebih besar, biaya transaksinya tinggi, dan beban administratifnya besar. Akibatnya, potensi CDM untuk mengubah tren emisi jangka panjang menjadi sangat terbatas. Dalam usaha awal untuk menjawab masalah-masalah ini, negara-negara peserta CDM telah mengesahkan suatu CDM “yang terprogram,” yang memungkinkan agregasi berbagai aktivitas dalam ruang dan waktu sebagai suatu proyek tunggal. Akan tetapi, pengurangan emisi tetap diukur berdasarkan masing-masing aktivitas secara terpisah.

Model-model alternatif yang sedang dibahas sekarang antara lain adalah pemberian kredit berbasis kebijakan atau sektoral. Dengan membuka kemungkinan untuk memberikan kredit berdasarkan kebijakan atau program-program bercakupan luas lainnya, pendekatan ini akan membantu menggerakkan dan mendukung upaya-upaya pengurangan emisi dalam skala yang lebih besar. Di bawah pendekatan sektoral, misalnya, emisi akan diukur di seluruh sektor dan suatu negara akan mendapatkan kredit untuk pengurangan emisi berapa pun di bawah garis acuan yang disepakati. (Pendekatan ini kadangkala dijelaskan sebagai “pemberian kredit sektoral bebas rugi” karena setiap negara tidak akan menghadapi konsekuensi apabila emisinya melebihi garis acuan yang telah disepakati.) Garis acuannya dapat ditetapkan pada kondisi “segalanya seperti biasa,” dengan memberikan penghargaan atas deviasi yang melebihi proyeksi tingkat emisi. Garis

acuannya dapat juga ditetapkan di bawah kondisi “segalanya seperti biasa,” dengan mewajibkan suatu negara untuk melakukan pengurangan sendiri sebelum dinyatakan memenuhi kualifikasi untuk mendapatkan kredit. Akan tetapi, karena ketidakpastian dari proyeksi emisi di masa mendatang, penentuan garis acuan sebagai kondisi “segalanya seperti biasa” sifatnya cenderung subjektif dan berpotensi menimbulkan perdebatan.

Dalam sistem pemberian kredit berbasis kebijakan, suatu negara dapat memperoleh kredit atas pengurangan, yang dapat diverifikasi, yang dicapai dengan cara menerapkan kebijakan-kebijakan mitigasi yang diakui oleh rezim iklim atau dengan cara menerapkan tindakan-tindakan teknologi. Pendekatan ini sangat sesuai dengan gagasan awal dari jalur mitigasi berbasis kebijakan, yaitu menyediakan insentif berbasis pasar bagi negara-negara untuk mengembangkan, mengajukan, dan menerapkan kebijakan-kebijakan mitigasi yang selaras dengan sasaran-sasaran pembangunan mereka masing-masing. Untuk mengukur jumlah pengurangan yang dicapai dari berbagai pendekatan kebijakan mereka, berbagai metodologi dapat diciptakan. Memberikan kredit kepada suatu negara atas pengurangan yang dihasilkan oleh tindakan kebijakan negara tersebut dapat menyebabkan jumlah pasokan kredit yang berlebihan; negara-negara maju mungkin akan keberatan karena menurut mereka negara-negara berkembang seharusnya menanggung sebagian biaya atas tindakan kebijakannya sendiri. Masalah ini dapat diatasi dengan cara memberikan kredit hanya setelah pengurangan sejumlah tertentu telah tercapai atau dengan memberikan diskon kredit (misalnya, dengan memberikan satu ton kredit untuk pengurangan setiap dua ton).

Mempromosikan usaha-usaha internasional untuk mengintegrasikan adaptasi ke dalam pembangunan cerdas iklim

Dukungan yang lebih kuat dari dunia internasional untuk adaptasi merupakan masalah kebutuhan karena dampak-dampak perubahan iklim telah dirasakan dan karena kaum miskin, yang hanya sedikit berkontribusi terhadap perubahan iklim, menghadapi risiko yang paling besar. Akan tetapi, usaha-usaha adaptasi harus diperluas melampaui apa yang tertuang dalam kerangka kerja iklim. Seperti yang dianjurkan dalam Bab 2 dan Bab 4, isu-isu dan prioritas-prioritas adaptasi haruslah terintegrasi ke dalam keseluruhan perencanaan serta pengambilan keputusan ekonomi dan pembangunan, baik dalam lingkup nasional maupun internasional. Peranan rezim iklim internasional khususnya adalah sebagai katalisator dukungan internasional dan fasilitator upaya-upaya adaptasi nasional. Fokusnya adalah bagaimana suatu adaptasi dapat dipromosikan dan difasilitasi sebaik mungkin di bawah rezim iklim internasional.

Usaha-usaha adaptasi di bawah rezim iklim masa kini

Di bawah UNFCCC, seluruh pihak berkomitmen untuk melakukan upaya adaptasi nasional dan bekerja sama dalam mempersiapkan dampak perubahan iklim. Pertimbangan khusus diberikan kepada negara-negara paling terbelakang yang memiliki kebutuhan khusus agar dapat mengimbangi efek merugikan dari perubahan iklim.²⁴ Negara-negara paling terbelakang didorong dan didukung oleh Konvensi yang akan mempersiapkan National Adaptation Program of Action (NAPA) agar mengidentifikasi prioritas

kegiatan yang dapat menjawab kebutuhan penting dan mendasar negara-negara tersebut dalam beradaptasi terhadap perubahan iklim (lihat Bab 8). Hingga saat ini, tercatat 41 negara paling terbelakang telah menyerahkan program aksi nasional mereka.²⁵ Nairobi Work Program yang berlangsung selama lima tahun dan diadopsi pada tahun 2005 bertujuan untuk membantu negara-negara meningkatkan pemahaman dan penilaian mereka atas dampak perubahan iklim serta menginformasikan keputusan-keputusan berdasarkan adaptasi praktis tindakan dan upaya.²⁶

Saat ini, pendanaan adaptasi di bawah proses UNFCCC sebagian besar melalui inisiatif Strategic Priority on Adaptation Global Environment Facility. Pendanaan selanjutnya berasal dari Adaptation Fund saat lembaga tersebut telah beroperasi secara penuh.

Hingga saat ini, usaha internasional telah menyebarluaskan informasi, sumber daya, dan kapasitas dalam membangun adaptasi. Akan tetapi, usaha tersebut masih harus memfasilitasi implementasi nyata secara signifikan, pembangunan atau akses teknologi, atau mematangkan institusi nasional agar dapat menjalankan agenda adaptasi lebih baik lagi. Usaha internasional terhambat oleh terbatasnya dana (lihat Bab 6) serta terbatasnya keterlibatan badan-badan perkembangan dan perencanaan nasional. Proses UNFCCC secara tradisional melibatkan badan-badan lingkungan, tetapi rezim yang memberikan fokus pada perubahan iklim tidak serta merta mampu memberikan usaha adaptasi yang komprehensif.

Memperkuat tindakan adaptasi di bawah UNFCCC

Bekerja melalui proses perkembangan nasional sangatlah penting dalam

mendorong perencanaan awal. Perencanaan awal yang baik akan memperkuat ketahanan iklim serta membuat investasi-investasi yang membahayakan lingkungan tidak diminati. Proses UNFCCC dapat melengkapi dan memfasilitasi proses ini dengan cara

- *Mendukung strategi adaptasi nasional yang komprehensif di negara-negara yang rentan.* Strategi ini akan menetapkan kerangka kerja untuk tindakan dan memperkuat kapasitas nasional. Strategi tersebut akan dibuat pada National Adaptation Programs of Action yang membidik tujuan-tujuan penting, seperti memetakan rencana jangka panjang yang komprehensif dalam mengidentifikasi risiko iklim, mengidentifikasi kapasitas adaptasi yang telah ada dan yang akan diperlukan, serta mengidentifikasi upaya dan kebijakan nasional agar manajemen risiko iklim terintegrasi penuh ke dalam pengambilan keputusan pembangunan. Sebagai tambahan atas pengaturan usaha adaptasi nasional, strategi-strategi ini juga dapat berfungsi sebagai dasar untuk mengarahkan bantuan implementasi melalui rezim iklim atau melalui saluran-saluran lainnya.
- *Pertukaran pengalaman dan praktik, melakukan koordinasi pendekatan terprogram untuk mendukung sistem adaptasi dan ketahanan nasional, regional, maupun internasional.*²⁷ Termasuk dalam pertukaran ini adalah panduan bagi negara-negara untuk melakukan penilaian aset yang rawan serta bagaimana mengintegrasikan adaptasi ke dalam perencanaan serta kebijakan nasional maupun sektoral, termasuk teknologi yang diadaptasi. Keanggotaan universal UNFCCC akan memberikan suatu forum unik

untuk bertukar pengalaman dan saling belajar di antara berbagai negara, organisasi, maupun badan swasta. Badan-badan pembangunan nasional perlu diajak berpartisipasi dalam proses ini agar mendapatkan hasil yang sukses. Selain menggunakan proses UNFCCC untuk menyebarkan informasi, pembentukan pusat-pusat regional juga akan menjadi katalisator bagi aktivitas lokal, nasional, maupun regional. Dampak langsung perubahan iklim dapat dirasakan secara lokal sehingga upaya-upaya responsnya harus disesuaikan dengan kondisi setempat. Pusat regional dengan dukungan internasional dapat mempromosikan pembangunan kapasitas, koordinasi aktivitas penelitian, serta pertukaran pengalaman dan praktik di lapangan.

- *Menyediakan pendanaan yang andal untuk mendukung negara-negara dalam mengimplementasikan upaya-upaya berprioritas tinggi yang telah diidentifikasi dalam strategi adaptasi nasional mereka.* Pendanaan untuk adaptasi, sebagian besar berasal dari pendanaan publik (lihat Bab 6). Untuk mendapatkan adaptasi yang efektif, perlu dicari tambahan sumber keuangan kemudian mengemasnya bersama dengan sistem keuangan yang telah ada. Dananya dapat berasal dari donor, pungutan CDM, penjualan sejumlah unit tertentu, dan pajak atau pendapatan dari lelang. Hal lain yang sama pentingnya adalah mendefinisikan kriteria alokasi dana dan mempersiapkan kesepakatan institusional untuk mengelola dana tersebut (lihat Bab 6). Alokasi dan penggunaan pendanaan yang efisien dan merata dalam adaptasi merupakan hal yang

diperhatikan semua orang sehingga penggunaan sumber daya yang sia-sia akan menurunkan dukungan publik terhadap keseluruhan agenda iklim.

Diperlukan suatu badan baru untuk memberikan panduan bagi pihak-pihak, menilai strategi adaptasi nasional, serta mengembangkan kriteria untuk mengalokasikan sumber daya. Badan semacam ini perlu melakukan koordinasi dengan lembaga-lembaga pembangunan internasional lainnya dengan sangat dekat dan badan tersebut juga harus memiliki kebebasan yang cukup agar dapat menilai strategi nasional serta alokasi sumber daya secara kredibel.

Seperti telah disebutkan di awal bab ini, rezim UNFCCC saat ini tidak menyertakan persyaratan yang cukup mengenai adaptasi. Rencana Aksi Bali telah memberikan peluang besar untuk meluncurkan proses adaptasi serta penggalangan dana yang memadai bagi adaptasi bantuan.

Catatan

1. Emisi-emisi terkait energi meningkat sebesar 24 persen antara tahun 1997 (saat Kyoto Protocol ditandatangani) dan 2006; lihat basis data CDIAC (DOE 2009).

2. Global Environment Facility (GEF) mengelola proyek-proyek dan

investasi-investasi melalui sejumlah organisasi multilateral, selain juga berfungsi sebagai mekanisme finansial untuk konvensi-konvensi lingkungan internasional, termasuk UNFCCC. GEF menyediakan dana sebesar \$17,2 miliar dalam pembiayaan bersama; lihat GEF 2009.

3. Bagian ini dikembangkan dari Dubash 2009.

4. Reduksi emisi secara absolut melibatkan suatu penurunan netto dalam emisi relatif terhadap tingkat-tingkat saat ini, alih-alih suatu pergeseran dalam jalur emisi yang diproyeksikan.

5. Baer, Athanasiou, dan Kartha 2007. Lihat juga Kotak 5.2.

6. Baumert dan Winkler 2005.

7. Burtraw dkk. 2005; Barrett 2006.

8. Lihat fokus A pada Ilmu Pengetahuan Iklim dan Bab 4 untuk pembahasannya.

9. Dokumen yang diserahkan Uni Eropa kepada UNFCCC, http://unfccc.int/files/kyoto_protocol/application/pdf/ecredd191108.pdf (diakses 5 Agustus 2009).

10. Dokumen yang diserahkan India dan Cina pada UNFCCC, http://unfccc.int/files/kyoto_protocol/application/pdf/indiasharedvisionv2.pdf dan http://unfccc.int/files/kyoto_protocol/application/pdf/china240409b.pdf.

“Ayo kita berusaha bersama-sama ... sekarang, sebelum semuanya terlambat untuk menyelamatkan Bumi Pertiwi kita.”

—Sonia R. Bhayani, Kenya, umur 8



Tewanat Saypan, Thailand, umur 12

pdf (diakses 6 Juli 2009). Untuk suatu perspektif masyarakat sipil lihat Third World Network, "Understanding the European Commission's Climate Communication," <http://www.twinside.org.sg/title2/climate/info.service/2009/climate.change.20090301.htm> (diakses 8 Juli 2009).

11. Sebagai contoh, McKinsey Global Institute (2008) menunjukkan bahwa tindakan yang terfokus dalam enam bidang kebijakan dapat menghasilkan sekitar 40 persen dari potensi perlambatan yang diidentifikasi dalam pendekatan kurva biaya mereka.

12. Dollar dan Pritchett 1998.

13. Heller dan Shukla 2003.

14. Heller dan Shukla 2003.

15. Bodansky dan Diring 2007.

16. Blanford, Richels, dan Rutherford 2008; Richels, Blanford, dan Rutherford, akan terbit.

17. Winkler dkk. 2002.

18. Lewis dan Diring 2007.

19. Lihat, misalnya, dokumen yang diserahkan pada UNFCCC dari Afrika Selatan (http://unfccc.int/files/meetings/dialogue/application/pdf/working_paper_18_south_africa.pdf) dan Republik Korea (<http://unfccc.int/resource/docs/2006/smsn/parties/009.pdf>) (diakses Juni 2009).

20. Dokumen yang diserahkan pada UNFCCC dari Afrika Selatan dan Republik Korea: <http://unfccc.int/resource/docs/2006/smsn/parties/009.pdf>, (diakses Juni 2009).

21. Dokumen yang diserahkan pada UNFCCC dari Afrika Selatan: http://unfccc.int/files/meetings/dialogue/application/pdf/working_paper_18_south_africa.pdf (diakses Juni 2009).

22. Sebagai contoh, dalam dokumen yang diserahkan pada UNFCCC, Amerika Serikat dan Uni

Eropa menunjukkan bahwa negara-negara berkembang harus berkomitmen untuk merumuskan dan menyerahkan strategi rendah karbon mereka kepada UNFCCC. Lihat UNFCCC/AWGLCA/2009/MISC.4 di <http://unfccc.int/resource/docs/2009/awglca6/eng/misc04p02.pdf> (diakses 5 Agustus 2009).

23. Akanle dkk. 2008. Lihat http://unfccc.int/kyoto_protocol/mechanisms/items/1673.php (diakses 8 Juli 2009) untuk informasi mengenai mekanisme fleksibilitas Kyoto Protocol.

24. Article 4.1 dari UNFCCC.

25. UNFCCC Secretariat, http://unfccc.int/cooperation_support/least_developed_countries_portal/submitted_napas/items/4585.php (diakses 5 Agustus 2009).

26. Decision 2/CP.11 dari UNFCCC.

27. SEG 2007.

Referensi

- Akanle, T., A. Appleton, D. Bushey, K. Kulovesi, C. Spence, dan Y. Yamineva. 2008. *Summary of the Fourteenth Conference of Parties to the UN Framework Convention on Climate Change and Fourth Meeting of Parties to the Kyoto Protocol*. New York: International Institute for Sustainable Development.
- Baer, P., T. Athanasiou, dan S. Kartha. 2007. *The Right to Development in a Climate Constrained World: The Greenhouse Development Rights Framework*. Berlin: Heinrich Böll Foundation, Christian Aid, EcoEquity, and Stockholm Environment Institute.
- Barrett, S. 2006. "Managing the Global Commons." Dalam *Expert Paper Series Two: Global Commons*.

- Stockholm: Secretariat of the International Task Force on Global Public Goods.
- Baumert, K., dan H. Winkler. 2005. "Sustainable Development Policies and Measures and International Climate Agreements." In *Growing in the Greenhouse: Protecting the Climate by Putting Development First*, R. Bradley dan K. Baumert (para editor). Washington, DC: World Resources Institute.
- Blanford, G. J., R. G. Richels, dan T. F. Rutherford. 2008. "Revised Emissions Growth Projections for China: Why Post-Kyoto Climate Policy Must Look East." Kennedy School Discussion Paper 08-06, Harvard Project on International Climate Agreements, Cambridge, MA.
- Bodansky, D., dan E. Diringer. 2007. "Towards an Integrated Multi-Track Framework." PewCenter on Global Climate Change, Arlington, VA.
- Burtraw, D., D. A. Evans, A. Krupnick, K. Palmer, dan R. Toth. 2005. "Economics of Pollution Trading for SO₂ and NO_x." Discussion Paper 05-05. Resources for the Future, Washington, DC.
- Calvin, K., L. Clarke, E. Diringer, J. Edmonds, dan M. Wise. 2009. "Modeling Post-2012 Climate Policy Scenarios." Pew Center on Global Climate Change, Arlington, VA.
- DOE (U.S. Department of Energy). 2009. "Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC)." Oak Ridge, TN.
- Dollar, D., dan L. Pritchett. 1998. *Assessing Aid: What Works, What Doesn't and Why*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Dubash, N. 2009. "Climate Change through a Development Lens." Background paper for the WDR 2010.
- GEF (Global Environment Facility). 2009. "Focal Area: Climate Change," Fact Sheet, GEF, Washington, DC, June.
- Heller, T., dan P. R. Shukla. 2003. "Development and Climate Change: Engaging Developing Countries." Dalam *Beyond Kyoto: Advancing the International Effort against Climate Change*, ed. J. E. Aldy, J. Ashton, R. Baron, D. Bodansky, S. Charnovitz, E. Diringer, T. C. Heller, J. Pershing, P. R. Shukla, L. Tubiana, F. Tudela, dan X. Wang. Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change.
- Jiahua, P., dan C. Ying. 2008. "Towards a Global Climate Regime." *China Dialogue*, December 10. <http://www.chinadialogue.net/article/show/single/en/2616>.
- Lewis, J., dan E. Diringer. 2007. "Policy-Based Commitments in a Post-2012 Framework." Working paper, Pew Center on Global Climate Change, Arlington, VA.
- McKinsey Gloabl Institute. 2008. *The Carbon Productivity Challenge: Curbing Climate Change and Sustaining Economic Growth*. McKinsey & Company.
- Meyer, A. 2001. *Contraction and Convergence: The Global Solution to Climate Change*. Totnes, Devon: Green Books on behalf of the Schumacher Society.
- Richels, R. G., G. J. Blanford, dan T. F. Rutherford. Akan terbit. "International Climate Policy: A Second Best Solution for a Second Best World?" *Climate Change Letters*.

- SEG (Scientific Expert Group on Climate Change). 2007. *Confronting Climate Change: Avoiding the Unmanageable and Managing the Unavoidable*. Washington, DC: Sigma Xi and The United Nations Foundation.
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 2005. *Caring for Climate: A Guide to the Climate Change Convention and the Kyoto Protocol*. Bonn: UNFCCC.
- Winkler, H., R. Spalding-Fecher, S. Mwakasonda, dan O. Davidson. 2002. "Sustainable Development Policies and Measures: Starting from Development to Tackle Climate Change." Dalam *Building on the Kyoto Protocol: Options for Protecting the Climate*, ed. K. A. Baumert, O. Blanchard, S. Llosa, dan J. Perkaus. Washington, DC: World Resources Institute.

Interaksi antara rezim perdagangan internasional dan rezim perubahan iklim memiliki dampak potensial yang besar terhadap negara-negara berkembang. Kendati terdapat alasan-alasan positif untuk menjelajahi berbagai sinergi antara kedua rezim serta untuk menyejajarkan kebijakan-kebijakan yang dapat merangsang produksi, perdagangan, dan investasi pada pilihan teknologi yang lebih bersih, kebanyakan perhatian terpusat pada penggunaan upaya-upaya perdagangan sebagai senjata/sanksi dalam negosiasi iklim global.

Fokus sanksi ini terutama berasal dari masalah-masalah daya saing di negara-negara yang sekarang sedang berlomba untuk mengurangi emisi gas-gas rumah kaca untuk memenuhi sasaran Kyoto 2012 dan seterusnya. Perhatian ini telah menghasilkan proposal-proposal untuk penyesuaian tarif atau pajak perbatasan untuk menggantikan kerugian dari dampak pembatasan emisi karbon dioksida (CO₂). Juga terdapat kepedulian mengenai ‘bocornya’ berbagai industri karbon-intensif ke negara-negara yang tidak mengimplementasikan upaya pengurangan emisi ini.

Tujuan luas dari perbaikan kesejahteraan manusia saat ini dan di masa depan dimiliki baik oleh rezim perdagangan global maupun iklim. Saat Organisasi Perdagangan Dunia (World Trade Organization—WTO) menyadari pentingnya usaha untuk “melindungi dan melestarikan lingkungan,”¹ Protokol Kyoto menyatakan bahwa pihak-pihak harus “berupaya menerapkan berbagai kebijakan dan upaya... sedemikian hingga dapat mengurangi dampak-dampak yang

merugikan terhadap perdagangan internasional.” The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) mengemukakan pembahasan yang sama di beberapa tempat, dan Doha Communiqué secara khusus menyatakan bahwa “sasaran penegakan dan perlindungan suatu sistem perdagangan multilateral yang terbuka dan non-diskriminatif, serta tindakan untuk melindungi lingkungan dan memajukan pembangunan berkelanjutan bisa dan harus saling mendukung.”² Kedua perjanjian ini kemudian saling menghormati dan menghargai mandat masing-masing.

Meskipun agenda iklim dan perdagangan telah berevolusi secara independen selama bertahun-tahun, selain tujuan mereka yang saling mendukung dan berpotensi sinergi. Sementara implementasi Protokol Kyoto mungkin telah memicu konflik antara pertumbuhan ekonomi dengan perlindungan lingkungan, tujuan Kyoto juga memberikan kesempatan untuk menyejajarkan kebijakan pengembangan dan energi sehingga mereka dapat merangsang produksi,

perdagangan, dan investasi pada pilihan teknologi yang lebih bersih.

Upaya-upaya belakangan ini untuk menggabungkan kedua agenda tersebut telah diterima dengan sikap skeptis yang cukup besar. Sementara pertemuan menteri-menteri perdagangan di UNFCCC Bali Conference of Parties sama-sama berbagi pandangan bahwa rezim perdagangan dan iklim dapat saling menunjang dalam beberapa bidang, mereka mencatat bahwa ketegangan antara keduanya dapat timbul, terutama dalam konteks negosiasi menuju komitmen iklim pasca-2012.

Sebuah persepsi umum negara berkembang adalah bahwa pembahasan masalah perubahan iklim (dan, lebih luasnya, masalah lingkungan) dalam negosiasi perdagangan pada akhirnya dapat menghasilkan ‘proteksionisme hijau’ oleh negara-negara maju, yang akan mengganggu prospek pertumbuhannya. Negara-negara berkembang menolak upaya-upaya untuk memasukkan masalah iklim dalam perdagangan dengan

menyatakan bahwa masalah perubahan iklim milik dan harus dirundingkan di bawah payung UNFCCC. Bahkan di dalam WTO terdapat suatu keengganan untuk memperluas mandat iklim tanpa adanya perintah dari UNFCCC. Hal yang menarik, terlepas dari semua retorika tersebut, semakin meningkatnya jumlah perjanjian perdagangan regional (yang kebanyakan menyertakan negara-negara berkembang) sekarang telah memiliki ketentuan-ketentuan lingkungan yang diuraikan dengan jelas. Bagaimanapun juga, ada sedikit bukti yang menunjukkan bahwa mereka telah memberikan kontribusi dengan cara apa pun untuk mencapai hasil yang positif bagi lingkungan.³ Juga, perjanjian perdagangan regional memiliki nilai terbatas dalam menangani isu-isu lingkungan yang memerlukan solusi global seperti perubahan iklim.

Berbagai perkembangan baru

Isu penggunaan tindakan sanksi hukuman perdagangan untuk mendukung tindakan iklim domestik terus mengemuka dan berhasil di tengah-tengah krisis finansial saat ini. Seluruh rancangan undang-undang kebijakan energi dan iklim yang diperkenalkan dalam Kongres AS mendukung adanya sanksi perdagangan atau pemberian tarif pajak (atau instrumen-instrumen yang ekuivalen) terhadap barang tertentu dari negara-negara yang tidak mengendalikan emisi karbonnya. Demikian juga, rencana Komisi Eropa untuk memperketat rezim pengurangan gas rumah kaca benua tersebut juga mengenali

resiko bahwa perundang-undangan baru dapat membuat perusahaan-perusahaan Eropa lebih tidak unggul dibandingkan negara-negara yang hukum perlindungan iklimnya kurang keras.

Isu penerapan upaya-upaya di perbatasan berdasarkan prinsip-prinsip lingkungan telah banyak dibahas dalam literatur ekonomi dan hukum. WTO dan perjanjian dagang lainnya memperbolehkan ‘pengecualian’ untuk upaya-upaya perdagangan yang mungkin akan melanggar aturan perdagangan bebas, tetapi dapat dibenarkan karena perlu atau berhubungan dengan suatu usaha untuk melindungi lingkungan atau melestarikan sumber daya alam yang tak terbarukan dan selama mereka “tidak diskriminatif” dan “sedikit membatasi perdagangan.”⁴ Pengukuran perdagangan sering dijelaskan sebagai mekanisme untuk memastikan kepatuhan dengan perjanjian lingkungan multilateral (*multilateral environmental agreements—MEAs*). Memang, MEAs seperti Trade in Endangered Species (Perdagangan Spesies Langka) dan Konvensi Basel memakai pembatasan perdagangan sebagai sarana untuk mencapai tujuan MEA dan ini diterima oleh semua pihak dalam MEA. Dalam kasus perubahan iklim, bagaimanapun, masalah pelik khususnya dalam menilai kompatibilitas dari langkah-langkah perdagangan dengan kebijakan perubahan iklim mungkin muncul dari penerapan pengukuran unilateral berdasarkan kebijakan nasional atau standar produk yang berdasarkan Proses dan Metode Produksi atau keduanya. Masalah lain yang berkaitan dengan “penyesuaian pajak perbatasan” yang telah mendapat

sedikit perhatian adalah apa yang akan terjadi pada pendapatan yang dihasilkan. Jika semua diberikan kembali ke negara yang dikenai pajak, maka akan sangat mempunyai politik ekonomi yang berbeda dibandingkan jika tetap berada di Negara yang mengenakan pajak.

Akan tetapi ahli hukum tetap terpisah, pada apakah pajak yang dikenakan pada karbon akan kompatibel dengan peraturan perdagangan internasional, karena WTO sejauh ini belum mengeluarkan ketentuan yang jelas tentang ini. Namun, proposal baru bisa memiliki implikasi yang signifikan untuk perdagangan manufaktur di negara-negara berkembang (Kotak FC.1)

Banyak negara-negara berpenghasilan tinggi juga menyatakan keprihatinan bahwa setiap rencana yang mengecualikan negara berkembang dari pembatasan emisi tidak akan efektif karena industri padat karbon hanya akan menggeser operasi mereka ke salah satu negara pengecualian. Kebocoran karbon, penyebutan untuk pergeseran ini, tidak hanya akan melemahkan manfaat lingkungan dari Protokol Kyoto, tetapi juga akan memengaruhi daya saing industri negara berpenghasilan tinggi. Untuk industri yang intensif energi seperti semen dan bahan kimia, daya saing internasional merupakan perhatian penting. Isu ini paralel dengan debat “tempat polusi—*pollution havens*” yang mendominasi perdagangan dan literatur lingkungan pada tahun 1990.

Sebuah studi World Bank baru-baru ini memeriksa bukti-bukti untuk relokasi industri-intensif karbon yang dihubungkan dengan kebijakan iklim

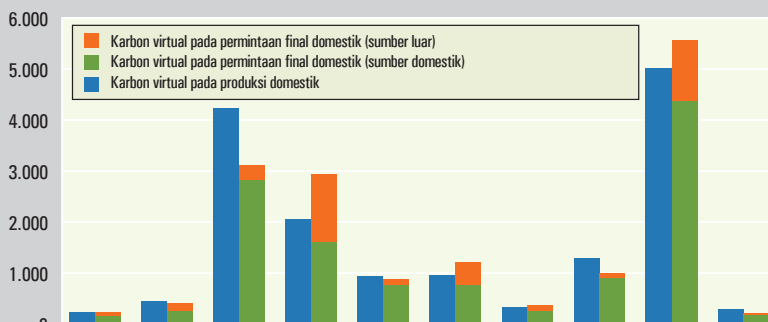
KOTAK FC.1 Mengenakan pajak pada karbon virtual

Haruskah karbon dikenai pajak saat ia dikeluarkan, atau di titik di mana barang dikonsumsi atas dasar karbon 'berwujud' atau 'virtual'—jumlah karbon yang dikeluarkan untuk memproduksi barang? Banyak negara pengekspor besar berpendapat bahwa mereka akan seperti dihukum dengan pengenaan pajak karbon di titik pengeluaran, sedangkan pada kenyataannya kebanyakan karbon ini dikeluarkan dalam produksi barang-barang untuk ekspor—barang-barang yang dinikmati oleh konsumen di negara lain. Berdasarkan analisis aliran karbon dalam tabel input-output multi-regional, diagramnya menunjukkan bahwa China dan Rusia merupakan pengekspor bersih karbon virtual, sedangkan Uni Eropa, Amerika Serikat, dan Jepang merupakan pengimpor bersih.

Meskipun demikian, negara-negara yang menentukan pajak karbon menguatirkan daya saing dan pengaruh-pengaruh kebocoran karbon jika negara lain tidak mengikutinya, dan dapat mempertimbangkan pengenaan pajak impor karbon virtual untuk menyamakan aturan permainannya. Tabel menunjukkan nilai tarif efektif yang akan dihadapi negara-negara jika pajak \$50 per ton CO₂ dikenakan atas isi karbon virtual dari barang dan jasa yang diimpor.

Harga karbon \$50/ton CO₂ sesuai dengan pengalaman dewasa ini—izin emisi pada European Emission Trading Scheme diperjualbelikan senilai

Emisi berdasarkan produksi dan konsumsi (juta ton CO₂)



Sumber: Atkinson dkk. 2009.

Catatan: Tinggi batang biru mengukur jumlah emisi dari produksi barang dan jasa; batang hijau mewakili berapa banyak karbon dihasilkan secara domestik untuk mendukung permintaan domestik (karbon virtual dari sumber domestik); batang oranye mewakili berapa banyak karbon dihasilkan di luar untuk mendukung permintaan domestik (karbon virtual dari sumber luar). Jika tinggi batang biru lebih dari jumlah dua batang lainnya, maka negara itu merupakan pengekspor bersih karbon virtual.

35 Euro pada tahun 2008. Oleh karena itu, tabel di atas menggambarkan bahwa nilai tarif karbon yang dihadapi oleh negara berkembang akan cukup besar jika negara-negara mengikuti jalur ini.

Meskipun demikian, pengenaan tarif karbon virtual unilateral jelas dapat menjadi sumber perselisihan dagang yang merusak sistem perdagangan internasional yang juga telah mendapat tekanan dari krisis finansial saat ini. Dengan membuka pintu untuk membatasi pajak untuk iklim dapat mengakibatkan perkembangan

upaya-upaya perdagangan yang berkaitan dengan wilayah lain di mana pasar yang bersaing terlihat tidak seimbang. Pengukuran yang akurat atas karbon virtual bisa sangat rumit dan dapat menjadi perselisihan. Selain itu, menetapkan tarif atas karbon virtual dapat membebani negara berpendapatan rendah yang sangat kecil kontribusinya terhadap masalah perubahan iklim.

Sumber: Atkinson dkk. 2009.

Tarif rata-rata impor barang dan jasa jika karbon virtual dikenakan pajak \$50/ton CO₂ (persen)

	BRA	CAN	CHN	E15	IND	JPN	MEX	RUS	USA	ZAF	Rerata
BRA	0,0%	3,4%	3,2%	3,2%	2,8%	4,0%	2,7%	2,6%	3,0%	2,9%	3,1%
CAN	4,5%	0,0%	3,4%	3,4%	3,7%	3,2%	2,8%	2,8%	2,6%	3,0%	2,8%
CHN	12,1%	10,5%	0,0%	10,5%	13,4%	10,4%	9,9%	10,0%	10,3%	11,1%	10,5%
E15	1,6%	1,1%	1,1%	0,0%	1,3%	1,2%	1,1%	1,1%	1,2%	1,2%	1,2%
IND	8,3%	7,8%	9,2%	7,7%	0,0%	6,8%	8,1%	8,7%	7,9%	5,3%	7,8%
JPN	1,4%	1,3%	1,5%	1,4%	1,6%	0,0%	1,4%	1,4%	1,2%	1,3%	1,4%
MEX	3,5%	2,1%	4,2%	4,0%	10,8%	4,0%	0,0%	4,1%	1,7%	3,5%	2,1%
RUS	18,0%	14,3%	12,4%	11,8%	12,8%	11,3%	14,7%	0,0%	10,4%	15,9%	11,7%
USA	3,3%	3,0%	3,1%	3,1%	3,3%	3,0%	2,8%	2,8%	0,0%	3,2%	3,0%
ZAF	15,9%	10,1%	10,6%	9,8%	11,5%	11,4%	16,6%	7,9%	8,9%	0,0%	10,1%
Rerata	3,7%	2,9%	2,2%	5,0%	4,5%	4,8%	3,3%	2,6%	3,0%	2,9%	

Sumber: Atkinson dkk. 2009.

Catatan: Kolom terakhir merupakan rata-rata tarif berbobot dagang yang dihadapi negara pengekspor; baris terakhir merupakan rata-rata tarif berbobot dagang yang diterapkan oleh negara pengimpor.

yang ketat, terutama di negara-negara yang berpenghasilan tinggi. Salah satu faktor yang memengaruhi operasi sektor padat energi umumnya adalah harga relatif energi selain tanah dan biaya tenaga kerja. Penelitian ini menggunakan rasio ekspor-impor produksi energi-intensif di negara-negara berpenghasilan tinggi dan negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah sebagai wakil untuk setiap perubahan pola produksi dan perdagangan (Figur FC.1).⁵ Rasio ekspor-impor produksi intensif-energi menunjukkan kenaikan tren untuk negara-negara berpendapatan tinggi dan penurunan tren untuk negara-negara berpendapatan rendah dan menengah. Walaupun tidak meyakinkan, hal ini tampaknya menunjukkan bahwa beberapa relokasi industri padat energi mungkin telah terjadi di negara yang tidak mengenakan batasan pada emisi gas rumah kacanya. Bagaimanapun, rasionya masih lebih rendah daripada 1 untuk negara-negara berpendapatan tinggi, dan lebih dari 1 untuk negara-negara berkembang, menunjukkan bahwa negara-negara berpendapatan tinggi terus menjadi pengekspor bersih dan negara-negara berkembang menjadi pengimpor bersih produk-produk padat energi.

Dengan cara yang serupa, perusahaan di beberapa negara berpendapatan tinggi mengadopsi “pelabelan karbon” sebagai mekanisme untuk memitigasi perubahan iklim. Pelabelan karbon meliputi pengukuran emisi karbon dari proses produksi produk atau melayani dan menyampaikan informasi tersebut kepada konsumen dan mereka yang membuat keputusan pokok dalam

perusahaan. Hal ini mungkin jika skema yang dirancang dengan baik akan menciptakan insentif untuk produksi di bagian yang berbeda dalam jaring pasokan untuk berpindah ke lokasi beremisi rendah. Oleh karena itu, pelabelan karbon dapat menjadi sebuah instrumen yang memungkinkan konsumen untuk melatih minat mereka untuk bergabung dalam perang melawan perubahan iklim dengan menggunakan pilihan pembelian.

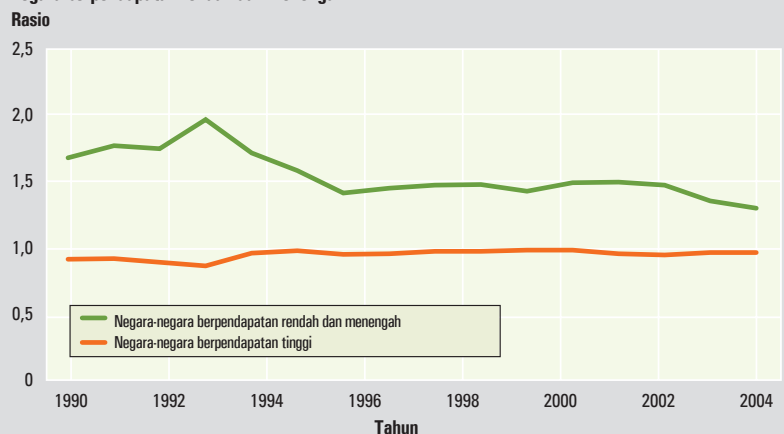
Kelemahan skema pelabelan karbon adalah bahwa skema tersebut tampaknya mempunyai dampak signifikan terhadap ekspor dari negara-negara berpendapatan rendah.⁶ Ada ketakutan telah meningkat bahwa negara-negara berpendapatan rendah akan menghadapi kesulitan besar dalam mengekspor ke dunia ketat-iklim di mana emisi karbon harus diukur dan bersertifikat untuk memasuki perdagangan karbon-terlabel. Ekspor dari negara-negara berpendapatan rendah khususnya bergantung pada transportasi jarak jauh dan diproduksi oleh perusahaan yang relatif kecil yang akan sulit

berpartisipasi dalam skema pelabelan karbon yang kompleks.

Ada kesenjangan besar dalam hal pengetahuan yang harus dijabatani, berkaitan dengan penelitian ilmiah mengenai struktur emisi karbon di seluruh rantai pasokan internasional yang melibatkan negara-negara berpendapatan rendah. Sejumlah kecil penelitian yang ada menunjukkan bahwa pola emisi sangatlah rumit, dan satu temuan yang penting adalah bahwa lokasi geografis saja merupakan estimator yang buruk bagi emisi, karena kondisi produksi yang diinginkan lebih dari sekadar menutupi kelemahan dalam transportasi. Sebagai contoh, bunga mawar produksi Kenya yang dijual di Eropa memiliki emisi karbon yang sangat rendah dibandingkan bunga mawar yang diproduksi di Belanda, walaupun dikirim melalui udara.

Rancangan dan implementasi pelabelan karbon juga akan perlu untuk memperhitungkan sejumlah tantangan teknis yang kompleks.⁷ Pertama, menggunakan data sekunder dari produsen di negara kaya untuk memperkirakan

Figur FC.1 Rasio ekspor-impor produk padat energi di negara-negara berpendapatan tinggi dan negara-negara berpendapatan rendah dan menengah



Sumber: World Bank 2008.

emisi karbon produsen di negara berpendapatan rendah tidak akan menangkap fakta bahwa teknologi yang sedang diterapkan di negara kaya dan berpendapatan rendah berbeda secara substansial. Permasalahan teknis kedua berkaitan dengan penggunaan faktor emisi—jumlah karbon yang dihasilkan selama proses manufaktur tertentu dan penggunaan produknya—dan bagaimana harus dikalkulasikan. Permasalahan ketiga adalah pemilihan sistem pembatasan, yang mendefinisikan perluasan proses yang disertakan dalam penilaian emisi gas rumah kaca. Perkiraan jejak karbon pada sistem, produk atau aktivitas juga bergantung pada batasan sistem yang digunakan.

Agenda positif

Bidang lain di mana perdagangan dan iklim saling bersinggungan adalah transfer teknologi. Dengan adanya pembatasan Clean Development Mechanism dalam memberikan jenis serta besar transfer teknologi yang diperlukan untuk menghadapi meningkatnya emisi gas-gas rumah kaca di dunia yang berkembang (lihat Bab 6), maka aturan perdagangan dan investasi yang lebih luas dapat menjadi salah satu cara untuk mempercepat transfer teknologi.⁸ Liberalisasi perdagangan dalam barang dan jasa lingkungan telah menjadi agenda WTO Doha Round sejak awal. Semua anggota WTO setuju bahwa liberalisasi barang lingkungan harus disesuaikan ke arah perlindungan lingkungan. Namun, sangat sedikit yang telah dicapai karena persepsi yang berbeda antara negara maju dan berkembang tentang barang apa yang akan

diliberalisasikan serta bagaimana meliberalisasikannya.

Usaha-usaha telah dilakukan, termasuk oleh World Bank,⁹ untuk melanjutkan negosiasi ini dengan mengidentifikasi barang dan jasa ramah iklim yang sedang menghadapi perbatasan bertarif dan tak bertarif untuk diperdagangkan, serta memprioritaskan penghapusan perbatasan ini melalui negosiasi WTO. Usaha ini memang menantang, karena anggota-anggota WTO belum menyetujui tentang bagaimana cara mendefinisikan “ramah iklim” sedemikian hingga dapat berkontribusi pada tujuan kebijakan iklim serta menghasilkan keuntungan dagang yang seimbang di antara para anggotanya. Dua bidang yang menjadi kontroversi antara lain “penggunaan ganda” dari teknologi yang dapat digunakan untuk mengurangi emisi sekaligus juga memenuhi kebutuhan konsumen, serta produk pertanian, yang menjadi bagian yang sangat diperdebatkan dalam negosiasi Doha.

Masalah lain yang sering kali diabaikan adalah besarnya potensi perdagangan antara negara-negara berkembang (perdagangan Selatan-Selatan) dalam teknologi bersih. Biasanya, negara berkembang menjadi pengimpor teknologi bersih, sedangkan negara maju menjadi pengekspor. Meskipun demikian, sebagai hasil dari iklim investasi mereka yang berkembang serta basis konsumen yang besar, negara berkembang mulai menjadi pemain utama dalam produksi teknologi bersih.¹⁰ Satu perkembangan kunci dalam pasar pembangkit listrik bertenaga angin global adalah

munculnya China sebagai pemain penting, baik dalam produksi maupun investasi dalam tambahan kapasitas pembangkit listrik bertenaga angin. Demikian juga, negara-negara berkembang lain muncul sebagai produsen teknologi energi yang dapat diperbarui. Kapasitas sel fotovoltaik (PV) India telah meningkat beberapa kali lipat selama empat tahun terakhir, sedangkan Brazil tetap menjadi pemimpin produksi biofuel dunia. Perkembangan ini menunjukkan prospek yang baik untuk timbulnya transfer teknologi Selatan-Selatan di masa depan.

Jalan ke depan mengenai perdagangan dan perubahan iklim

Ada satu keengganan umum bagi negara-negara untuk lebih menyetujui rezim perdagangan dan iklim karena ketakutan yang satu akan mengungguli yang lain. Hal ini disayangkan, karena perdagangan teknologi energi bersih berpotensi memberikan kesempatan ekonomi bagi negara berkembang yang muncul sebagai penghasil dan eksportir teknologi ini.

Kemajuan dalam rezim perdagangan tetap ada bahkan dalam hal-hal yang sangat rumit. Keberhasilan WTO's 1997 Information Technology Agreement menyatakan bahwa penerapan perjanjian pada barang dan teknologi ramah iklim tentunya harus menyertakan paket bantuan teknis dan finansial agar negara berkembang mampu menghadapi penerapan liberalisasi, termasuk peningkatan efisiensi administrasi bea cukai serta menyeimbangkan klasifikasi untuk barang ramah iklim.

Dengan menunda tindakan atas agenda perdagangan dan iklim sampai negosiasi WTO lainnya setelah Doha Round sangat berisiko karena adanya bahaya yang mengancam, yaitu sanksi perdagangan terkait iklim seperti yang diajukan di Amerika Serikat dan Uni Eropa dapat menjadi kenyataan.

Jika upaya-upaya perdagangan yang terkait iklim menggigit cukup dalam, negara-negara berkembang dapat menggunakan negosiasi perdagangan dan iklim untuk menekan balik, atau mereka bisa memilih untuk menyesuaikan diri dengan kebijakan dan standar baru yang dibuat oleh mitra dagang mereka, untuk mempertahankan akses ke pasar. Untuk memenuhi keduanya, negara-negara berkembang harus membangun kapasitas mereka untuk memahami dan menanggapi perkembangan ini.

Walaupun terdapat banyak keuntungan dari penyelarasan rezim perdagangan dan rezim iklim, potensi adanya bahaya bagi rezim perdagangan internasional dari tindakan seperti pengenaan pajak perbatasan unilateral atas karbon tidak dapat diremehkan, khususnya karena beban akan terdistribusi secara tidak merata di negara berkembang. Hal ini kemudian membuat

ketertarikan negara berkembang untuk meyakinkan bahwa pengejaran tujuan iklim global kompatibel dengan sistem perdagangan multilateral yang adil, terbuka, dan berdasarkan aturan sebagai dasar bagi pertumbuhan dan perkembangan mereka. Negara maju juga mempunyai peran penting dalam sistem perdagangan multilateral dan menghadapi tanggung jawab yang besar untuk meyakinkan bahwa sistem tersebut ditegakkan.

Catatan

1. Pembukaan dari Marrakesh Agreement yang membentuk WTO pada tahun 1995.
2. Dikutip di World Bank 2008.
3. Gallagher 2004.
4. Lihat artikel XX (b) dan (g) dari General Agreement on Tariffs and Trade 1947. WTO 1986.
5. World Bank 2008.
6. Brenton, Edwards-Jones, dan Jensen 2009.
7. Brenton, Edwards-Jones, dan Jensen 2009.
8. Brewer 2007.
9. World Bank 2008.
10. World Bank 2008.

Referensi

Atkinson, G., K. Hamilton, G. Ruta, and D. van der Mensbrugghe.

2009. "Trade in 'Virtual Carbon': Empirical Results and Implications for Policy." Background paper for the WDR 2010.

Brenton, P., G. Edwards-Jones, dan M. Jensen. 2009. "Carbon Labeling and Low Income Country Exports: An Issues Paper." *Development Policy Review* 27 (3): 243–267.

Brewer, T. L. 2007. "Climate Change Technology Transfer: International Trade and Investment Policy Issues in the G8+5 Countries." Paper prepared for the G8+5 Climate Change Dialogue, Georgetown University, Washington, DC.

Gallagher, K. P. 2004. *Free Trade and the Environment: Mexico, NAFTA and Beyond*. Palo Alto, CA: Stanford University Press.

World Bank. 2008. *International Trade and Climate Change: Economic, Legal and Institutional Perspectives*. Washington, DC: World Bank.

WTO (World Trade Organization). 1986. Text of the General Agreement on Tariffs and Trade 1947. Geneva: WTO.



Mendapatkan Dana yang Diperlukan untuk Mitigasi dan Adaptasi

Negara-negara maju harus menjadi pemimpin dalam memerangi perubahan iklim. Namun, mitigasi tidak akan efektif ataupun efisien tanpa upaya-upaya tambahan dari negara-negara berkembang. Terdapat dua pesan kunci dari bab sebelumnya. Akan tetapi, masih terdapat besaran ketiga untuk mengatasi tantangan iklim: kesetaraan. Sebuah pendekatan kesetaraan untuk membatasi emisi global dari gas-gas rumah kaca harus mengenali bahwa negara-negara berkembang memiliki kebutuhan-kebutuhan pembangunan yang sah, bahwa pembangunan mereka mungkin terancam oleh perubahan iklim, dan bahwa mereka pun ikut berkontribusi, walaupun sedikit, terhadap masalah tersebut.

Pesan Kunci

Pendanaan iklim bermaksud untuk menyesuaikan kesetaraan dengan efektivitas dan efisiensi pada tindakan untuk mengurangi emisi dan beradaptasi terhadap perubahan iklim. Akan tetapi, tingkat saat ini menurun tajam dibandingkan dengan yang diestimasikan—total pendanaan iklim untuk negara berkembang sebesar \$10 miliar per tahun saat ini, dibandingkan dengan biaya tahunan yang diproyeksikan untuk 2030 sebesar \$30 hingga \$100 miliar untuk adaptasi dan \$140 hingga \$175 miliar (dengan pendanaan gabungan yang diperlukan sebesar \$265 hingga \$565 miliar) untuk mitigasi. Penutupan kekurangan membutuhkan reformasi pada pasar karbon yang ada dan pencarian sumber daya baru, termasuk pajak karbon. Penetapan harga karbon akan mentransformasi pendanaan iklim nasional, tetapi transfer dana internasional dan perdagangan hak emisi akan dibutuhkan jika pertumbuhan dan pengurangan kemiskinan di negara berkembang tidak dilakukan di dunia terbatas karbon.

Aliran pendanaan iklim, baik transfer fiskal maupun transaksi pasar, dari negara maju ke negara berkembang melambangkan cara dasar untuk menggabungkan kesetaraan dengan efektivitas dan efisiensi dalam menghadapi masalah iklim. Aliran pendanaan dapat membantu negara-negara berkembang mengurangi emisi-emisi gas rumah kaca mereka dan beradaptasi terhadap efek-efek perubahan iklim. Sebagai tambahan, akan muncul kebutuhan pendanaan yang berhubungan dengan pembangunan dan penggabungan teknologi-teknologi baru. Mitigasi, adaptasi, dan penyebaran teknologi harus terjadi dengan suatu cara yang memungkinkan negara-negara berkembang untuk melanjutkan perkembangan mereka dan mengurangi kemiskinan. Inilah sebabnya aliran dana tambahan kepada negara-negara berkembang sangatlah penting.

Pendanaan yang diperlukan untuk mitigasi, adaptasi, dan teknologi sangatlah besar. Di negara berkembang, mitigasi membutuhkan biaya \$140 hingga \$175 miliar per tahun hingga 20 tahun mendatang (dengan kebutuhan pendanaan gabungan sebesar \$265 hingga \$565 miliar), selama periode 2010 hingga 2050, investasi adaptasi rata-rata mencapai \$30 hingga \$100 miliar tiap tahunnya (dalam jumlah yang bulat).

Hasil-hasil ini dapat dibandingkan dengan bantuan pembangunan saat ini, yang kira-kira sebesar \$100 miliar tiap tahunnya. Namun, upaya-upaya untuk mendanai pengeluaran-pengeluaran ini tidaklah memadai, kurang dari 5 persen dari dana yang dibutuhkan.

Pada waktu yang bersamaan, terdapat berbagai batasan dan inefisiensi yang jelas dalam instrumen-instrumen pendanaan yang ada saat ini. Kontribusi pemerintah dipengaruhi oleh fragmentasi dan kesulitan donor. Walaupun telah sering berhasil, Clean Development Mechanism (CDM), sumber utama dana mitigasi untuk negara-negara berkembang hingga saat ini, memiliki kekurangan-kekurangan dan batasan-batasan operasional dan administratif dalam rancangannya. Cakupan peningkatan dana adaptasi melalui pajak retribusi CDM, yang sekarang telah menjadi sumber utama pendapatan Adaptation Fund, sangatlah terbatas oleh biaya efisiensi yang terus naik dan, secara potensial, distribusi hambatan pajak yang tidak rata.

Jadi, sumber-sumber baru dana harus terus dialirkan. Pemerintah harus ikut campur tangan, namun yang sama pentingnya adalah mengembangkan inovasi mekanisme pendanaan yang baru dan meningkatkan pendanaan swasta. Sektor swasta akan memiliki peran utama dalam pendanaan mitigasi, melalui pasar-pasar karbon dan instrumen-instrumennya yang berkaitan. Namun, aliran atau pendanaan internasional resmi lainnya akan menjadi pengganti utama untuk membangun kapasitas, memperbaiki pasar yang tidak sempurna, dan area-area target yang terlewat oleh pasar. Pendanaan swasta juga akan menjadi penting untuk adaptasi, karena badan-badan swasta—rumah tangga dan perusahaan—adalah pihak yang akan

menanggung beban berat adaptasinya. Namun, adaptasi yang baik sangatlah bergantung pada perkembangan yang baik, dan mereka yang paling membutuhkan bantuan adaptasi adalah negara-negara yang miskin dan lemah di dunia berkembang. Hal ini berarti bahwa pendanaan publik akan memiliki peran utama.

Selain dari mengusahakan dana baru, menggunakan sumber-sumber yang ada secara lebih efektif juga krusial. Hal ini memerlukan eksploitasi yang sinergis dengan aliran dana yang telah ada, termasuk bantuan pembangunan, dan untuk mengoordinasikan implementasinya. Skala jurang pendanaan, perbedaan kebutuhan dan situasi nasional, dan beragamnya saluran membutuhkan banyak instrumen. Masalah efektivitas dan efisiensi mengharuskan pendanaan untuk perubahan iklim ditingkatkan dan digunakan dengan sesuai.

Kebutuhan dana disesuaikan dengan cakupan dan kesesuaian waktu dari perjanjian internasional mengenai perubahan iklim. Ukuran tagihan adaptasi akan secara langsung bergantung pada efektivitas perjanjian tersebut. Untuk mitigasi, Bab 1 menunjukkan bahwa penerapan pengurangan emisi yang tertunda di negara-negara yang paling banyak emisinya, baik di negara maju maupun berkembang, berisiko meningkatkan biaya penstabilan iklim menjadi sangat tinggi. Bab Gambaran Umum menunjukkan bahwa pada jalur global dengan biaya terendah untuk stabilisasi iklim, sebagian besar (65 persen atau lebih)¹ kebutuhan mitigasi akan terjadi di negara-negara berkembang. Maka biaya menstabilkan iklim dapat secara substansial dikurangi jika negara-negara maju menyediakan insentif dana yang memadai bagi negara-

negara berkembang untuk beralih ke jalur rendah karbon. Seperti ditunjukkan bab-bab yang lain, pendanaan perlu dikombinasikan dengan akses teknologi dan pembangunan kapasitas jika negara-negara berkembang ingin pindah ke jalur pembangunan rendah karbon.

Bab ini membahas tentang meningkatkan pendanaan yang cukup untuk mengurangi emisi dan menghadapi dampak perubahan yang tak terhindarkan. Bab ini menelaah jurang antara kebutuhan pendanaan mitigasi dan adaptasi yang diproyeksikan dengan sumber-sumber dana yang tersedia hingga 2012. Bab ini menilai inefisiensi dalam instrumen pendanaan iklim yang ada saat ini dan membahas sumber-sumber dana tambahan yang lebih potensial dibandingkan dengan yang ada saat ini (Tabel 6.1). Dan bab ini mengajukan model-model untuk meningkatkan efektivitas skema-skema yang telah ada, terutama Clean Development Mechanism dan untuk mengalokasikan dana adaptasi. Secara keseluruhan, bab ini memfokuskan pada kebutuhan dana di negara-negara berkembang, di mana pertanyaan-

pertanyaan mengenai efektivitas, efisiensi, dan kesetaraan berkumpul menjadi satu.

Jurang pendanaan yang lebar

Tindakan iklim yang sukses akan menghabiskan dana triliunan dolar. Seberapa banyaknya bergantung pada seberapa ambisiusnya respons global yang ada, seberapa terstrukturanya respons tersebut, bagaimana peraturannya diberlakukan, seberapa efektif penerapannya, di mana mitigasinya dilakukan, dan bagaimana dananya diupayakan. Pemikul biayanya adalah komunitas internasional, pemerintah nasional, pemerintah lokal, perusahaan, dan rumah tangga.

Kebutuhan pendanaan

Menurut Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), yang meninjau ulang perkiraan biaya pada penilaian keempatnya, biaya memotong emisi gas rumah kaca global sebesar 50 persen pada 2050 adalah sebesar 1–3 persen dari PDB.² Angka tersebut adalah pemotongan minimum menurut

Tabel 6.1 Instrumen-instrumen pendanaan iklim yang ada

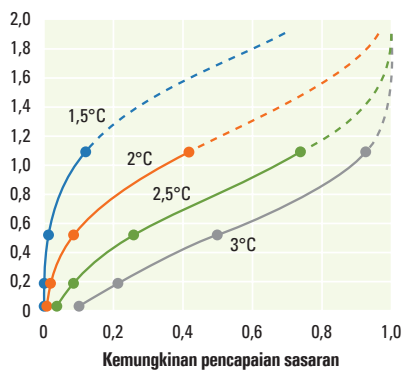
Tipe instrumen	Mitigasi	Adaptasi	Penelitian, pengembangan, dan penyebaran
Mekanisme berbasis-pasar untuk menurunkan biaya tindakan iklim dan menciptakan insentif	Perdagangan emisi (CDM, JI, sukarela), sertifikat energi terbarukan yang dapat diperdagangkan, alat pembayaran (obligasi)	Asuransi (kelompok, indeks, turunan cuaca, obligasi bencana), pembayaran untuk layanan ekosistem, alat pembayaran (obligasi)	
Sumber dana dan pendanaan konsesi (retribusi dan kontribusi termasuk bantuan pengembangan resmi dan filantropi) untuk mencontohkan alat baru, peningkatan skala dan tindakan katalisasi, dan berfungsi sebagai bibit uang untuk memengaruhi sektor swasta.	GEF, CTF, UN-REDD, FIP, FCPF	Adaptation Fund, GEF, LDCF, SCCF, PPCR, dan dana bilateral dan multilateral lainnya	GEF, GEF/IFC Earth Fund, GEEREF
Instrumen lainnya	Insentif fiskal (keuntungan pajak dalam investasi, pinjaman bersubsidi, pajak yang tepat sasaran atau bersubsidi, kredit ekspor), norma dan standar (termasuk label), rangsangan harga dan komitmen pasar yang diperluas, kesepakatan perdagangan dan teknologi		

Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia.

Catatan: CDM = Clean Development Mechanism; CTF = Clean Technology Fund; FCPF = Forest Carbon Partnership Facility; FIP = Forest Investment Program; GEEREF = Global Energy Efficiency and Renewable Energy Fund (European Union); GEF = Global Environment Facility; IFC = International Finance Corporation; JI = Joint Implementation; LDCF = Least Developed Country Fund (UNFCCC/GEF); PPCR = Pilot Program for Climate Resilience; SCCF = Strategic Climate Change Fund (UNFCCC/GEF); UN-REDD = UN Collaborative Program on Reduced Emissions from Deforestation and forest Degradation

Figur 6.1 Biaya mitigasi tahunan meningkat seiring semakin ketat dan pastinya sasaran suhu

Biaya tambahan (% PDB)



Sumber: Schaeffer dkk. 2008.

sebagian besar ilmuwan yang diperlukan untuk membatasi pemanasan global menjadi 2°C di atas tingkat praindustri (lihat Gambaran Umum).

Namun, biaya-biaya mitigasi sensitif terhadap pilihan-pilihan kebijakan. Biaya-biaya tersebut meningkat drastis seiring dengan ketatnya target pengurangan emisi dan dengan semakin pastinya pencapaian target tersebut (Figur 6.1). Biaya-biaya mitigasi global juga akan menjadi lebih tinggi jika dunia beralih dari jalur pengurangan emisi berbiaya rendah. Seperti dijelaskan di bab-bab sebelumnya, tidak mengikutsertakan negara berkembang dalam upaya mitigasi awal akan meningkatkan biaya-biaya mitigasi secara signifikan (pertimbangan yang berakibat pada dibentuknya Clean Development Mechanism di bawah Protokol Kyoto). Secara serupa, tidak mempertimbangkan semua kesempatan mitigasi akan meningkatkan biaya keseluruhan.

Penting juga untuk membedakan antara biaya-biaya mitigasi (biaya-biaya tambahan dari sebuah proyek rendah karbon sepanjang proyek tersebut) dengan biaya-biaya modal tambahan (investasi ekstra yang diperlukan pada awal proyek). Oleh karena banyak

investasi bersih yang memiliki biaya modal awal yang tinggi, yang kemudian diikuti oleh penghematan biaya operasi, modal tambahannya cenderung lebih tinggi dibandingkan biaya di sepanjang proyek yang dilaporkan dalam model mitigasi. Perbedaannya dapat mencapai tiga kali lipat (Tabel 6.2). Bagi negara-negara berkembang yang terbatas secara fiskal, biaya-biaya modal awal yang tinggi ini dapat menjadi suatu disinsentif yang signifikan untuk diinvestasikan dalam teknologi rendah karbon.

Tabel 6.2 melaporkan biaya tambahan usaha-usaha mitigasi yang diperlukan untuk menstabilkan konsentrasi CO₂e di atmosfer (semua gas rumah kaca dijumlahkan dan ditampilkan dalam karbon dioksida ekuivalennya) pada 450 bpj untuk satu dekade ke depan, seperti yang dibutuhkan pada 2030. Jika tetap fokus pada target 450 bpj, rentang biaya mitigasi di negara-negara berkembang adalah antara \$140 miliar dan \$175 miliar tiap tahunnya pada 2030 dengan biaya gabungan yang diperlukan sebesar \$265 hingga \$565 miliar per tahun. Untuk adaptasi, perkiraan yang paling memungkinkan adalah tampilan jangka menengah yang dihasilkan oleh United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) dan World Bank, yang rentangnya dari \$30 miliar hingga \$100 miliar.

Sebagian besar, tapi tidak semua, dari kebutuhan adaptasi yang telah teridentifikasi memerlukan pengeluaran publik. Menurut sekretariat United Nations Framework Convention on Climate Change,³ pendanaan swasta menutup sekitar seperempat dari kebutuhan investasi yang telah teridentifikasi, walaupun perkiraan ini tampaknya tidak mencakup seluruh investasi swasta untuk adaptasi.

Angka-angka ini memberikan

Tabel 6.2 Pendanaan iklim tahunan terestimasi yang diperlukan di negara-negara berkembang 2005 \$ juta

Sumber estimasi	2010–20	2030
Biaya mitigasi		
McKinsey & Company		175
Pacific Northwest National Laboratory (PNNL)		139
Kebutuhan pendanaan mitigasi		
International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)	63–165	264
International Energy Agency (IEA) Energy Technology Perspectives	565 ^a	
McKinsey & Company	300	563
Postdam Institute for Climate Impact Research (PIK)		384
Biaya adaptasi		
Jangka pendek		
World Bank	9–41	Biaya bantuan pembangunan percobaan-iklim, investasi dalam dan luar negeri
Stern Review	4–37	Biaya bantuan pembangunan percobaan-iklim, investasi dalam dan luar negeri
United Nations Development Programme	83–105	Sama seperti World Bank, ditambah dengan biaya mengadaptasi Poverty Reduction Strategy Papers dan penguatan respons bencana
Oxfam	> 50	Sama seperti World Bank, ditambah dengan biaya National Adaptation Plan of Action dan proyek organisasi non-pemerintahan (LSM)
Jangka menengah		
United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)		28–67
Project Catalyst		15–37
World Bank (EACC)		75–100
		Biaya pada 2030 untuk pertanian, kehutanan, air, kesehatan, perlindungan daerah pesisir, dan infrastruktur
		Biaya pada 2030 untuk pembangunan kapasitas, penelitian, manajemen bencana dan sektor UNFCCC (negara-negara yang paling rentan dan hanya untuk sektor publik)
		Biaya adaptasi rata-rata tahunan dari 2010 hingga 2050 untuk pertanian, kehutanan, perikanan, infrastruktur, manajemen sumber daya air, dan sektor zona pantai, termasuk dampak pada kesehatan, layanan ekosistem, dan efek dari episode cuaca ekstrem

Sumber: Untuk mitigasi, IIASA 2009 dan data tambahan disediakan oleh V. Krey; IEA 2008; McKinsey & Company 2009; dan data tambahan disediakan oleh McKinsey (J. Dinkel) untuk 2030, menggunakan nilai tukar dolar terhadap euro dengan rasio \$1,25 untuk €1,00; tampilan PNNL dari Edmonds dkk. 2008, dan data tambahan disediakan oleh J. Edmonds dan L. Clarke; tampilan PIK dari Knopf dkk., akan terbit, dan data tambahan disediakan oleh B. Knopf; untuk adaptasi, semua tampilan dari Agrawala dan Fankhauser 2008, kecuali World Bank EACC (Economics of Adaptation to Climate Change) dari World Bank 2009; dan Project Catalyst 2009.

Catatan: Perkiraan adalah untuk stabilisasi gas rumah kaca pada 450 bpj CO₂e, yang akan memberikan kesempatan sebesar 40–50 persen untuk tetap berada di bawah pemanasan 2°C pada 2100.
a. Tampilan IEA merupakan rata-rata tahunan hingga 2050.

indikasi kasar biaya adaptasi, namun angka-angka ini tidaklah akurat ataupun benar-benar komprehensif. Banyak yang diturunkan dari aturan sederhana, didominasi oleh biaya investasi infrastruktur yang tahan iklim masa depan. Angka-angka ini menaksir terlalu rendah keragaman respons adaptasi dan mengabaikan perubahan perilaku, inovasi, praktik-praktik operasional, atau lokasi-lokasi aktivitas ekonomi. Angka-angka ini juga mengabaikan kebutuhan adaptasi dampak-dampak nonpasar, seperti kesehatan masyarakat dan ekosistem alami. Beberapa pilihan yang tidak disertakan dapat mengurangi tagihan adaptasi (misalnya dengan menyingkirkan investasi struktural yang

berbiaya); lainnya akan meningkatkan biayanya.⁴ Perkiraan tersebut juga mengabaikan kerusakan-kerusakan residual di luar adaptasi efektif. Upaya-upaya yang dilakukan saat ini untuk mencakup kompleksitas pengukuran biaya adaptasi dilaporkan dalam Kotak 6.1.

Perkiraan biaya adaptasi juga mengabaikan hubungan dekat antara adaptasi dan perkembangan. Walaupun sebagian besar penelitian menjelaskan hal ini, penelitian-penelitian tersebut mengukur pengeluaran ekstra untuk mengakomodasi perubahan iklim jauh di atas pengeluaran yang seharusnya dikeluarkan untuk investasi sensitif iklim, seperti pengeluaran-pengeluaran yang

KOTAK 6.1 *Pembiayaan adaptasi terhadap perubahan iklim di negara-negara berkembang*

Studi dari World Bank yang dipublikasikan pada 2009 tentang ekonomi dari adaptasi terhadap perubahan iklim memberikan perkiraan terkini dan komprehensif dari biaya adaptasi di negara-negara berkembang, mencakup studi kasus perkiraan biaya adaptasi negara dan global. Elemen kunci dari rancangan studi tersebut mencakup:

Tutupan. Sektor yang dipelajari meliputi pertanian, kehutanan, perikanan, infrastruktur, manajemen sumber daya air, dan zona pesisir, termasuk dampak pada kesehatan dan layanan ekosistem, dan efek terjadinya episode cuaca ekstrem. Infrastruktur dibagi menjadi transportasi, energi,

air dan sanitasi, komunikasi, dan infrastruktur perkotaan dan pedesaan.

Garis acuan. Perkiraan tidak memasukkan “defisit adaptasi” yang ada—perluasan sejauh mana negara-negara beradaptasi secara tidak lengkap atau tidak optimal terhadap variabilitas iklim yang ada.

Tingkat adaptasi. Untuk sebagian besar sektor, studi memperkirakan biaya memulihkan kesejahteraan ke tingkat yang akan dialami tanpa adanya perubahan iklim.

Ketidakpastian. Untuk menangkap kemungkinan hasil iklim yang ekstrem, studi menggunakan hasil

dari model sirkulasi general yang menjangkau proyeksi iklim yang paling basah dan paling kering, berdasarkan skenario IPCC A2 tentang kemungkinan jalur emisi dan sosioekonomi.

Berdasarkan elemen-elemen rancangan ini, studi sampai pada perkiraan mendasar tentang biaya adaptasi global terhadap perubahan iklim di Negara-negara berkembang sebesar \$75 hingga \$100 miliar per tahun secara rata-rata dari tahun 2010 hingga 2050.^a

Sumber: World Bank 2009.

a. Digambarkan dalam dollar konstan 2005.

mengakomodasi dampak pertumbuhan pendapatan dan populasi atau mengoreksi defisit adaptasi yang telah ada. Namun, dalam kenyataannya, membedakan pendanaan adaptasi dengan pendanaan untuk pembangunan tidaklah mudah. Investasi dalam pendidikan, kesehatan, sanitasi, dan perlindungan mata pencaharian, contohnya, merupakan pembangunan yang baik, namun juga akan membantu mengurangi kerentanan sosioekonomi terhadap faktor stres iklim maupun noniklim. Tentu saja dalam jangka pendek, bantuan pembangunan kemungkinan besar akan menjadi pengganti utama untuk menutupi defisit adaptasi, mengurangi risiko iklim, dan meningkatkan produktivitas. Namun pendanaan adaptasi yang baru juga dibutuhkan.

Dana mitigasi yang tersedia hingga kini

Untuk dekade-dekade ke depan triliunan dolar akan dihabiskan untuk meningkatkan dan mengembangkan infrastruktur energi dan transportasi dunia. Investasi-investasi besar ini memberikan suatu kesempatan untuk

mengubah ekonomi global secara pasti menuju jalur rendah karbon—namun juga meningkatkan risiko penangkapan karbon yang tinggi jika kesempatan tersebut dilewatkan. Seperti telah ditunjukkan bab-bab sebelumnya, investasi infrastruktur masa depan harus diarahkan ke hasil-hasil yang rendah karbon.

Baik dana publik maupun dana swasta akan dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan investasi ini. Terdapat banyak instrumen yang tersedia (Tabel 6.1). Semuanya akan memiliki peran dalam menjadi katalisator tindakan iklim, memobilisasi sumber-sumber tambahan, mengorientasi ulang aliran publik dan swasta menuju aliran investasi rendah karbon dan tahan iklim, dan menyokong penelitian, perkembangan, dan penyebaran teknologi-teknologi ramah iklim.

Sektor publik akan menyediakan sebagian besar modal terutama untuk proyek-proyek infrastruktur besar, namun sebagian besar investasi untuk menciptakan ekonomi rendah karbon—dari mesin efisien energi, mobil-mobil yang lebih bersih, hingga

energi terbarukan—akan datang dari sektor swasta. Saat ini, kurang dari 15 persen investasi global dilakukan oleh pemerintah, walaupun pemerintah sebagian besar mengendalikan investasi infrastruktur bawah yang memengaruhi kesempatan bagi produk-produk yang efisien energi.

Terdapat berbagai cara untuk mendukung investasi swasta dalam mitigasi,⁵ namun instrumen pasar yang paling terkemuka yang melibatkan negara-negara berkembang adalah Clean Development Mechanism. CDM telah memicu lebih dari 4.000 proyek pengurangan emisi yang dikenali hingga saat ini. Mekanisme serupa lainnya seperti Joint Implementation (mekanisme yang ekuivalen untuk negara-negara industri) dan pasar-pasar karbon sukarela merupakan hal-hal yang penting bagi beberapa daerah (negara-negara transisi) dan sektor (hutan) tetapi jauh lebih kecil. Di bawah CDM, aktivitas pengurangan emisi di negara-negara berkembang dapat menimbulkan “kredit karbon”—diukur terhadap patokan yang telah disetujui sebelumnya dan diverifikasi oleh entitas independen, di bawah perlindungan UNFCCC—dan memperdagangkannya di pasar karbon. Sebagai contoh, sebuah utilitas listrik Eropa bisa mendapatkan pengurangan emisi (melalui pembelian langsung atau dukungan dana) dari pabrik baja China yang sedang mengerjakan sebuah proyek efisiensi energi.

Hasil pajak pendanaan yang dihasilkan oleh CDM adalah yang paling rendah relatif terhadap jumlah uang mitigasi yang harus dikumpulkan. Namun, hasil pajak tersebut mengontribusikan sumber terbesar dana mitigasi untuk negara-negara berkembang hingga saat ini. Antara 2001, tahun pertama proyek-proyek CDM dapat didaftarkan, dan

2012, akhir periode komitmen Kyoto, CDM diharapkan dapat memproduksi sekitar 1,5 miliar ton CO₂ pengurangan emisi, sebagian besar berasal dari energi terbarukan, efisiensi energi, dan peralihan bahan bakar. Hal ini dapat meningkatkan \$18 miliar (\$15 miliar hingga \$24 miliar) hasil pajak karbon langsung bagi negara-negara berkembang, bergantung pada harga karbon (Tabel 6.3).⁶ Sebagai tambahan, tiap dollar hasil pajak karbon meningkatkan rata-rata \$4,60 pada investasi, kemungkinan sampai \$9,00 untuk beberapa proyek energi terbarukan. Diperkirakan sekitar \$95 miliar investasi energi bersih dihasilkan dari keuntungan CDM sepanjang 2002–08.

Sebagai perbandingan, Official Development Assistance untuk mitigasi mendanakan sekitar \$19 miliar pada 2002–07,⁷ dan investasi energi berkelanjutan di negara-negara berkembang totalnya sekitar \$80 miliar selama 2002–08.⁸

Donor dan institusi pendanaan internasional sedang membangun media pendanaan baru untuk meningkatkan skala dukungan mereka bagi investasi rendah karbon pada saat ini hingga 2012 (Tabel 6.4). Dana total dari inisiatif ini sebesar \$19 miliar hingga 2012, meskipun angka ini menggabungkan pendanaan mitigasi dengan adaptasi.

Pendanaan mitigasi yang tidak mencukupi saat ini terlihat jelas (Figur 6.2). Dengan menggabungkan dana donor dalam Tabel 6.4 (dan memperhitungkannya seolah-olah semuanya untuk mitigasi saja) dengan pendanaan CDM yang diproyeksikan hingga 2012 menghasilkan pendanaan mitigasi kira-kira tidak lebih dari \$37 miliar hingga 2012, atau kurang dari \$8 miliar tiap tahunnya. Angka tersebut kurang sangat jauh dari pendanaan mitigasi yang dibutuhkan di negara-

Tabel 6.3 Potensi Pengantaran CDM regional dan pendapatan karbon yang potensial (pada 2012)

Berdasarkan daerah	Juta pengurangan emisi yang pasti ^a	\$ juta	% total
Asia Timur dan Pasifik	871	10.453	58
China	786	9.431	52
Malaysia	36	437	2
Indonesia	21	252	2
Eropa dan Asia Tengah	10	119	1
Amerika Latin dan Karibia	230	2.758	15
Brazil	102	1.225	7
Meksiko	41	486	3
Chili	21	258	1
Argentina	20	238	1
Timur Tengah dan Afrika Utara	15	182	1
Asia Selatan	250	3.004	17
India	231	2.777	16
Afrika Sub-Sahara	39	464	3
Nigeria	16	191	1
Negara-negara maju	85	1.019	6
Berdasarkan pendapatan			
Pendapatan rendah	46	551	3
Nigeria	16	191	1
Pendapatan menengah bawah	1.127	13.524	75
China	786	9.431	53
Malaysia	231	2.777	16
Indonesia	21	252	2
Pendapatan menengah atas	242	2.906	16
Brazil	102	1.225	7
Meksiko	41	486	3
Malaysia	36	437	2
Chili	21	258	1
Argentina	20	238	1
Pendapatan tinggi	85	1.019	6
Republik Korea	54	653	4
Total	1.500	18.000	100

Sumber: UNEP 2008.

Catatan: Volume termasuk proyek yang ditarik dan ditolak.

a. 1 juta pengurangan emisi bersertifikat = 1 juta ton CO₂e.

negara berkembang, yaitu sebesar \$140 hingga \$175 miliar tiap tahunnya pada 2030, dan bahkan jauh lebih sedikit dari yang dibutuhkan oleh pendanaan gabungan (\$265 hingga \$565 miliar).

Pendanaan adaptasi yang tersedia hingga kini

Pendanaan untuk adaptasi mulai mengalir hanya baru-baru ini saja. Sumber utama yang tersedia untuk pendanaan adaptasi adalah donor-donor internasional, yang disalurkan melalui agensi-agensi bilateral atau melalui institusi-institusi multilateral seperti

Global Environment Facility (GEF) dan World Bank.

Dibentuknya Adaptation Fund pada Desember 2007, suatu mekanisme pendanaan dengan sumber dana independen, merupakan sebuah perkembangan yang penting. Sumber pendapatan utamanya adalah pajak retribusi 2 persen dari CDM, sebuah sumber pendanaan yang baru (dijelaskan dengan lebih rinci kemudian) yang dapat meningkat antara \$300 dan \$600 miliar pada jangka menengah, bergantung pada harga karbon.

Tanpa memperhitungkan pendanaan swasta, sebanyak \$2,2 miliar hingga \$2,5 miliar diproyeksikan akan terkumpul untuk adaptasi dari sekarang hingga 2012, bergantung pada apa yang dikumpulkan Adaptation Fund. Pendanaan adaptasi yang potensial yang sekarang tersedia kurang dari \$1 miliar tiap tahunnya, sementara seharusnya dibutuhkan pendanaan sebesar \$30 hingga \$100 miliar tiap tahunnya pada jangka menengah (lihat Tabel 6.2). Figur membandingkan pendanaan tahunan iklim yang tersedia selama 2008–12 (baik untuk mitigasi dan adaptasi, secara kasar \$10 miliar per tahun), dengan kebutuhan pendanaan jangka menengah yang diproyeksikan.

Berbagai inefisiensi dalam instrumen-instrumen pendanaan iklim yang tersedia saat ini

Inefisiensi dapat menyebabkan sesuatu yang tadinya diproyeksikan begitu besar dan mahal menjadi lebih mahal lagi. Jadi, ini merupakan kasus yang menjelaskan bahwa pendanaan iklim harus dikeluarkan dengan efisien. Terdapat tiga aspek efisiensi pendanaan iklim yang disebutkan sebagai berikut:

fragmentasi pendanaan iklim menjadi beberapa sumber dana, pembatasan pasar penggantian karbon untuk mitigasi, dan biaya potensial pajak Certified Emission Reductions (CERs) untuk mendanai Adaptation Fund.

Fragmentasi pendanaan iklim

Terdapat risiko proliferasi, dijelaskan di Tabel 6.4, tujuan khusus pendanaan iklim. Fragmentasi seperti ini mengancam mengurangi efektivitas keseluruhan dana iklim, biaya transaksi yang naik, kepemilikan negara terhambat, dan penyesuaian dengan tujuan pembangunan negara menjadi lebih sulit. Setiap sumber baru dana, baik untuk perkembangan maupun perubahan iklim, membawa biaya-biayanya sendiri. Biaya-biaya ini termasuk biaya transaksi (yang naik ketika jumlah sumber dana meningkat), alokasi yang inefisien (terutama jika dananya didefinisikan terlalu sempit), dan pembatasan peningkatan skalanya. Fragmentasi saat ini dan rendahnya tingkat sumber daya menyoroti pentingnya negosiasi yang sedang dilakukan tentang arsitektur pendanaan iklim yang sesuai untuk memobilisasi sumber daya pada skala yang ada dan untuk mengirimkannya secara efisien di seluruh wilayah jangkauan penyaluran dan instrumen.

Saat tidak ada kesejajaran antara pendanaan iklim dengan bantuan pembangunan, beberapa pembelajaran dari literatur mengenai efektivitas bantuan sangatlah relevan terhadap pendanaan iklim. Masalah mengenai efek-efek negatif dari fragmentasi bantuan terhadap efektivitas bantuan merupakan salah satu pendorong utama Deklarasi Paris tentang Efektivitas Bantuan (Paris Declaration on Aid Effectiveness). Baik donor

Tabel 6.4 Dana iklim bilateral dan multilateral baru

Dana	Jumlah total (\$ juta)	Periode
Pendanaan di bawah UNFCCC		
Strategic Priority on Adaptation	50 (A)	GEF 3–GEF 4
Least Developed Country Fund	172 (A)	Sampai Oktober 2008
Special Climate Change Fund	91 (A)	Sampai Oktober 2008
Adaptation Fund	300–600 (A)	2008–12
Inisiatif bilateral		
Cool Earth Partnership (Jepang)	10.000 (A + M)	2008–12
ETF-IW (Inggris)	1.183 (A + M)	2008–12
Climate and Forest Initiative (Norwegia)	2.250	
UNDP-Spain MDG Achievement Fund	22 (A) / 92 (M)	2007–10
GCCA (Komisi Eropa)	84 (A) / 76 (M)	2008–10
International Climate Initiative (Jerman)	200 (A) / 564 (M)	2008–12
IFCI	260 (M)	2007–12
Inisiatif multilateral		
GFDRR	15 (A) (dari \$83 juta dalam perjanjian)	2007–8
UN-REDD	35 (M)	
Carbon Partnership Facility (World Bank)	500 (M) (140 yang berkomitmen)	
Forest Carbon Partnership Facility (World Bank)	500 (M) (140 yang berkomitmen)	2008–20
Climate Investment Funds, termasuk	6.200 (A + M)	2009–12
Clean Technology Fund	4.800 (M)	
Strategic Climate Fund, termasuk	1.400 (A + M)	
Forest Investment Programme	350 (M)	
Peningkatan skala energi terbarukan	200 (M)	
Pilot Program for Climate Resilient (Program	600 (A)	
Percontohan untuk Ketahanan Iklim)		

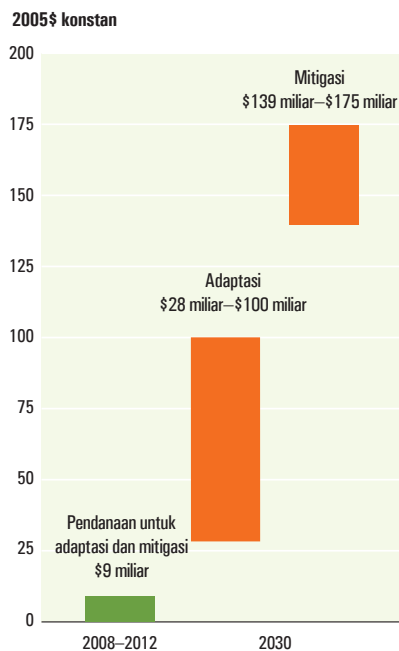
Sumber: UNFCCC 2008a ditambah pembaruan-pembaruan oleh penulis.

Catatan: Untuk beberapa inisiatif bilateral, sebagian dananya akan didistribusikan melalui inisiatif multilateral (karena beberapa anggotanya juga merupakan anggota Climate Investment Funds atau Forest Carbon Partnership Facility). Ini berakibat pada penghitungan ganda dan menimbulkan kesulitan untuk mengambil garis besar umum sumber-sumber perubahan iklim di negara-negara berkembang. Climate Investment Funds dikelola oleh World Bank dan diimplementasikan oleh semua bank pembangunan multilateral. Semua data untuk Climate Investment Funds seperti pada Juli 2009–\$250 juta dari Strategic Climate Fund telah dialokasikan pada saat itu, dan dana Scaling up Renewable Energy akan memerlukan jaminan minimum sebesar \$250 juta sebelum menjadi biaya operasional. A = pendanaan yang disediakan untuk adaptasi; M = pendanaan yang disediakan untuk mitigasi; ETF-IW = Environmental Transformation Fund-International Window; GCCA = Global Climate Change Alliance; IFCI = International Forest Carbon Initiative; UN-REDD = UN Collaborative Program on Reduced Emissions from Deforestation and forest Degradation; GFDRR = Global Facility for Disaster Reduction and Recovery. Jaminan untuk Climate and Forest Initiative (Norwegia) berada pada \$430 juta pada Juni 2009.

maupun penerima bantuan telah berkomitmen, terutama baru-baru ini di Accra Agenda for Action, untuk menjalankan pembelajaran utama mengenai kepemilikan, penyesuaian, harmonisasi, orientasi hasil, dan akuntabilitas mutual dalam aktivitas perkembangan mereka.

Deklarasi Paris mengemukakan isu-isu penting mengenai pendanaan investasi iklim di negara-negara berkembang, di mana sebagian besar diterima dan diterapkan dalam dokumen-dokumen negosiasi, seperti Rencana Aksi Bali.⁹

Figur 6.2 Jurang yang dalam: Estimasi pendanaan iklim tahunan yang diperlukan untuk jalur 2°C dibandingkan dengan sumber daya saat ini



Sumber: Untuk nilai 2030, lihat Tabel 6.2; untuk nilai 2008-2012, lihat teks.

- *Kepemilikan.* Membangun konsensus bersama bahwa perubahan iklim merupakan masalah pembangunan, pusat pembelajaran Laporan ini, akan menjadi kunci dalam membangun kepemilikan negara. Pandangan konsensus ini kemudian harus dibangun ke dalam strategi perkembangan negara.
- *Penyesuaian.* Memastikan kesesuaian antara tindakan iklim dengan prioritas negara merupakan langkah kritis kedua dalam meningkatkan efektivitas pendanaan iklim. Berpindah dari tingkat proyek ke tingkat sektor dan program dapat memfasilitasi proses ini. Perkiraan dan keberlanjutan dana merupakan aspek utama lainnya dari penyesuaian. Menghentikan dan menjalankan kembali program-program tindakan iklim, yang didorong oleh dana yang berubah-ubah, akan mengurangi efektivitas keseluruhan.

- *Harmonisasi.* Jika berbagai dana iklim memiliki tujuan yang divergen, fragmentasi pendanaan iklim ini akan mendatangkan tantangan yang besar untuk mengharmoniskan sumber-sumber yang berbeda dan mengeksplorasi sinergi antara pendanaan adaptasi, mitigasi, dan pembangunan.
- *Hasil.* Hasil agenda tindakan iklim tidak berbeda secara substansial dengan domain perkembangan lainnya. Merancang dan menerapkan indikator hasil yang berarti akan menjadi kunci untuk mempertahankan dukungan publik terhadap pendanaan iklim dan membangun rasa kepemilikan negara atas tindakan iklim.
- *Akuntabilitas bersama.* Kemajuan yang lemah menuju sasaran Kyoto yang terjadi di banyak negara maju menyebabkan akuntabilitas mereka demi tindakan iklim menjadi sorotan. Bagian penting dari perjanjian global manapun pada perubahan iklim haruslah pada kerangka kerja akuntabilitas yang melingkupi tindakan negara-negara berpendapatan tinggi dalam menyediakan pendanaan iklim, dan tindakan negara-negara berkembang dan penggunaan pendanaan iklim, seperti diputuskan dalam Rencana Aksi Bali. Di balik sumber yang berkelanjutan, pengawasan dan pelaporan aliran dana iklim dan verifikasi hasil merupakan topik utama dari negosiasi iklim yang saat ini terus berjalan.

Selain dari sumber-sumber pendanaan, terdapat pertanyaan penting mengenai apa yang harus didanai oleh dana investasi iklim dan modalitas pendanaan yang bersangkutan.

Sementara beberapa investasi iklim akan berupa proyek-proyek individu—pembangkit listrik rendah karbon, contohnya—efisiensi dapat, dalam banyak contoh, diperoleh dengan beralih ke tingkat sektor atau program. Untuk adaptasi, pendanaan pada tingkat negara harus dibaurkan dengan keseluruhan pendanaan perkembangan, dan tidak digunakan untuk proyek adaptasi tertentu.

Secara umum, alih-alih bersikap terlalu memberi petunjuk, pendanaan iklim dapat mencontoh pendekatan Poverty Reduction Strategy yang diimplementasikan di negara-negara berpendapatan rendah. Hal ini meminta untuk menghubungkan bantuan sumber daya yang ditargetkan untuk pengurangan kemiskinan pada strategi pengurangan kemiskinan yang disiapkan oleh negara penerima. Berdasarkan analisis kemiskinan dan definisi prioritas negara seperti telah divalidasi oleh proses keikutsertaan masyarakat sipil, strategi tersebut menjadi dasar bagi dukungan dana yang luas oleh donor-donor untuk mendanai program tindakan yang bertujuan mengurangi kemiskinan. Proyek-proyek individual menjadi minoritas daripada mayoritas. Jika negara-negara mengintegrasikan tindakan iklim ke dalam strategi perkembangan mereka, pendekatan yang serupa dengan pendanaan iklim akan mungkin dilakukan.

Inefisiensi dari Clean Development Mechanism

Instrumen utama untuk memicu mitigasi di negara-negara berkembang adalah CDM. Instrumen tersebut telah tumbuh di luar dugaan awal, memperlihatkan kemampuan pasar untuk menstimulasi pengurangan emisi, menyediakan pembelajaran yang

diperlukan, meningkatkan kesadaran, dan membangun kapasitas. Namun, instrumen tersebut mengandung beberapa inefisiensi, sehingga menimbulkan pertanyaan-pertanyaan mengenai keseluruhan proses dan efisiensinya sebagai instrumen pendanaan:

Integritas lingkungan yang dipertanyakan. Keberhasilan jangka panjang dari CDM paling baik diukur dalam kontribusinya dalam mengurangi emisi gas rumah kaca. Agar tidak mengaburkan efektivitas lingkungan dari Protokol Kyoto, pengurangan emisi CDM harus ditambahkan pada apa yang akan terjadi jika tidak ada pengurangan emisi. Tambahan yang disediakan oleh CDM tersebut telah dipertanyakan sejak dahulu.¹⁰ Tambahan proyek individual sulit untuk dibuktikan dan lebih sulit lagi untuk divalidasi, karena tolok ukurnya merupakan kenyataan kontrafaktual, yang tidak akan pernah dapat dilawan atau dibuktikan. Ketika perdebatan mengenai patokan dan tambahan masalah terus mengganggu proses CDM, telah waktunya untuk mencari pendekatan yang lebih sederhana, konservatif, dan alternatif untuk memperlihatkan tambahan. Pendekatan seperti patokan, telah terbukti hemat dan daftar positif dari aktivitas yang diinginkan harus dijelajahi lebih jauh hingga persiapan dan pengawasan proyek utama. Menilik kembali tambahan tidak hanya akan menimbulkan inefisiensi besar dalam operasi CDM, namun juga dapat membantu meningkatkan kredibilitas mekanisme tersebut.

Kontribusi yang inefisien terhadap perkembangan yang berkelanjutan. CDM diciptakan dengan dua tujuan: mitigasi global perubahan iklim dan

perkembangan yang berkelanjutan di negara-negara berkembang. Namun, CDM telah menjadi lebih efektif dalam mengurangi biaya mitigasi daripada memajukan pembangunan yang berkelanjutan.¹¹ Sebuah proyek dinyatakan berkontribusi terhadap pembangunan yang berkelanjutan jika otoritas nasional menyatakannya, mengakui keuntungan sampingan lokal yang luas yang sejalan dengan prioritas pembangunan mereka (Kotak 6.2). Sementara banyak kritik yang menerima definisi yang luas ini,¹² beberapa LSM telah menemukan kekurangan dalam penerimaan umum beberapa jenis proyek (seperti tenaga air, perkebunan minyak kelapa, dan hancurnya industri gas) dan dalam penerapannya. Tinjauan lebih dekat pada garis proyek CDM menyatakan bahwa perawatan pembangunan yang berkelanjutan dalam dokumen-dokumen proyek terlihat kasar dan tidak seimbang dan bahwa pengembang proyek hanya menampilkan masalah yang mendasar atau pemahaman mengenai konsep.

Tata kelola yang lemah dan inefisiensi operasi. CDM bersifat unik dalam meregulasi sebuah pasar yang didominasi oleh para pemain swasta melalui dewan eksekutif—umumnya komite PBB—yang menyetujui metode perhitungan dan proyek-proyek yang menciptakan aset-aset pasar. Kredibilitas CDM bergantung pada kekuatan kerangka kerja peraturannya dan kepercayaan diri sektor swasta dalam kesempatan yang disediakan mekanisme.¹³ Terdapat keluhan yang menggunung mengenai kurangnya transparansi dan perkiraan yang terus menerus terjadi dalam pengambilan keputusan dewan.¹⁴ Pada waktu yang sama, arsitektur CDM telah mulai menunjukkan tanda-tanda

kelemahan, korban keberhasilan. Terdapat keluhan yang sama mengenai penundaan tahunan dalam persetujuan metodologi¹⁵ dan penundaan waktu satu hingga dua tahun dalam penilaian proyek.¹⁶ Hal-hal ini adalah batasan-batasan signifikan terhadap pertumbuhan berkelanjutan dari CDM sebagai instrumen utama untuk mendukung upaya mitigasi di negara-negara berkembang.

Cakupan yang terbatas. Proyek-proyek CDM tidak terdistribusi merata. Sebanyak 75 persen penjualan hasil pajak berasal dari penggantian yang terus bertambah bagi Brazil, China, dan India (lihat Tabel 6.3). CDM telah sering mengabaikan negara-negara berpendapatan rendah, yang telah menerima hanya 3 persen dari hasil pajak karbonnya, sepertiganya untuk tiga proyek penyemburan gas di Nigeria. Terdapat konsentrasi yang serupa di sektor-sektor, dengan banyak tindakan tambahan terkonsentrasi di sejumlah kecil proyek-proyek industri gas. CDM belum mendukung peningkatan efisiensi apa pun dalam lingkungan terbangun dan lingkungan rumah tangga atau sistem transportasi, yang memproduksi lebih dari setengah emisi karbon global¹⁷ dan merupakan sumber emisi karbon yang paling cepat tumbuh di pasar-pasar yang sedang berkembang.¹⁸ CDM juga belum mendukung mata pencaharian yang berkelanjutan atau mengatalisasi akses energi untuk pedesaan dan perkotaan miskin.¹⁹ Tidak termasuknya emisi deforestasi dari CDM meninggalkan sumber emisi terbesar dari banyak negara berkembang tropis tetap tak terjangkau.²⁰

Kelemahan insentif diperkuat oleh ketidakpastian mengenai kelanjutan pasar. CDM belum mengalihkan

KOTAK 6.2 *Menilai keuntungan sampingan CDM*

Clean Development Mechanism menciptakan tiga kategori negara tuan rumah yang potensial akan keuntungan sampingan (selain dari aliran dana dari penjualan kredit karbon): transfer dan diseminasi teknologi, kontribusi pertumbuhan lapangan pekerjaan dan ekonomi, dan kontribusi pada pembangunan yang berkelanjutan secara lingkungan dan sosial.

Jangkauan kontribusi proyek terhadap ketiga tujuan tersebut dapat diukur dengan melihat pada dokumen rancangan proyek, yang dapat dicari kata kuncinya yang berhubungan dengan keuntungan sampingan yang berbeda-beda. Pendekatan ini digunakan oleh Haites, Maosheng, dan Seres 2006 untuk menilai keuntungan transfer teknologi dari CDM dan oleh Watson dan Fankhauser 2008 untuk menilai kontribusi pertumbuhan ekonomi dan perkembangan yang berkelanjutan.

Haites dkk. mendapati bahwa hanya sepertiga dari proyek-proyek CDM yang mengakui transfer teknologi, baik melalui perpindahan peralatan, pengetahuan, maupun keduanya. Tinjauan lebih lanjut menunjukkan bahwa proyek-proyek tersebut adalah proyek-proyek utama yang melibatkan sponsor-sponsor asing.

Hanya seperempat proyek yang dikembangkan secara unilateral oleh negara tuan rumah yang mengklaim telah mentransfer teknologi. Transfer teknologi juga dihubungkan dengan proyek yang lebih besar. Walaupun hanya sepertiga proyek yang mentransfer teknologi, proyek-proyek tersebut dihitung sebagai dua pertiga pengurangan emisi. Proyek-proyek yang dilabeli dan diproses sebagai proyek “kecil” hanya melakukan transfer teknologi sebesar 26 persen dari keseluruhan kasus.

Namun, transfer teknologi merupakan konsep yang sulit untuk didefinisikan. Bagi mitigasi transfer teknologi yang dimiliki cenderung tidak terlalu banyak dilakukan, tetapi transfer yang terjadi adalah transfer pengetahuan operasional dan manajerial mengenai bagaimana menjalankan proses tertentu. Sebuah penelitian yang secara khusus meninjau transfer teknologi yang dilindungi paten mendapatkan bahwa Protokol Kyoto tidak mempercepat aliran teknologi, meskipun protokol tersebut telah merangsang inovasi.

Watson dan Fankhauser 2008 mendapati bahwa 96 persen proyek mengaku berkontribusi pada ketahanan lingkungan dan sosial, namun sebagian besar pengakuan ini berhubungan

dengan kontribusi pertumbuhan ekonomi dan mata pencaharian, terutama ketenagakerjaan. Lebih dari 80 persen proyek mengklaim suatu dampak ketenagakerjaan, dan 23 persen berkontribusi terhadap mata pencaharian yang lebih baik. Terdapat keuntungan ketenagakerjaan yang relatif lebih rendah dari proyek industri gas (hidrofluorocarbon, perfluorocarbon, dan pengurangan nitrogen oksida—18 persen) dan proyek perubahan bahan bakar fosil (43 persen) dibandingkan dengan sektor lain di mana 71 persen proyek menyatakan manfaat pada ketenagakerjaan.

Dengan menerapkan definisi yang lebih tradisional dan lebih sempit mengenai pembangunan yang berkelanjutan, 67 persen proyek mengklaim keuntungan pelatihan atau pendidikan (menambah modal manusia), 24 persen mengurangi polusi atau memproduksi keuntungan sampingan lingkungan (menambah modal alam), dan 50 persen membawa keuntungan infrastruktur atau teknologi (menambah modal buatan manusia).

Sumber: Haites, Maosheng, dan Seres 2006; Watson dan Fankhauser 2009; Dechezlepretre dkk. 2009.

negara-negara berkembang menuju jalur pembangunan yang rendah karbon.²¹ Insentif CDM selama ini terlalu lemah untuk menangani transformasi yang diperlukan dalam ekonomi, dan tanpa itu intensitas karbon di negara-negara berkembang akan terus meningkat.²² Struktur CDM (pendekatan proyek) dan kurangnya peningkatan telah membatasinya menjadi hanya sejumlah kecil proyek. Ketidakpastian mengenai kelanjutan pasar penggantian karbon setelah 2012 juga menyebabkan efek yang parah bagi transaksi.

Efisiensi biaya pendanaan adaptasi

Sebuah sumber dana adaptasi yang penting, dan sumber hasil pajak utama

dari Adaptation Fund, adalah pajak retribusi 2 persen pada CDM, pajak yang dapat diperluas untuk memasukkan skema perdagangan lainnya, seperti Joint Implementation. Ini merupakan rute yang menjanjikan untuk mengumpulkan sumber pendanaan bagi Adaptation Fund, yang menawarkan tambahan yang jelas. Namun, hal tersebut juga mengumpulkan beberapa masalah ekonomi dasar. Mungkin keberatan yang paling penting adalah bahwa pajak CDM mengenakan pajak atas hal yang baik (pendanaan mitigasi) dan bukan atas hal yang buruk (emisi). Lebih umum, pajak retribusi mengangkat dua pertanyaan dasar:

- Apa saja cakupan pengumpulan pendanaan adaptasi tambahan

Tabel 6.5 Munculnya pajak dari pajak retribusi adaptasi pada Clean Development Mechanism (2020)

\$ jutaan

Tarif pajak	Perolehan pajak	Rugi beban mati	Beban pada negara berkembang
2 persen			
Permintaan yang dibatasi dan pasokan yang rendah	996	1	249
Permintaan yang tak dibatasi dan pasokan yang tinggi	2.003	7	1.257
10 persen			
Permintaan yang dibatasi dan pasokan yang rendah	4.946	20	869
Permintaan yang tak dibatasi dan pasokan yang tinggi	10.069	126	6.962

Sumber: Fankhauser, Martin, dan Prichard, akan terbit.

Catatan: Di bawah pengaruh permintaan yang dibatasi daerah dapat membeli hingga 20 persen dari target daerah melalui kredit; terdapat perdagangan yang benar-benar bebas dalam skenario permintaan yang tidak dibatasi. Dalam skenario rendah pasokan, CDM beroperasi pada sektor dan daerah yang sama seperti sekarang. Dalam skenario tinggi pasokan, perdagangan karbon diperluas dalam cakupan daerah dan sektor, termasuk kredit dari emisi yang berkurang dari Reduced Emissions from Deforestation and forest Degradation (walaupun, seperti dibahas, emisi yang terakhir saat ini tidak berada dalam CDM). Total volume pasar (tidak menyertakan transaksi sekunder) sekitar \$50 miliar untuk permintaan yang dibatasi, kasus rendah pasokan dan sekitar \$100 miliar untuk permintaan yang tidak dibatasi, kasus tinggi pasokan.

melalui pajak retribusi dan apa kerugiannya dalam efisiensi ekonomi (atau rugi beban mati, dalam bahasa ekonomi) yang ditimbulkan oleh pajak?

- Bagaimana beban pajak didistribusikan antara penjual (negara-negara berkembang) dengan pembeli (negara-negara maju)?

Analisis berdasarkan model GLOCAF dari pemerintah Inggris menunjukkan bahwa kemampuan sebuah skema perdagangan karbon yang dikembangkan untuk meningkatkan hasil pajak adaptasi tambahan akan bergantung pada jenis masalah iklim global yang disepakati.²³ Hasil pajak akan bervariasi bergantung pada permintaan yang diharapkan, terutama apakah permintaan akan dibatasi oleh pembatasan pengganti untuk mempromosikan tambahan domestik—dan untuk mengurangi cakupan pasokan yang diharapkan, termasuk apakah rezim mendatang dapat mengambil kredit dari deforestasi yang dihindari dan sektor-sektor dan daerah lain yang saat ini memproduksi sedikit perdagangan karbon.

Hasil pajak juga akan bergantung pada tarif pajak. Pada tarif saat ini sebesar 2 persen pajak retribusi dapat diperkirakan untuk mengumpulkan sekitar \$2 miliar tiap tahunnya pada 2020 jika permintaannya tidak dibatasi, namun akan menghasilkan kurang dari setengah jumlah tersebut jika terdapat pembatasan pembelian kredit (Tabel 6.5). Untuk mengumpulkan \$10 miliar tiap tahunnya tarif pajak akan ditingkatkan hingga 10 persen dan semua batasan pengganti harus dihilangkan. Bahkan pada tarif yang lebih tinggi ini biaya ekonomi dari pajak tersebut akan tetap kecil, terutama yang berhubungan dengan pendapatan menyeluruh dari perdagangan.

Seperti pajak-pajak lainnya, biaya pajak retribusi dibagi antara pembeli dan penjual kredit karbon bergantung pada responsivitas mereka terhadap perubahan harga (elastisitas harga pasokan dan permintaan). Dalam skenario di mana permintaan dibatasi, pembeli tidak merespons terhadap pajak. Jadi, banyak beban pajak yang dibebankan pada mereka. Namun, hal ini berubah jika batasan permintaan dihilangkan. Pada titik tersebut timbulnya pajak bergeser terhadap negara berkembang, yang harus menerima beban pajak hingga dua pertiganya agar dapat menjaga harga kreditnya tetap bersaing. Negara berkembang akan menjadi kontributor utama Adaptation Fund (melalui hasil pajak pasar karbon yang tidak jadi dilakukan). Alih-alih mentransfer dana dari negara maju ke negara berkembang, pajak retribusi CDM akan mentransfer sumber dana dari negara-negara tuan rumah CDM besar (Brazil, China, India—lihat Tabel 6.3) ke negara-negara yang rentan yang tepat untuk pendanaan adaptasi.

Meningkatkan skala pendanaan perubahan iklim

Untuk mempersempit jurang pendanaan, sumber-sumber dana haruslah terdiversifikasi, dan instrumen-instrumen yang ada harus direformasi untuk meningkatkan efisiensi dan memungkinkan peningkatan skala. Bagian ini menyoroti beberapa tantangan utama hal tersebut, yaitu:

- Mendapatkan sumber-sumber hasil pajak baru untuk mendukung adaptasi dan mitigasi oleh pemerintah nasional, organisasi internasional, dan mekanisme terdedikasi seperti Adaptation Fund.
- Meningkatkan efisiensi pasar karbon dengan reformasi CDM sebagai perantara utama untuk mempromosikan pendanaan mitigasi swasta.
- Memperluas insentif berbasis kinerja untuk penggunaan lahan, perubahan tata guna lahan, dan kehutanan untuk mengubah keseimbangan antara pendanaan publik dan swasta di daerah penting tersebut.
- Meningkatkan pendanaan sektor swasta untuk adaptasi.

Negara-negara juga harus mempertimbangkan kerangka kerja fiskal untuk tindakan iklim. Tindakan pemerintah pada mitigasi dan adaptasi iklim dapat berdampak fiskal yang penting terhadap hasil pajak, subsidi, dan aliran dana internasional. Elemen-elemen utama kerangka kerja tersebut mencakup hal-hal berikut.

Pilihan instrumen mitigasi. Pajak atau izin yang dapat diperdagangkan akan menjadi instrumen yang lebih efisien daripada peraturan, dan masing-masing dapat menghasilkan hasil pajak

fiskal yang signifikan (dengan asumsi bahwa izin-izin tersebut dilelang oleh pemerintah). Kotak 6.3 menyoroti karakteristik utama pajak karbon versus pendekatan pembatasan dan perdagangan.

Netralitas fiskal. Negara memiliki pilihan untuk menggunakan hasil pajak fiskal karbon untuk mengurangi pajak pendistorsi lainnya, yang dapat menghasilkan pertumbuhan dan kesejahteraan yang tinggi. Namun, anggaran negara berkembang biasanya memiliki hasil pajak dasar yang lemah, yang dapat mengurangi insentif untuk netralitas total fiskal.

Kesederhanaan dan biaya administratif.

Pajak karbon, karena dapat dibebankan pada isi karbon bahan bakar, menawarkan kesederhanaan pembangunan rezim pajak bahan bakar yang telah ada. Sistem pembatasan dan perdagangan dapat menghasilkan biaya administratif yang besar untuk mengalokasikan izin dan memastikan ketaatan pada peraturan.

Dampak distribusi. Instrumen harga manapun untuk mitigasi akan mempunyai dampak distribusi untuk berbagai kelompok pendapatan bergantung pada intensitas konsumsi karbonnya dan apakah mereka dipekerjakan pada sektor yang akan mengecil akibat pajak atau pembatasan karbon; dan mungkin membutuhkan penyesuaian tindakan karbon jika rumah tangga berpendapatan rendah terpengaruh dengan sangat tidak sebanding.

Koherensi kebijakan. Skema subsidi yang telah ada, terutama pada energi dan pertanian, dapat melawan balik tindakan untuk memitigasi dan mengadaptasi

KOTAK 6.3 *Pajak karbon versus pembatasan dan perdagangan*

Instrumen utama berdasarkan pasar yang digunakan untuk memitigasi iklim adalah pajak karbon dan skema pembatasan dan perdagangan. Dengan menghindari kuota tetap atau standar teknologi (instrumen peraturan yang biasa dilakukan pemerintah), instrumen-instrumen ini meninggalkan perusahaan dan rumah tangga untuk mencari sendiri biaya terendah untuk memenuhi target iklimnya.

Suatu pajak karbon adalah sebuah instrumen harga dan biasanya bekerja dengan membebankan pajak atas isi karbon input bahan bakar, sehingga menciptakan sebuah insentif untuk beralih ke bahan bakar rendah karbon atau bahan bakar yang lebih efisien. Namun, karena pemerintah tidak mempunyai informasi yang sempurna mengenai biaya perubahan bahan bakar atau peningkatan efisiensi energi, terdapat ketidakpastian mengenai seberapa banyak tambahan yang akan timbul untuk suatu tingkat pajak. Jika pemerintah memiliki pembatasan iklim di bawah perjanjian global, maka pembatasan tersebut mungkin memerlukan penyesuaian tarif pajak secara berulang supaya emisi tetap terjaga di bawah batasannya.

Dalam skema pembatasan dan perdagangan, pemerintah mengeluarkan izin

emisi untuk mewakili suatu hal legal untuk mengemisikan karbon—izin-izin ini dengan bebas diperdagangkan antarpeserta skema. Oleh karena perusahaan-perusahaan dan sektor-sektor akan berbeda dalam hal biaya marginal perubahan bahan bakar atau efisiensi energinya, potensi untuk mendapatkan hasil dari perdagangan mungkin saja ada. Sebagai contoh, jika suatu perusahaan memiliki biaya marginal yang tinggi untuk mitigasi, sedangkan perusahaan lain biayanya rendah, maka perusahaan dengan biaya yang rendah dapat menjual izinnya pada harga di atas biaya marginal mitigasinya, mengurangi emisinya, dan mendapatkan keuntungan—dan selama harga izin berada di bawah biaya mitigasi marginal pembeli, maka hal ini merupakan perdagangan yang menguntungkan juga bagi pembeli. Oleh karena pembatasan dan perdagangan merupakan instrumen kuantitatif, terdapat kepastian yang tinggi bahwa suatu negara akan tetap di bawah batasan ini (dengan mengasumsikan bahwa pemaksanya efektif), namun mungkin terdapat ketidakpastian yang bersesuaian mengenai stabilitas harga izin (lihat di bawah ini).

Kedua instrumen tersebut memiliki perbedaan yang penting:

Efisiensi

Oleh karena informasi yang tidak sempurna mengenai biaya mitigasi, terdapat risiko pada instrumen pasar manapun mengenai terlalu banyak atau sedikitnya pengurangan emisi, menimbulkan kerusakan atau biaya tambahan. Akibatnya, sebuah hasil yang terkenal dari Weitzman menunjukkan bahwa ketidakpastian bergantung pada kemiringan relatif kerusakan dan fungsi biaya tambahan. Hal ini berarti dalam kasus perubahan iklim belum jelas karena bentuk fungsi kerusakan sangat tidak pasti. Walaupun demikian, karena gas rumah kaca merupakan polutan simpanan, beberapa berargumen bahwa, dalam jangka pendek, kerusakan mungkin akan terjadi secara konstan per ton marginal, yang akan menghasilkan pajak.

Volatilitas harga

Sementara pembatasan dan perdagangan memberikan kepastian mengenai jumlah emisi, hal itu dapat menimbulkan ketidakpastian mengenai harga. Sebagai contoh, jika terdapat perubahan siklus bisnis atau pada harga relatif bahan bakar rendah karbon dan tinggi karbon, maka hal tersebut akan secara langsung memengaruhi harga izin. Volatilitas harga tidak

(Bersambung)

perubahan iklim. Subsidi barang-barang yang akan menjadi lebih langka akibat perubahan iklim, seperti air, juga berisiko melawan balik.

Kotak 6.4 menyoroti upaya-upaya Menteri Keuangan Indonesia untuk memasukkan masalah iklim ke seluruh kebijakan makroekonomi dan fiskal.

Mendapatkan sumber dana baru untuk adaptasi dan mitigasi

Institusi publik—pemerintah nasional, organisasi internasional, dan mekanisme pendanaan resmi dari UNFCCC—merupakan beberapa pendorong utama bagi pembangunan yang cerdas iklim. Sejauh ini mereka bergantung hampir seluruhnya pada hasil pajak pemerintah

untuk mendanai aktivitasnya. Namun, kecil kemungkinannya bahwa peningkatan biaya perubahan iklim menjadi puluhan miliar dolar dapat tertutupi seluruhnya oleh kontribusi pemerintah. Walaupun dana tambahan akan bermunculan, pengalaman dengan bantuan pembangunan menunjukkan bahwa terdapat batasan pada dana dari donor tradisional yang dapat dikumpulkan. Terlebih lagi, terdapat suatu kekhawatiran dari negara-negara berkembang mengenai kontribusi dari negara-negara maju yang mungkin tidak cukup menambah bantuan pembangunan yang telah ada.

Maka sumber-sumber dana lain harus dicari, dan terdapat beberapa

KOTAK 6.3 *Lanjutan*

saja mempersulit rencana strategi tambahan, tetapi juga mengurangi insentif investasi dalam penelitian dan pengembangan teknologi tambahan baru. Perbankan dan pinjaman dari tunjangan merupakan dua mekanisme sederhana yang dapat membantu mengurangi volatilitas harga.

Mendaur ulang hasil pajak

Suatu pajak karbon merupakan sumber langsung hasil pajak fiskal, dan pemerintah memiliki pilihan untuk menggunakan pajak untuk mendanai pengeluaran atau mendaur ulang hasil pajak dengan menurunkan atau menghilangkan pajak-pajak lain. Jika pendaurulangan meningkatkan efisiensi keseluruhan sistem pajak, maka terdapat “dividen ganda”—namun, dividen ganda ini tidaklah terjamin jika pajak karbon itu sendiri memperburuk inefisiensi yang telah ada dalam sistem pajak. Jika izin emisi dilelang oleh pemerintah, maka hal ini juga akan menjadi sumber hasil pajak fiskal.

Ekonomi politik

Oleh karena dunia memiliki anggaran karbon yang tetap untuk target iklim apa pun, kepastian yang bersesuaian dengan instrumen kuantitatif

dapat sangat menarik bagi beberapa kelompok. Dan semua orang tidak menyukai pajak, baik perusahaan maupun individu. Alasan ini mungkin menguntungkan bagi pembatasan dan perdagangan, namun menghindari pajak juga berarti bahwa perusahaan akan menolak pelelangan dari izin-izin, dan lebih memilih untuk memperjuangkan alokasi izin gratis. Secara umum, proses alokasi izin, jika tidak dilakukan melalui lelang, akan berakibat pada pengupayaan sewa dan berpotensi menimbulkan perilaku korupsi.

Efisiensi administratif

Biaya untuk mengadministrasi kebijakan iklim dan modal institusional dan manusia yang diperlukan merupakan pertimbangan penting di negara berkembang. Pajak isi karbon bahan bakar secara potensi sangatlah efektif dari segi biaya, karena dapat ikut dalam sistem administrasi yang telah ada untuk membebaskan pajak atas bahan bakar. Sebaliknya, mengadakan lelang dan pasar perdagangan untuk izin dapat menjadi sangat rumit, dan diperlukan seorang regulator untuk mengawasi jalannya pasar oleh peserta. Sebagai tambahan, sistem izin akan memerlukan pengawasan dan penguatan

yang lebih pada tingkat pemancar individu, sedangkan ini dapat berpotensi dilakukan dengan lebih murah pada tingkat grosir bahan bakar untuk pajak karbon.

Pajak karbon dan pembatasan dan perdagangan tidak perlu eksklusif. Uni Eropa telah memilih perdagangan emisi untuk mengatasi emisi dari sumber yang besar (utilitas, produksi panas, fasilitas industri intensif energi, dan penerbangan, untuk dilakukan secara bertahap pada 2011), mencakup sekitar 40 persen emisi Uni Eropa. Instrumen lainnya (termasuk pajak karbon di beberapa negara Eropa) membidik emisi dari sektor lain, khususnya permukiman dan pelayanan, transportasi, pengelolaan limbah, dan pertanian. Sebaliknya, pembatasan dan perdagangan di Australia dan Amerika Serikat sedang berkembang sebagai instrumen utama untuk meregulasi emisi gas rumah kaca secara ekonomi (dengan serangkaian kebijakan dan pengukuran, seperti standar portofolio energi terbarukan).

Sumber: Bovenberg dan Goulder 1996; Weitzman 1974; Aldy, Ley, dan Parry 2008; Newell dan Pizer 2000.

proposal, khususnya untuk adaptasi:

Pajak karbon yang terkoordinasi secara internasional

Proposal untuk pajak retribusi karbon yang diatur secara nasional namun ditarik secara global memiliki daya tarik bahwa basis pajaknya akan luas dan aliran hasil pajaknya cukup aman. Terlebih lagi, tidak seperti pajak retribusi CDM, pajak tersebut akan ditujukan pada emisi, dan bukan pengurangan emisi. Alih-alih mengenakan rugi beban mati, pajak tersebut akan memiliki efek korektif yang diinginkan dan menguntungkan. Kerugian utamanya adalah suatu pajak yang dikoordinasi secara internasional dapat mengganggu

otoritas pajak pada pemerintah yang berkuasa. Maka dari itu, mendapatkan konsensus internasional untuk pilihan ini akan sulit.

Pajak atas emisi dari transportasi internasional.

Pajak yang lebih terfokus pada penerbangan atau pengiriman internasional akan memiliki kelebihan membidik dua sektor yang selama ini tidak pernah menjadi subjek peraturan karbon dan memiliki emisi yang tumbuh cepat. Sifat internasional dari sektor tersebut mungkin akan membuat pajak tersebut lebih menarik bagi para menteri keuangan nasional, dan basis pajaknya akan cukup besar untuk

KOTAK 6.4 *Komitmen Menteri Keuangan Indonesia terhadap permasalahan perubahan iklim*

Menteri Keuangan Indonesia menyadari bahwa bermitigasi dan beradaptasi terhadap perubahan iklim memerlukan pengelolaan makroekonomi, rencana kebijakan fiskal, alternatif kenaikan pajak, pasar asuransi, dan pilihan investasi jangka panjang. Dengan pembangunan sebagai prioritas, Indonesia mencoba menyeimbangkan tujuan ekonomi, sosial, dan lingkungan. Negara dapat memperoleh keuntungan dari investasi pada pembangunan dengan teknologi ramah iklim untuk jalur pertumbuhan yang lebih bersih dan lebih efisien. Keuntungannya mencakup potensi pembayaran dari pasar karbon untuk pengurangan emisi yang dicapai dari jalur energi bersih atau dari pengurangan tingkat deforestasi tahunan. Menteri Keuangan akan memainkan peranan penting dalam pendanaan, pembangunan, dan implementasi program-program dan kebijakan-kebijakan perubahan iklim. Untuk memobilisasi kebutuhan pendanaan, Indonesia memvisualisasikan

campuran mekanisme yang dipasangkan dengan kebijakan nasional yang terintegrasi, kerangka kerja yang kuat, dan insentif jangka panjang untuk menarik investasi.

Keunggulan komparatif Menteri Keuangan adalah dalam mempertimbangkan keputusan alokasi dan insentif yang memengaruhi perekonomian secara keseluruhan, dalam mengelola peluang pendanaan iklim, menteri mengakui pentingnya kepercayaan donor dan investor dalam pendekatan dan institusinya. Kesadaran bahwa donor dana—baik dana hibah maupun pinjaman lunak—akan selalu relatif lebih kecil untuk investasi swasta di sektor energi dan pembangunan, infrastruktur, dan perumahan, Indonesia akan terus memerlukan kebijakan-kebijakan dan investasi-investasi yang baik untuk menarik dan memengaruhi investasi swasta untuk menuju pembangunan yang berkelanjutan dan keluaran rendah karbon.

Indonesia telah mengambil langkah untuk merasionalisasi penetapan harga pada energi dengan mengurangi subsidi bahan bakar fosil pada 2005 dan 2008, untuk mengurangi deforestasi melalui perbaikan program-program pelaksanaan dan pemantauan, dan menyediakan insentif untuk impor dan instalasi peralatan pengendali polusi melalui pembatasan pajak. Kementerian Perencanaan Keuangan dan Pembangunan telah menyusun cetak biru nasional dan prioritas dana untuk mengintegrasikan perubahan iklim ke dalam proses pembangunan nasional. Menteri Keuangan menelaah kebijakan-kebijakan fiskal dan finansial untuk menstimulasi investasi ramah iklim, perubahan menuju pilihan energi rendah karbon termasuk energi terbarukan dan panas bumi, dan memperbaiki insentif fiskal di sektor kehutanan.

Sumber: Menteri Keuangan (Indonesia) 2008.

dapat mengumpulkan jumlah uang yang banyak. Namun, tata kelola global dari sektor-sektornya rumit, dengan kekuatan yang besar terletak di tangan badan-badan internasional, seperti International Maritime Organization. Jadi hambatan-hambatan administratif untuk menerapkan pajak tersebut juga akan besar.

Melelang assigned amount unit. Komitmen pengurangan emisi dari para peserta Protokol Kyoto dinyatakan dalam *assigned amount unit* (AAU)—jumlah karbon yang boleh diemisikan oleh suatu negara. Sebuah pendekatan inovatif yang dijalankan awalnya oleh Norwegia akan menyisakan sebagian dari alokasi AAU masing-masing negara dan melelangnya kepada penawar tertinggi. Artinya, negara yang ingin meringankan batasan karbonnya akan membayar dana adaptasi dengan membeli AAU.

Lelang hasil pajak domestik. Pendapatan lelang hasil pajak bergantung pada asumsi bahwa sebagian besar negara maju akan segera memiliki skema pembatasan dan perdagangan yang cukup komprehensif, dan bahwa sebagian besar izin yang dikeluarkan dalam skema tersebut akan dilelang alih-alih diberikan secara gratis. Dengan skema yang telah dipraktikkan di semua negara berkembang, hal ini merupakan perkiraan yang masuk akal. Namun, pendapatan lelang hasil pajak akan mengganggu otonomi fiskal pemerintah nasional sama seperti pajak karbon yang terkoordinasi secara internasional dan mungkin akan sulit juga untuk diimplementasikan.

Masing-masing pilihan ini memiliki kelebihan dan kerugiannya sendiri.²⁴ Hal yang penting adalah pilihan yang dipilih harus menyediakan aliran hasil pajak yang aman, tetap, dan dapat diprediksi dengan ukuran yang memadai. Hal ini berarti bahwa pendanaan harus berasal

dari gabungan sumber-sumber. Tabel 6.6 menyajikan jangkauan sumber-sumber keuangan potensial seperti yang diajukan oleh negara-negara maju dan berkembang.

Dalam jangka pendek beberapa dorongan mungkin juga datang dari upaya-upaya internasional untuk mengatasi jatuhnya ekonomi saat ini dan memulai lagi ekonomi melalui stimulus fiskal.²⁵ Secara global, lebih dari \$2 triliun telah dianggarkan untuk berbagai paket fiskal, di antaranya paket AS sebesar \$800 miliar dan rencana China sebesar \$600 miliar. Sebanyak 12 persen dari dana tersebut, atau sekitar \$400 miliar, merupakan investasi hijau dalam efisiensi energi dan energi terbarukan, dan juga, dalam rencana China, untuk adaptasi.²⁶ Diwujudkan selama 12–18 bulan ke depan, investasi-investasi tersebut dapat mengubah dunia menuju masa depan rendah karbon. Pada waktu yang sama, paket-paket tersebut, berdasarkan sifatnya sendiri, diarahkan untuk merangsang aktivitas domestik. Efeknya pada pendanaan iklim internasional bagi negara-negara berkembang, betapa pun hebatnya, akan tidak langsung.

Memerlukan lebih dari dana: Solusi pasar adalah hal yang penting tetapi diperlukan alat-alat kebijakan tambahan

Dengan lebih banyak inisiatif nasional atau internasional yang menjelajahi perdagangan emisi, pasar karbon akan secara signifikan memicu dan secara finansial mendukung berbagai transformasi pola investasi dan gaya hidup yang diperlukan. Melalui penyesuaian pembelian di negara-negara berkembang, sistem pembatasan dan perdagangan juga dapat memfasilitasi investasi karbon yang lebih rendah di negara-negara berkembang. Pasar karbon juga memberikan dorongan penting untuk mencari solusi yang efisien untuk permasalahan iklim.

Lebih jauh, penstabilan suhu memerlukan upaya mitigasi global. Pada saat itu, karbon akan mempunyai harga yang mendunia dan akan diperdagangkan, dikenai pajak, atau diregulasikan di semua negara. Setelah harga karbon yang efisien diterapkan, kekuatan pasar akan mengarahkan sebagai besar keputusan konsumsi dan investasi menuju pilihan-pilihan rendah karbon. Dengan

Tabel 6.6 Sumber-sumber potensial untuk dana adaptasi

Proposal	Sumber dana	Catatan	Dana tahunan (\$ miliar)
Grup 77 dan China	0,25–0,5 persen PDB Pihak-pihak Annex I	Dihitung untuk PDB 2007	201–402
Swiss	\$2 per ton CO ₂ dengan basis pajak 1,5 ton CO ₂ e per penduduk	Tahunan (didasarkan pada proyeksi 2012)	18,4
Norwegia	Pelelangan 2 persen AAU	Tahunan	15–25
Meksiko	Kontribusi berdasarkan PDB, GHG dan populasi dan kemungkinan pelelangan izin di negara-negara maju	Tahunan, peningkatan sesuai peningkatan GDP dan emisi	10
Uni Eropa	Melanjutkan pajak retribusi 2 persen pada bagian kemajuan CDM	Dari permintaan rendah sampai tinggi pada 2020	0,2–0,68
Bangladesh, Pakistan	3-5 persen pajak retribusi pada bagian kemajuan CDM	Dari permintaan rendah sampai tinggi pada 2020	0,3–1,7
Kolombia, negara terbelakang	2 persen pajak retribusi pada bagian kemajuan dari Joint Implementation dan perdagangan emisi	Tahunan, setelah 2012	0,03–2,2,5
Negara terbelakang	Pajak retribusi penerbangan internasional (IATAL)	Tahunan	4–10
Negara terbelakang	Pajak retribusi bahan bakar buker (IMERS)	Tahunan	4–15
Tuvalu	Pelelangan pertukaran untuk penerbangan internasional dan emisi lautan	Tahunan	28

Sumber: UNFCCC 2008a.

Catatan: AAU: assigned amount unit; IATAL: international air travel adaptation levy; IMERS: international maritime emission reduction scheme. Pihak-pihak Annex I termasuk Negara-negara berpendapatan tinggi yang menjadi anggota OECD pada 1992, ditambah negara-negara yang ekonominya berada pada masa transisi. Negara-negara Annex I telah berkomitmen di antara mereka sendiri secara spesifik pada tujuan pengembalian secara individual atau gabungan.

cakupan global banyak komplikasi yang memengaruhi pasar karbon saat ini—penambahan, kebocoran, persaingan, skala—akan hilang. Saat ini masalah-masalah tersebut sangatlah besar, namun dalam mengatasinya, kebutuhan transisi yang mulus menuju pasar karbon global tidak boleh dilupakan. Akan tetapi, beberapa kegagalan pasar akan tetap ada, dan pemerintah akan harus mengintervensi untuk menanganinya.

Keputusan-keputusan yang membantu memunculkan harga karbon jangka panjang, dapat diperkirakan, dan memadai sangatlah diperlukan untuk mitigasi yang efektif, namun seperti diperlihatkan dalam Bab 4 hal ini tidaklah cukup. Beberapa aktivitas, seperti penelitian dan pengembangan atau peningkatan efisiensi energi, dihalangi oleh kegagalan pasar atau kegagalan regulasi; lainnya seperti perencanaan kota, tidak secara langsung sensitif harga. Sektor kehutanan dan pertanian menghadirkan potensi tambahan yang signifikan untuk pengurangan dan pengalihan emisi di negara-negara berkembang, namun terlalu rumit, dengan masalah sosial yang berbelit-belit, untuk dapat bergantung sepenuhnya pada insentif-insentif pasar. Beberapa tindakan iklim akan memerlukan pendanaan pelengkap dan intervensi kebijakan—sebagai contoh, untuk mengatasi batasan efisiensi energi, mengurangi risiko, meluaskan dana domestik dan pasar modal, dan mempercepat difusi teknologi ramah iklim.

Meningkatkan skala dan efisiensi pasar karbon

Hilangnya kontinuitas pasar setelah lewat 2012 merupakan risiko terbesar bagi momentum pasar karbon saat ini, yang disebabkan oleh peraturan. Ketidakpastian yang besar tetap ada

mengenai keberadaan pasar karbon global setelah 2012, dengan pertanyaan mengenai ambisi target mitigasinya, permintaan yang muncul untuk kredit karbon, derajat keterkaitan antara berbagai skema perdagangan, dan peran penyesuaian pada berbagai rezim yang sudah ada maupun akan datang. Mendefinisikan tujuan mitigasi global untuk 2050 yang didukung oleh target-target perantara (yang harus disetujui oleh proses UNFCCC) akan menyediakan sinyal-sinyal harga karbon jangka panjang dan kepastian bagi sektor swasta seiring keputusan investasi utama dengan dampak jangka panjang pada jalur-jalur emisi telah diambil alih untuk tahun-tahun mendatang.

Tahap selanjutnya dalam membangun pasar karbon global adalah harus meletakkan negara-negara maju pada jalur rendah karbon dan menyediakan sumber dana yang diperlukan untuk membantu transisi negara-negara berkembang pada jalur pembangunan rendah karbon. Salah satu tantangan perjanjian iklim adalah mendefinisikan kerangka kerja yang mendukung dan mempromosikan transformasi ini dan memfasilitasi transisi menuju sistem yang lebih komprehensif, di mana terdapat lebih banyak negara yang memiliki target pengurangan emisi. Seperti dibahas di Bab 5, proses penggabungan secara bertahap dapat dicanangkan, dengan transisi menuju langkah-langkah yang lebih keras, bergantung pada tanggung jawab dan kapasitas: mengadopsi kebijakan ramah iklim (tahap di mana banyak negara berkembang telah mencapainya), membatasi pertumbuhan emisi, dan mengatur target pengurangan emisi. Untuk mendukung kemajuan bertahap ini, telah diajukan berbagai model yang menggunakan pendanaan karbon.²⁷

Namun, permintaan untuk penyesuaian internasional dari negara-negara Annex I kemungkinan akan tetap ada selama beberapa waktu, jauh di bawah apa yang diperlukan untuk memberikan penghargaan atas semua pencapaian mitigasi di negara-negara berkembang sambil secara bersamaan menjaga harga karbon yang cukup tinggi. Mencanangkan target yang lebih ambisius bagi negara-negara Annex I²⁸ akan menciptakan insentif untuk kerja sama yang lebih besar dengan negara-negara berkembang dalam meningkatkan skala mitigasi, asalkan terdapat cukup pasokan penyesuaian pada skala tersebut.

Perhatian mengenai efektivitas dan efisiensi CDM telah memicu berbagai proposal mengenai bagaimana cara untuk meningkatkan, memperluas, atau mengubah mekanismenya. Secara luas, proposal-proposal ini dapat diatur untuk dua jenis saran. Salah satu jalurnya adalah mengincar CDM dan membuatnya lebih tepat untuk pertumbuhan pasar yang didominasi sektor swasta dengan meningkatkan efisiensi dan pengelolaan pada siklus proyek dan juga mengurangi biaya transaksi. Cara lainnya adalah dengan meningkatkan skala dampak transformasi CDM dan pendanaan karbon di atas batas cakupan pendekatan proyek, dengan berfokus pada jalur investasi dan memengaruhi tren emisi.

Mungkin tidaklah realistis untuk mencapai lebih dari perubahan secara bertahap bagi CDM pada 2012. Beberapa praktisi menuntut peningkatan besar. Namun, banyak negara yang masih mempelajari instrumen dan proyek pertamanya baru saja masuk beberapa bulan yang lalu. Dan yang lainnya fokus pada perjanjian dan alat-alat untuk meningkatkan skala mitigasi pasca-2012. Terdapat sedikit atau tidak sama sekali

ruang politik untuk melakukan revisi utama CDM secepatnya sebelum 2012, diperparah dengan fakta bahwa negara-negara berkembang telah berdebat bahwa sebagian besar revisi tersebut akan memerlukan amandemen Protokol Kyoto. Jadi, untuk langkah-langkah untuk evolusi yang memungkinkan, mungkin dapat membantu dengan membedakan dua tingkat peningkatan atau perubahan CDM saat ini, yang akan menghasilkan dua mekanisme pendanaan, beroperasi saling sejajar dan saling melengkapi dengan mekanisme nonpasar yang didanai oleh sumber publik.

CDM berdasarkan aktivitas. Terdapat alasan untuk melanjutkan operasi CDM berdasarkan aktivitas berdasarkan peraturan-peraturan yang telah ada, dengan beberapa peningkatan yang direncanakan. Dalam sistem ini, garis acuan dan penambahan ditentukan untuk aktivitas proyek individu, dan aturannya dibuat untuk membedakan dan menghargai upaya individu yang lebih baik daripada normanya (alih-alih mempromosikan norma yang lebih baik). Sebagian besar instalasi menengah hingga besar di negara-negara kecil dapat secara efektif diajukan sebagai proyek CDM individu, dan teknologi mikro seperti bohlam dan kompor sekarang dapat didaftarkan sebagai program aktivitas yang diatur di bawah CDM saat ini (sehingga memotong biaya-biaya transaksi melalui agregasi). Hanya sedikit negara kecil atau terbelakang yang memiliki kemampuan institusional untuk mengembangkan skema penghitungan gas rumah kaca yang rumit, dan mereka menghadapi lebih banyak tantangan pembangunan, bagaimanapun juga. Ini berarti bahwa beberapa negara berkembang, mungkin

sebagian besar, tidak perlu aturan lain untuk memasok potensi mitigasi mereka ke dalam pasar.

Peningkatan-peningkatan administratif yang utama akan membidik, misalnya, peningkatan kualitas, relevansi dan konsistensi dari aliran informasi di dalam komunitas CDM; pemberlakuan staf profesional penuh waktu untuk Dewan Eksekutif CDM dan pertimbangan mengenai bagaimana membuatnya lebih merepresentasikan para praktisi; dan pengembangan cara-cara untuk meningkatkan akuntabilitas prosesnya, yang secara potensial melibatkan mekanisme naik banding untuk menyediakan kesempatan bagi para peserta proyek untuk melakukan banding kepada Dewan Eksekutif. Secara bersamaan, negara-negara perlu menciptakan lingkungan bisnis yang kondusif bagi investasi rendah karbon secara umum.

Mekanisme pasar yang mengubah tren.

Mekanisme baru ini akan mengupayakan untuk mengurangi tren emisi jangka panjang secara lebih kuat lagi. Diatur di dalam atau di luar CDM saat ini, mekanisme tersebut akan mendukung penerapan perubahan-perubahan kebijakan yang menempatkan negara-negara berkembang pada jalur rendah karbon. Mekanisme tersebut akan mengenali dan mempromosikan pengurangan emisi yang dicapai dengan mengadopsi kebijakan atau program tertentu yang berujung pada pengurangan emisi di banyak sumber. Dapat diperdebatkan bahwa suatu CDM yang programatik adalah langkah pertama ke arah ini, yang memungkinkan agregasi dari banyak sekali aktivitas yang serupa yang diakibatkan oleh penerapan suatu kebijakan pada seluruh ruang dan waktu. Proposal untuk mendukung suatu

pergeseran sektoral dapat diklasifikasikan ke dalam dua kelompok besar: kelompok yang berasal dari perjanjian antara industri-industri yang beroperasi di sektor yang sama tetapi terletak di negara yang berbeda; dan kelompok yang berevolusi dari keputusan pemerintah nasional untuk menerapkan suatu kebijakan atau program tertentu.

Telah muncul banyak pemikiran mengenai bagaimana CDM dan pendanaan karbon dapat mendukung kebijakan ramah iklim di negara-negara berkembang. Pilihan-pilihan yang diajukan semuanya mempertimbangkan suatu mekanisme pendanaan karbon yang menghargai hasil kebijakan yang terukur (dalam emisi yang berkurang). Berbagai variasi yang berkaitan dengan kebijakan dan komitmen negara di bawah perjanjian internasional (yang wajib atau fleksibel), skala geografis (regional atau nasional), atau cakupan sektoral (sektoral atau lintas sektoral). Di antara pilihan-pilihan ini, sasaran sektoral “no-lose”, di mana suatu negara dapat menjual kredit karbon untuk pengurangan surplus apa pun yang melebihi acuan yang telah disepakati sebelumnya (dalam kondisi bisnis-seperti-biasanya) tetapi tidak dihukum karena tidak mencapai acuan tersebut, telah menarik banyak perhatian. Mekanisme seperti itu akan diadaptasikan ke negara berkembang yang lebih besar yang membutuhkan peningkatan skala yang signifikan dari investasi sektor swastanya—di atas jangkauan CDM saat ini—sejalan dengan prioritas-prioritas pembangunan berkelanjutan.

Menciptakan insentif pendanaan untuk REDD

Masalah khusus negara berkembang adalah kurangnya insentif pendanaan untuk Reduced Emissions from

Deforestation and forest Degradation (REDD). Pada tahun 2005, hampir seperempat emisi di negara berkembang berasal dari perubahan tata guna lahan dan kehutanan, jadi hal ini merupakan pengecualian yang substansial. Akan tetapi penggunaan lahan, perubahan tata guna lahan, dan kehutanan telah menjadi problematika dan subjek dalam negosiasi iklim. Terdapat perlawanan kuat terhadap diikutkannya hal-hal ini ke dalam Protokol Kyoto. Akibatnya, hanya aforestasi dan reforestasi yang diizinkan di dalam CDM, namun European Union Emission Trading Scheme mengecualikan hal-hal tersebut.

Perhatian awal terhadap REDD difokuskan pada negara-negara yang mengalami deforestasi (Tabel 6.7). Namun, negara-negara yang memiliki hutan yang luas hanya memiliki sedikit deforestasi, dan negara-negara tersebut mencari dukungan untuk mengelola dan menjaga ketahanan hutannya, terutama jika aktivitas REDD di negara lain mengubah ekspansi pertanian dan penebangan pohon melewati batas nasional (kebocoran). Negara-negara yang lain telah memiliki kebijakan dan peraturan untuk menjaga hutannya di bawah suatu pengelolaan berkelanjutan, dan negara-negara tersebut mencari pengakuan atas upayanya mengurangi emisi melalui solusi berbasis pasar yang serupa dengan pembayaran layanan lingkungan. Seperti yang telah dibahas di Bab 3, melestarikan karbon tanah (lihat Kotak 6.5) melalui mekanisme berbasis kinerja juga mulai menarik perhatian, namun pembahasannya masih pada tahapan dini jika dibandingkan pembahasan REDD.

REDD menyentuh pada semua kelompok dan sasaran-sasaran sosial lainnya, terkadang dengan campuran dampak potensial yang positif dan

Tabel 6.7 Inisiatif nasional dan multilateral untuk mengurangi deforestasi dan degradasi

Inisiatif	Total perkiraan dana (juta dollar)	Periode
International Forest Carbon Initiative (Australia)	160	2007–12
Climate and Forest Initiative (Norwegia)	2.250	2008–12
Forest Carbon Partnership Facility (World Bank)	300	2008–18
Forest Investment Program (bagian dari Climate Investment Funds)	350	2009–12
UN-REDD	350	2009–12
Amazon Fund	35	2008–12
Congo Basin Forest Fund	200	Tidak pasti

Sumber: UNFCCC 2008b.

Catatan: Nama dalam kurung adalah negara atau institusi yang memenangkan proposal.

negatifnya. REDD dapat menyediakan sumber pendapatan baru bagi penduduk pedalaman, namun mereka berhak khawatir bahwa mekanisme REDD kemungkinan akan digunakan untuk mengancam hak mereka untuk mengakses dan menggunakan lahan-lahan tradisional. REDD dapat menyediakan sumber-sumber untuk membuat daerah-daerah dengan keragaman hayati yang tinggi lebih terlindung, namun juga dapat memindahkan aktivitas penebangan pohon dan pembukaan lahan melintasi batas-batas internasional ke daerah-daerah dengan keragaman hayati yang tinggi.

Telah diakui secara umum bahwa sebelum negara-negara hutan dapat menerima insentif finansial untuk REDD, negara-negara tersebut harus membangun elemen-elemen dalam bidang kebijakan, hukum, institusional, dan teknis—ini disebut kesiapan REDD. Komponen utama kesiapan REDD harus dilakukan pada tingkat nasional (bukan pada tingkat proyek) untuk merespons sebab-sebab sistemik dari deforestasi dan degradasi hutan dan untuk menghambat kebocorannya.

Forest Carbon Partnership Facility (FCPF) telah dirancang untuk membantu negara-negara hutan dari daerah tropis dan subtropis menyiapkan REDD dan insentif berbasis kinerja awal.

KOTAK 6.5 *Menjaga karbon tanah pertanian*

Potensi mitigasi pada sektor pertanian sangatlah signifikan, diperkirakan sekitar 6 gigaton karbon dioksida ekuivalen (CO₂e) setiap tahunnya hingga 2030, dengan pemerangkapan karbon tanah sebagai mekanisme utamanya. Banyak kesempatan mitigasi (termasuk manajemen lahan tanam, manajemen lahan penggembalaan, manajemen tanah organik, restorasi lahan yang terdegradasi, dan manajemen peternakan) menggunakan teknologi saat ini dan dapat segera diterapkan. Selain itu, pilihan-pilihan ini juga kompetitif dari segi biaya: dengan asumsi harga kurang dari \$20 per ton CO₂e, potensi mitigasi ekonomi global pada sektor pertanian hampir mencapai 2 gigaton CO₂e per tahun pada 2030.

Memperluas lingkup pasar karbon untuk mengikutkan karbon tanah pertanian akan memungkinkan pendanaan karbon untuk memainkan peran yang lebih inklusif dalam

praktik pengelolaan tanah. Penghilangan karbon pertanian dapat membantu meningkatkan produktivitas pertanian dan meningkatkan kapasitas petani untuk beradaptasi terhadap perubahan iklim. Meningkatnya karbon tanah memperbaiki struktur tanah, sehingga mengurangi erosi tanah dan pengikisan nutrisi. Tanah dengan pasokan karbon yang bertambah memiliki ketahanan yang lebih terhadap air, maka meningkatkan ketahanan sistem pertanian terhadap kekeringan. Dampak-dampak biofisik positif dari penangkapan karbon tanah ini secara langsung menyebabkan peningkatan hasil panen, ternak, dan tanaman dan produktivitas tanah. Namun demikian, masalah pemantauan dan verifikasi peningkatan penyimpanan dan permanensi pemerangkapan karbon perlu diselesaikan.

Sumber: IPCC 2007.

Dalam fasilitas tersebut, kesiapan REDD terdiri dari strategi REDD nasional dan penerapan kerangka kerja, suatu skenario referensi nasional untuk emisi dari deforestasi dan degradasi hutan, dan sistem pengawasan, pelaporan, dan verifikasi nasional. UN REDD, suatu inisiatif hasil kerjasama dari Organisasi Makanan dan Pertanian (Food and Agriculture Organization—FAO), United Nations Development Programme, dan United Nations Environment Programme, merupakan program yang serupa.

Dalam strategi REDD nasionalnya, negara yang bersangkutan akan menilai penggunaan lahannya dan kebijakan hutannya hingga saat ini, mengidentifikasi faktor-faktor pendorong terjadinya deforestasi dan degradasi hutan. Selanjutnya, negara tersebut akan menyusun pilihan-pilihan strategis untuk mengatasi pendorong-pendorong tersebut dan akan menilai

pilihan-pilihan tersebut dari sudut pandang efektivitas biaya, keadilan, dan keberlanjutannya. Hal ini kemudian diikuti dengan penilaian oleh perjanjian hukum dan institusional yang diperlukan untuk menerapkan strategi REDD, termasuk badan yang bertanggung jawab untuk mengoordinasikan REDD pada tingkat nasional, mempromosikan REDD, dan mengumpulkan dana, mekanisme pembagian manfaat untuk aliran dana yang diharapkan dari REDD, dan sebuah catatan karbon nasional untuk mengelola aktivitas REDD (baik pengurangan emisi maupun aliran pajak yang bersesuaian). Selain itu, negara tersebut akan mengevaluasi investasi dan pembangunan kapasitas yang diperlukan untuk menerapkan strategi ini, dan menilai dampak lingkungan dan sosial dari berbagai pilihan strategi dan penerapan (manfaat, risiko, dan upaya mitigasi risikonya).

Negara-negara yang siap REDD perlu mengembangkan skenario referensi nasionalnya. Skenario tersebut harus menyertakan suatu bagian retrospektif, memperhitungkan rata-rata emisi hingga saat ini, dan dapat juga menyertakan komponen untuk melihat ke depan, memperkirakan emisi masa depan berdasarkan tren pertumbuhan ekonomi, rencana pembangunan nasional dan proyek investasi tertentu.

Sistem *monitoring, reporting, and verification* (MRV—pemantauan, pelaporan, dan verifikasi) nasional sangatlah penting bagi suatu sistem pembayaran berbasis kinerja. Sistem MRV dapat menyertakan dampak-dampak terhadap keragaman hayati dan mata pencaharian, sebagaimana juga karbon. Peranan dari teknologi penginderaan jarak jauh, pengukuran dari darat, dan perusahaan-perusahaan kehutanan harus didefinisikan sebagai

bagian dari sistem MRV. Pengalaman dari inisiatif pengelolaan sumber daya alami berbasis masyarakat telah menunjukkan bahwa keterlibatan masyarakat lokal, termasuk masyarakat pedalaman, dalam pemantauan sumber daya alam secara partisipatif juga dapat menyediakan informasi yang akurat, efektif biaya, dan pusat informasi lokal tentang biomassa hutan dan tren-tren sumber daya alami.³⁰ Persediaan sumber daya alam, pembagian keuntungan dan efek sosial dan ekologis yang lebih luas dari skema REDD dapat diawasi oleh masyarakat lokal. Pendekatan partisipatif memiliki potensi untuk meningkatkan pemerintahan dan manajemen skema REDD.

Sebelum pembayaran berbasis kinerja dalam skala besar untuk REDD dapat dimulai, banyak negara hutan akan perlu mengadopsi berbagai reformasi kebijakan dan melakukan program-program investasi. Mungkin diperlukan investasi untuk membangun kapasitas institusional, memperbaiki tata kelola dan informasi hutan, meningkatkan skala konservasi dan pengelolaan berkelanjutan dari hutan, dan menghilangkan tekanan pada hutan melalui relokasi aktivitas agrobisnis jauh dari hutan atau meningkatkan produktivitas pertanian. Untuk membantu negara-negara dalam melaksanakan aktivitas-aktivitas ini, beberapa inisiatif telah dijalankan atau sedang dirancang (lihat Tabel 6.7). Selain itu, World Bank telah mengajukan suatu program investasi hutan di bawah Climate Investment Funds, dan Prince's Rainforest Project dan Coalition for Rainforest Nations baru-baru ini telah mengusulkan supaya institusi-institusi keuangan mengeluarkan surat utang untuk menghimpun sumber daya yang besar untuk membantu negara-negara hutan mendanai program

konservasi dan pembangunannya. Contoh ini mengilustrasikan bagaimana campuran instrumen diperlukan untuk mengarahkan transformasi perilaku dan keputusan investasi: kombinasi pembiayaan di muka (dana konsesi dan inovatif) dan insentif berbasis kinerja untuk mempromosikan reformasi kebijakan, pembangunan kapasitas, dan program penarikan investasi. Contoh-contoh tersebut juga menyoroti peran dana publik sebagai katalis tindakan iklim.

Meningkatkan pendanaan swasta untuk adaptasi

Dibandingkan dengan mitigasi, di mana tekanannya ada pada pendanaan swasta dari pasar karbon, pendanaan adaptasi lebih terfokus pada aliran dana resmi. Ini bukanlah hal yang mengejutkan, karena adaptasi terkait erat dengan pembangunan yang baik dan banyak upaya-upaya adaptasi merupakan barang publik—sebagai contoh, perlindungan zona pesisir (barang publik lokal yang baik) atau penyediaan informasi iklim yang tepat waktu (barang publik nasional yang baik).

Meskipun tekanannya ada pada pendanaan publik, kebanyakan dari beban adaptasinya akan jatuh pada individu dan perusahaan. Asuransi untuk bahaya iklim, sebagai contoh, disediakan terutama oleh sektor swasta. Demikian pula, tugas-tugas untuk melindungi persediaan modal dunia—perumahan swasta, bangunan pabrik, dan mesin—dari gangguan iklim terutama akan menjadi tanggung jawab dari pemilik swastanya, walaupun negara harus juga menyediakan perlindungan terhadap banjir dan bantuan bencana. Perusahaan-perusahaan swasta juga memiliki atau mengoperasikan beberapa infrastruktur publik yang harus

diadaptasikan terhadap dunia yang lebih panas—pelabuhan, jaringan listrik, dan sistem air dan pembuangan.

Bagi pemerintah, terdapat tiga tantangan dalam melibatkan sektor swasta dalam pendanaan adaptasi: meyakinkan pihak swasta untuk beradaptasi, membagi biaya untuk mengadaptasi infrastruktur publik, dan meningkatkan pendanaan swasta untuk mendanai investasi adaptasi yang terdedikasi.

Meyakinkan pihak swasta untuk beradaptasi secara efektif. Sebagian besar keputusan konsumsi dan bisnis yang secara langsung atau tidak langsung tidak dipengaruhi oleh faktor-faktor iklim—dari pakaian yang dipakai oleh masyarakat hingga keputusan penanaman oleh petani dan bagaimana suatu bangunan dirancang. Masyarakat telah terbiasa melakukan keputusan-keputusan adaptasi yang implisit ini. Peran utama bagi pemerintah adalah menyediakan lingkungan ekonomi yang memfasilitasi keputusan-keputusan ini. Hal ini dapat berbentuk insentif ekonomi (potongan pajak untuk investasi adaptasi, pajak hak milik yang dibedakan berdasarkan risikonya, premi asuransi yang dibedakan), peraturan (perencanaan zona, aturan-aturan gedung) atau hanya melalui pendidikan dan informasi yang lebih baik (perkiraan cuaca jangka panjang, layanan-layanan perluasan pertanian).

Akan terdapat suatu biaya ekonomi untuk penerapan-penerapan di atas, seperti memenuhi persyaratan bangunan yang lebih ketat, menggunakan benih tanaman yang berbeda, atau membayar premi asuransi yang lebih tinggi. Itu semua akan ditanggung oleh perekonomian

dan disebarkan di seluruh sektor, seiring produsen membebankan biaya yang lebih tinggi kepada para klien mereka dan seiring skema asuransi membantu mengumpulkan berbagai risiko. Kebutuhan untuk menggunakan pendanaan adaptasi tidak akan banyak, kecuali mungkin untuk menutupi biaya administratif pemerintah atau untuk melindungi kelompok-kelompok yang rentan dari dampak-dampak merugikan dari suatu kebijakan.

Membagi biaya untuk mengadaptasikan infrastruktur publik. Sebagian besar adaptasi publik melibatkan aktivitas untuk membuat infrastruktur transportasi, jaringan listrik, sistem pengairan, dan jaringan komunikasi suatu negara tahan terhadap gangguan iklim. Apakah layanan-layanan tersebut disediakan oleh publik, swasta, atau badan publik yang dikomersialisasikan, kebutuhannya harus didanai oleh pembayar pajak (domestik, atau asing jika bantuan adaptasinya disediakan) atau oleh pengguna (melalui tarif yang lebih tinggi).

Bagi penyedia jasa infrastruktur, perubahan iklim akan menjadi faktor risiko tambahan yang harus diperhitungkan, selain dari peraturan, risiko komersial, dan risiko makroekonomi.³¹ Maka akan bijaksana untuk membangun tanggung jawab adaptasi ke dalam rezim peraturan sedini dan setepat mungkin. Ketidakpastian fisik yang lebih besar juga mengharuskan pembuatan sistem peraturan yang lebih fleksibel karena peraturan *ex-ante* tidaklah tepat untuk situasi-situasi perubahan yang tidak diprediksikan. Pendekatan-pendekatan baru dan inovatif pada peraturan memberikan suatu alternatif yang menjanjikan.

Contoh yang baik adalah model yang diadopsi oleh pengatur energi Inggris, yang dapat bertindak sebagai auditor dan menyerahkan keputusan-keputusan investasi kepada para pelaku utama di pemerintahan dan sektor swasta.³²

Meningkatkan pendanaan swasta untuk mendanai investasi adaptasi yang terdedikasi. Untuk beberapa alasan, cakupan partisipasi swasta dalam adaptasi infrastruktur kemungkinan terbatas. Oleh karena investasi adaptasi biasanya tidak menciptakan pendapatan komersial bagi operator swasta, maka pembiayaan untuk investasi adaptasi haruslah berasal dari dompet masyarakat. Ini akan menciptakan ketergantungan semacam utang bagi pemerintah, yang harus dicatat secara publik. Efisiensinya pun tampaknya tidak menarik.³³ Struktur adaptasi seperti pertahanan banjir sebenarnya cukup murah dan sederhana untuk dioperasikan sehingga menawarkan cakupan yang kecil untuk peningkatan hasil efisiensi operasional bagi manajer swasta. Kemungkinan terdapat cakupan yang lebih luas dalam peningkatan hasil efisiensi dalam fase konstruksi dan perancangan, namun hal-hal ini dapat ditangkap sama baiknya melalui mekanisme pengadaan yang tepat.

Secara umum, aliran swasta telah menyumbang sejumlah kecil dari keseluruhan kebutuhan pendanaan infrastruktur negara-negara berkembang, dan sepertinya akan tetap rendah selama berlangsungnya krisis keuangan saat ini.³⁴ Untuk ini dan alasan-alasan yang dibahas di atas, para ahli infrastruktur telah memperingatkan untuk tidak boleh berharap banyak dari kemitraan publik-swasta dalam menghimpun dana untuk perubahan iklim.³⁵

Memastikan penggunaan dana yang transparan, efisien, dan setara

Seberapa pun suksesnya upaya untuk menghimpun tambahan dana, pendanaan iklim tetap akan langka, sehingga dananya harus digunakan secara efektif dan dialokasikan secara transparan dan setara.

Pada sisi mitigasi, alokasi dana akan didominasi oleh pertimbangan efisiensi. Mitigasi merupakan barang publik global, dan manfaatnya akan sama di manapun perbaikannya terjadi (walaupun alokasi biaya mitigasi menimbulkan masalah-masalah kesetaraan). Dengan kerangka kerja yang tepat—yaitu pasar karbon yang mengizinkan eksplorasi kesempatan pengurangan pada skala global sambil melindungi tujuan negara tuan rumah—kombinasi pasar karbon, sistem berbasis kinerja lainnya, dan dana publik yang diarahkan pada ceruk-ceruk yang tidak diperhitungkan oleh pasar (seperti disebutkan di atas) dapat mengalokasikan modal secara cukup efektif.

Alokasi pendanaan adaptasi, sebaliknya, menimbulkan pertanyaan-pertanyaan penting mengenai keadilan dan efisiensi. Tidak seperti mitigasi, alokasi sumber daya adaptasi memiliki implikasi distribusi yang kuat. Uang yang dihabiskan untuk melindungi negara-negara kepulauan kecil tidak lagi tersedia untuk para petani di Afrika. Pertanyaan mengenai bagaimana mengelompokkan pendanaan adaptasi masih diperdebatkan, dan kontroversinya meluap hingga ke bagaimana mengalokasikan pendanaan ini. Negara-negara berkembang cenderung memandang pendanaan adaptasi sebagai kompensasi atas kerusakan, sehingga menimbulkan prinsip bahwa

negara yang menghasilkan polusi global haruslah membayarnya. Maka, dari sudut pandang negara berkembang, pertanyaan mengenai bagaimana pendanaan adaptasi digunakan, berada di luar sudut pandang negara-negara berpendapatan tinggi. Namun, negara-negara berpendapatan tinggi merasa yakin bahwa sumber daya pendanaan yang langka haruslah digunakan secara efisien, apa pun justifikasinya atau asal dana tersebut.

Dapat diperdebatkan bahwa alokasi dan penggunaan pendanaan adaptasi secara efisien dan setara merupakan tujuan semua orang. Penggunaan sumber daya secara sia-sia dapat merusak dukungan publik untuk seluruh agenda

iklim. Hal tersebut membuat alokasi pendanaan adaptasi yang transparan, efisien, dan setara menjadi yang terpenting. Sebagai contoh bagaimana institusi perkembangan telah menangani alokasi pendanaan, pendekatan International Development Association (IDA) menciptakan suatu indeks yang menggabungkan kebutuhan pendanaan, kapasitas penyerapan pemerintah, dan kinerja pemerintah pusat (Kotak 6.6). Pendekatan IDA pun tak luput dari kritik. Oleh karena formulanya seragam di semua negara, pendekatan IDA pada dasarnya menerapkan model pembangunan yang sama untuk semua negara.³⁶ Ini sudah menjadi masalah bagi isu-isu pembangunan yang standar dan kemungkinan akan lebih lagi bagi perubahan iklim, di mana hanya sedikit yang diketahui mengenai model adaptasi yang benar-benar. Walaupun begitu, suatu pendekatan empiris untuk mengalokasikan pendanaan adaptasi yang bertujuan untuk menangani masalah-masalah ini dapat setidaknya memiliki tiga tujuan: mengurangi biaya transaksi jika lobi dan negosiasi bukanlah bagian dari proses alokasi, mendukung agenda hasil dengan proses alokasi berdasarkan pada batasan empiris, dan mendukung akuntabilitas bersama melalui transparansi dalam pengalokasiannya.

Ukuran kebutuhan pendanaan akan terkait erat dengan konsep kerentanan iklim. Seperti yang disusun oleh IPCC, kerentanan dapat diukur sebagai hasil kali dari kapasitas adaptasi, sensitivitas terhadap faktor iklim, dan keterpaparan terhadap perubahan iklim.³⁷ Oleh karena itu, ukuran kebutuhan pendanaan dapat menjadi suatu ukuran berbobot populasi dari hasil kali sensitivitas dan keterpaparan, mungkin dengan

KOTAK 6.6 *Mengalokasikan pendanaan perkembangan konsesi*

Formula alokasi International Development Association (IDA) menawarkan kemungkinan model untuk mengalokasikan dana konsesi dengan cara yang transparan dan empiris. Model alokasi sumber yang berevolusi ini, dengan penyesuaian progresif 10 tahun, telah mengalokasikan pendanaan sekitar \$10 miliar dana konsesi tiap tahun bagi negara-negara termiskin di dunia.

Formula alokasi IDA terbagi menjadi tiga indeks dasar, *kebutuhan* pendanaan konsesi, *kapasitas penyerapan*, dan *kinerja pemerintah pusat*. Untuk kebutuhan, kriteria dasarnya adalah tingkat kemiskinan rata-rata setiap negara, dibobotkan untuk menguntungkan negara termiskin, dikalikan dengan jumlah penduduk di negara tersebut. Kapasitas penyerapan dihitung oleh kinerja portofolio World Bank—penundaan pembayaran dan pembatalan pinjaman atau kredit merupakan indikator jelas dari ketidakmampuan untuk menyerap pendanaan tambahan. Berdasarkan hasil dari literatur efektivitas bantuan, formula tersebut dibobotkan untuk negara dengan tata kelola yang paling kuat karena buktinya menyatakan bahwa negara-negara tersebut paling berhasil memanfaatkan sumber bantuan tersebut untuk meningkatkan ekonominya. Kinerja pemerintah pusat pada

gilirannya memiliki dua sub-indeks: *kualitas kebijakan dan institusi makroekonomi, struktural, dan sosial* serta *kualitas tata kelola*, yang berasal dari World Bank Country Policy and Institutional Assessment.

Formula tersebut memberikan bobot sebesar 68 persen untuk tata kelola, 24 persen untuk kebijakan makroekonomi, sosial, dan struktural, dan 8 persen untuk kapasitas penyerapan. Gabungan nilai-nilai ini kemudian dikalikan dengan jumlah penduduk negara, dibobotkan dengan pendapatan rata-rata populasi (untuk menangkap kebutuhan), untuk mendorong alokasi pendanaan konsesi.

Oleh karena formula ini dapat merugikan beberapa negara yang paling membutuhkan, alokasi sebagian pasokan tahunan pendanaannya dibuat lebih: setiap negara mendapat alokasi minimum, negara yang baru terlepas dari konflik dan dengan institusi yang sangat rentan diberi bantuan tambahan, dan bantuan dana diberikan untuk bencana alam. Sebagai tambahan, pendanaan IDA dibatasi untuk negara-negara “campuran”, yang memiliki akses kepada pendanaan komersial.

Sumber: IDA 2007; Burnside dan Dollar 2000.

pembobotan atas kemiskinan juga. Untuk negara-negara besar tertentu, distribusi dampak dan perbedaan dalam kerentanan antara satu lokalitas dengan yang lainnya harus ikut diperhitungkan juga.

Kinerja pemerintah pusat dan kapasitas penyerapan terhadap aliran pendanaan jelas-jelas menentukan kapasitas suatu negara untuk beradaptasi, namun hal-hal tersebut bukanlah satu-satunya faktor kinerja kritis dalam adaptasi iklim. Apa yang dapat disebut “kapasitas sosial” akan terlihat penting dalam menentukan kerusakan dari dampak iklim lokal, termasuk faktor seperti ketidaksetaraan (koefisien Gini), kedalaman pasar pendanaan, rasio ketergantungan, tingkat buta huruf orang dewasa, dan pendidikan kaum perempuan.

Singkatnya, indeks alokasi untuk pendanaan adaptasi dapat terdiri dari faktor-faktor berikut:

Indeks alokasi =	Kinerja pemerintah pusat
	× Kapasitas penyerapan
	× Kekurangan kapasitas sosial
	× Sensitivitas iklim
	× Keterpaparan terhadap perubahan iklim
	× Bobot populasi
	× Bobot kemiskinan

Untuk benar-benar menciptakan indeks seperti itu, terdapat beberapa tantangan. Informasi mengenai kerentanan negara berkembang masih sangat kasar. Kesulitan-kesulitan muncul dari jalur-jalur yang rumit, dan seringnya tak pasti, yang mengubah dampak-dampak potensial, yang juga tidak pasti, menjadi kerentanan. Menggabungkan ketidakpastian tersebut dalam mengaitkan dampak-dampak lingkungan dengan dampak-dampak

sosioekonomi merupakan ketidakpastian lebih lanjut yang terdapat dalam skenario-skenario iklim masa depan. Model-model hanya mengandalkan sejumlah prediksi sosioekonomi yang terdefinisi, dan setiap model memiliki rentang perubahan potensinya sendiri. Jadi, sebagian besar penelitian yang berhubungan dengan skenario iklim masa depan berfokus pada dampak-dampak yang diperkirakan di dalam sektor-sektor atau berkaitan dengan hasil-hasil tertentu, seperti perubahan dalam kesehatan dan kehilangan akibat naiknya permukaan air laut. Hanya sedikit penelitian yang telah mencoba mengartikan hasil-hasil ini menjadi suatu penilaian mengenai kerentanan yang sesungguhnya.³⁸

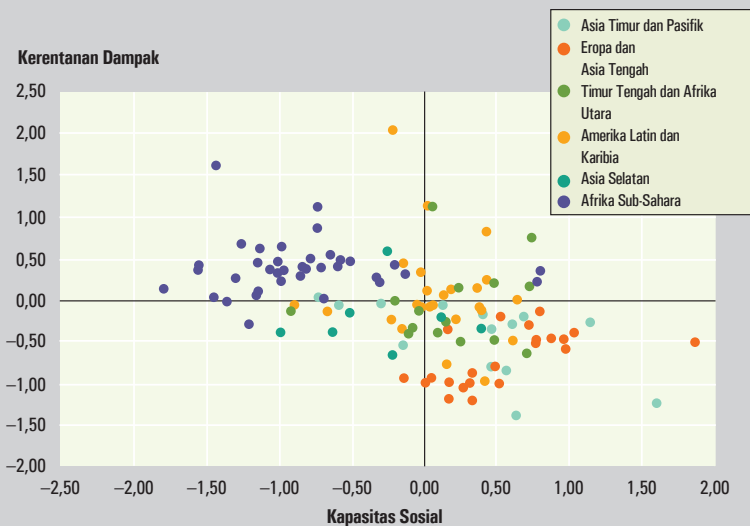
Sebagaimana dengan alokasi IDA, terdapat risiko bahwa indeks alokasi adaptasi iklim akan merugikan negara-negara miskin dengan sensitivitas dan keterpaparan iklim yang tinggi namun dengan institusi yang sangat lemah. Jika diupayakan untuk dicari suatu formula alokasi, maka pembayaran-pembayaran bagi negara-negara yang sangat rentan harus menjadi bagian dari keseluruhan kerangka kerja alokasi.

Beberapa langkah awal yang tentatif menuju pembuatan indeks kerentanan ditunjukkan dalam Kotak 6.7, yang membuat grafik dari suatu indikator komposit dari dampak fisik terhadap suatu indikator komposit dari kapasitas sosial. Hasil dari perhitungan tersebut hanyalah bersifat indikatif, namun menunjukkan bahwa negara-negara dengan kerentanan tertinggi terpusat di Afrika Sub-Sahara.³⁹ Kotak 6.8 memencarkan indeks kerentanan dampak yang sama terhadap pengukuran kinerja negara (kapasitas dan kemampuan pemerintah pusat yang digabungkan

KOTAK 6.7 *Kerentanan iklim versus kapasitas sosial*

Figur menggambarkan indeks komposit dampak fisik (diambil sebagai fungsi sensitivitas iklim dan keterpaparan perubahan iklim serta diturunkan dari sejumlah studi dampak) terhadap indeks komposit kapasitas sosial (diturunkan dari sejumlah indikator sosioekonomi).

Kapasitas sosial dan kerentanan, seperti yang diukur oleh dampak yang terproyeksi, merupakan indeks komposit dari indikator yang dijelaskan pada tabel di bawah.



	Indikator	Metrik	Sumber	Asumsi
Dampak	Naiknya permukaan laut	Persen populasi yang terpengaruh, setiap 1 m kenaikan permukaan laut	Dasgupta dkk. 2007	Negara-negara tanpa pesisir diasumsikan mengalami dampak nol
	Pertanian	Persen penurunan hasil panen pada 2050, skenario A2b SRES	Parry dkk. 2004	Hasil panen yang menurun melambangkan kesejahteraan yang menurun bagi suatu negara. Hasil panen yang naik akibat perubahan iklim melambangkan naiknya kesejahteraan. Ada adaptasi pada tingkat peternakan
	Kesehatan	Persen kematian tambahan pada 2050	Bosello, Roson, dan Tol 2006	Kematian tambahan melambangkan semua dampak kesehatan akibat perubahan iklim
	Bencana	populasi yang meninggal akibat bencana (kumpulan data historis)	CRED 2008	Pola bencana saat ini untuk melambangkan daerah berisiko masa mendatang
Kapasitas sosial	Tidak buta huruf	Persen populasi, usia > 15 tahun, tidak buta huruf, (1991–2005)	World Bank 2007c	Makin tinggi tingkat tidak buta huruf, makin tinggi kapasitas sosialnya
	Rasio usia ketergantungan	Rasio populasi yang bergantung terhadap populasi yang bekerja (2006)	World Bank 2007c	Makin rendah rasio usia ketergantungan, makin tinggi kapasitas sosialnya
	Tingkat tamat SD (perempuan)	Persen populasi perempuan yang menamatkan program wajib belajar (1991–2006)	World Bank 2007c	Makin tinggi tingkat tamat SD, makin tinggi kapasitas sosialnya
	Gini	Koefisien Gini, (tahun paling baru di mana datanya tersedia)	World Bank 2007c	Makin rendah ketidakesetaraannya, makin tinggi kapasitas sosialnya
	Kredit domestik terhadap sektor swasta	Kredit domestik terhadap sektor swasta, sebagai persen PDB (1998–2006)	World Bank 2007c	Makin besar investasi, makin tinggi kapasitas sosialnya
	Pemerintahan	Suara WGI (World Governance Indicator) dan akuntabilitas	Kaufman, Kraay, dan Mastruzzi 2008	Makin tinggi nilai WDI, makin tinggi kapasitas sosialnya

untuk menyerap pendanaan) yang berasal dari formula alokasi IDA. Lagi-lagi, kawasan Afrika Sub-Sahara memiliki kombinasi kerentanan yang tinggi dan kapasitas yang rendah untuk beradaptasi.

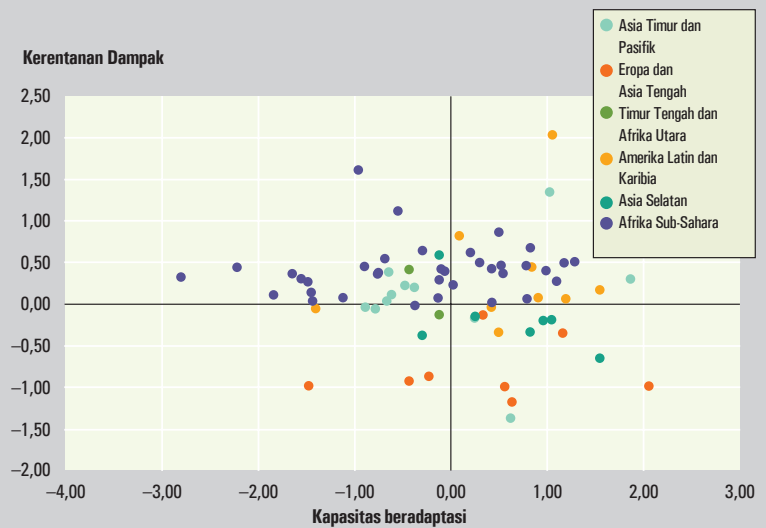
KOTAK 6.8 *Kerentanan iklim terhadap kapasitas beradaptasi*

Figur menunjukkan indeks dampak terhadap pengukuran kinerja negara (mengombinasikan kapasitas pemerintah pusat dan kemampuan untuk menyerap dana) diturunkan dari formula alokasi International Development Association.

Kapasitas beradaptasi merupakan indeks komposit dari indikator-indikator yang dijelaskan dalam tabel di bawah, dan dikalkulasikan dengan formula:

Kinerja negara = $0,24 * \text{rata-rata } (CPIAa, CPIAb, \text{ dan } CPIAc) + 0,68 * CPIAd + 0,08 * ARPP$,

di mana CPIA = Country Policy and Institutional Assessment (Kebijakan Negara dan Penilaian Institusional) dan ARPP = Annual Report on Portfolio Performance (Laporan Tahunan pada Portofolio Kinerja).



	Indikator	Metrik (tahun)	Sumber	Asumsi
Kapasitas beradaptasi	Manajemen ekonomi	CPIAa (2007)	World Bank	Makin tinggi kinerja suatu negara, makin tinggi kapasitas adaptasinya
	Kebijakan struktural	CPIAb (2007)	World Bank	
	Kebijakan untuk inklusi sosial dan kesetaraan	CPIAc (2007)	World Bank	
	Manajemen sektor publik dan institusi (tata kelola)	CPIAd (2007)	World Bank	
	Kapasitas untuk menyerap pendanaan	ARPP (2007) Portofolio World Bank pada risiko (dengan diskon untuk usia)	World Bank	

Sumber: Figur CPIA <http://go.worldbank.org/S12THW12X60>. Untuk lebih detail dari perhitungan skor CPIA, lihat World Bank 2007b. Skor ARPP dilaporkan dalam World Bank 2007a

Mencocokkan kebutuhan pendanaan dengan sumber dana

Melawan perubahan iklim merupakan tantangan sosioekonomi, teknologi, institusi, dan kebijakan yang luar biasa besar. Terutama untuk negara-negara berkembang hal ini juga merupakan tantangan dari segi pendanaan. Hingga 2030 nanti kebutuhan tambahan investasi untuk mitigasi di negara-negara berkembang dapat menjadi \$140 miliar hingga \$175 miliar (dengan pendanaan gabungan yang diperlukan sebesar \$265 hingga \$565) per tahun. Kebutuhan pendanaan untuk adaptasi

pada saat itu dapat menjadi \$30–100 miliar setiap tahunnya. Ini adalah pendanaan tambahan di atas nilai yang dibutuhkan oleh pembangunan acuan, yang juga penting dan akan sebagian membantu memperkecil jurang adaptasi yang ada.

Satu sumber tidaklah akan cukup untuk menghasilkan pendapatan tambahan sebesar itu. Kombinasi sumber-sumber pendanaan tentu saja dibutuhkan. Untuk adaptasi, hal ini mungkin akan meliputi pajak retribusi adaptasi saat ini pada CDM, yang dapat menghimpun sekitar \$2 miliar setiap tahunnya hingga 2020 jika diperluas ke transaksi-transaksi

karbon yang lebih beragam. Berbagai proposal seperti penjualan AAU, pajak retribusi pada emisi transportasi internasional, dan pajak karbon global dapat menghimpun hingga sekitar \$15 miliar setiap tahunnya.

Untuk mitigasi pada tingkat nasional, sebagian besar pendanaannya harus berasal dari sektor swasta. Namun, kebijakan publik akan perlu menciptakan suatu lingkungan bisnis yang kondusif bagi investasi rendah karbon, termasuk pasar karbon yang diperluas tetapi tidak terbatas untuk perluasan, efisien, dan diatur dengan baik. Pendanaan publik yang sifatnya melengkapi—kemungkinan besar dari transfer-transfer fiskal—mungkin akan dibutuhkan untuk melampaui batasan-batasan investasi (seperti yang berhubungan dengan risiko) dan menjangkau daerah-daerah yang biasanya diabaikan oleh sektor swasta. Hal yang juga diperlukan adalah target emisi yang ketat—awalnya di negara-negara berpendapatan tinggi, dan pada akhirnya untuk semua negara yang emisinya paling banyak—untuk menciptakan permintaan yang cukup untuk penyesuaian, dan juga untuk mendukung harga karbon.

Setelah sebagian besar negara memiliki batasan emisi di bawah perjanjian iklim internasional, pasar secara otonom dapat menghasilkan sebagian besar dari kebutuhan pendanaan mitigasi nasional yang dibutuhkan seiring keputusan-

keputusan konsumsi dan produksi merespons harga karbon, baik melalui pajak maupun batasan dan perdagangan. Namun, pasar-pasar karbon nasional tidak akan otomatis menghasilkan aliran pendanaan internasional. Aliran pendanaan mitigasi kepada negara-negara berkembang dapat datang dari aliran fiskal, dengan cara mengaitkan skema-skema perdagangan emisi nasional, atau dari potensi perdagangan AAU. Jadi, aliran-aliran dari negara maju ke negara berkembang dapat dicapai dengan beberapa cara. Namun aliran-aliran ini sangatlah penting untuk memastikan bahwa solusi yang efektif dan efisien terhadap masalah iklim juga merupakan solusi yang memberikan kesetaraan.

Catatan

1. Lihat bagian Gambaran Umum untuk pembahasannya secara terperinci.
2. Barker dkk. 2007.
3. UNFCCC 2008a.
4. Agrawala dan Fankhauser (2008) mengulas literatur mengenai biaya adaptasi; Klein dan Persson (2008) membahas kaitan antara adaptasi dan pembangunan. Parry dkk. (2009) mengkritik estimasi biaya adaptasi UNFCCC, menunjukkan bahwa biaya yang sesungguhnya mungkin mencapai 2–3 kali lipatnya.
5. Selain dari pasar karbon, skema sertifikat hijau dan putih yang dapat

“Es-nya meleleh karena peningkatan suhu. Seorang anak duduk termenung. Seekor burung telah jatuh—korban lain dari polusi udara. Bunga-bunga dapat tumbuh dekat keranjang sampah. Bunga-bunga itu mati sebelum anak laki-laki itu memberikannya pada si burung. Untuk membalikkan fenomena ini, permohonan saya kepada pemimpin dunia adalah jagalah alam tetap bersih, gunakan energi surya dan angin, dan perbaiki teknologi.”

—Shant Hakobyan, Armenia, umur 12



diperdagangkan (yang membidik secara khusus pengembangan sumber-sumber energi terbarukan atau peningkatan efisiensi energi melalui upaya-upaya pengelolaan sisi permintaan) adalah contoh-contoh dari mekanisme berbasis pasar dengan manfaat mitigasi yang potensial. Instrumen lainnya termasuk insentif finansial (pajak atau subsidi, dukungan harga, potongan pajak dan investasi, atau pinjaman bersubsidi) dan berbagai upaya serta kebijakan lain (norma, label).

6. Manfaat finansial bagi negara-negara tuan rumah lebih kecil daripada ukuran keseluruhan dari pasar CDM, karena dua alasan. Pertama, sebagian besar dari transaksi CDM pada pasar primer adalah persetujuan pembelian maju, dengan pembayaran saat pencapaian dari reduksi emisi. Bergantung pada kinerja proyeknya, jumlah dan penjadwalan pencapaian karbonnya mungkin akan sangat berbeda. Para pengembang proyek cenderung menjual kredit maju pada suatu tingkat diskon yang mencerminkan risiko pencapaiannya. Kedua, kredit CDM dibeli dan dijual berkali-kali di pasar sekunder hingga mereka mencapai pengguna akhir. Pihak-pihak perantara finansial yang aktif pada pasar sekunder dan menyerap risiko pencapaian diberikan kompensasi dengan harga jual yang lebih tinggi jika risikonya tidak terjadi. Perdagangan ini tidak secara langsung menghasilkan reduksi emisi, tidak seperti transaksi-transaksi di pasar primer. Pasar sekunder untuk CDM terus bertumbuh di tahun 2008 dengan transaksi yang melebihi \$26 miliar (naik lima kali lipat dari tahun 2007). Sebaliknya, pasar primer untuk CDM berkurang nilainya untuk yang pertama kalinya, menjadi \$7,2 miliar (turun 12 persen dari tahun 2007), karena adanya pelemahan ekonomi dan

kepastian yang terus berlanjut mengenai kontinuitas pasar setelah 2012. Lihat Capoor dan Ambrosi 2009.

7. OECD/DAC, Rio Marker for climate change, http://www.oecd.org/document/11/0,3343,en_2649_34469_11396811_1_1_1_1,00.html (diakses Mei 2009).

8. UNEP 2009. Estimasi untuk investasi energi bersih yang mendapatkan manfaat dari CDM cenderung lebih tinggi daripada investasi energi berkelanjutan yang sesungguhnya di negara-negara berkembang karena banyak proyek CDM masih pada tahap awalnya (bukan operasional atau dikomisikan atau pada masa penyelesaian finansial) saat reduksi-reduksi emisi yang tersertifikasi ditransaksikan.

9. Lihat Decision 1/CP.13 yang dicapai dalam 13th Conference of the Parties of the UNFCCC di Bali, Desember 2007, <http://unfccc.int/resource/docs/2007/cop13/eng/06a01.pdf#page=3> (Diakses 3 Juli 2009).

10. Michaelowa dan Pallav (2007) dan Schneider (2007), misalnya, mengklaim bahwa sejumlah proyek bagaimanapun juga akan tetap terjadi. Sebaliknya, organisasi-organisasi bisnis mengeluhkan adanya uji adisionalitas yang sangat ketat (IETA 2008; UNFCCC 2007).

11. Olsen 2007; Sutter dan Parreno 2007; Olsen dan Fenhann 2008; Nussbaumer 2009.

12. Cosbey dkk. 2005; Brown dkk. 2004; Michaelowa dan Umamaheswaran 2006.

13. Streck dan Chagas 2007; Meijer 2007; Streck dan Lin 2008.

14. IETA 2005; Stehr 2008.

15. IETA 2008.

16. Michaelowa dan Pallav 2007; IETA 2008.

17. Barker dkk. 2007.

18. Sperling dan Salon 2002.
19. Figueres dan Newcombe 2007.
20. Eliasch 2008.
21. Figueres, Haites, dan Hoyt 2005; Wara 2007; Wara dan Victor 2008.
22. Sterk 2008.
23. Lihat Fankhauser, Martin, dan Prichard, akan terbit.
24. Lihat Müller 2008 untuk pembahasannya.
25. Barbier 2009; Bowen dkk. 2009.
26. Robins, Clover, dan Magness 2009, sebagaimana dibahas di Bab 1.
27. Ini mencakup model-model yang di dalamnya reduksi emisi akan diberikan imbalan dalam kaitannya dengan sektor-sektor tertentu atau yang dibangun atas berbagai jenis sasaran, misalnya intensitas atau reduksi emisi absolut atau relatif. Pemberian kredit atas prestasi dapat berlangsung pada tingkat nasional saja atau melibatkan aktivitas-aktivitas proyek. Pemberian kredit ini dapat didasarkan pada alokasi cadangan awal (batasi dan perdagangan) atau *ex post* (garis acuan dan kredit). Dan hal itu dapat dikaitkan atau dipisahkan dari pasar karbon yang sudah ada. Mekanisme yang dibangun atas perdagangan emisi dapat secara langsung atau tidak langsung dikaitkan dengan pasar-pasar karbon lainnya dan dapat menciptakan kredit yang sepenuhnya, sebagian, atau tidak dapat diperjualbelikan di pasar-pasar karbon yang sudah ada.
28. Jika berhasil diraih, reduksi total dari berbagai proposal dari negara-negara berpendapatan tinggi akan dapat mengurangi emisi secara agregat pada tahun 2020 hanya 10–15 persen di bawah emisi tahun 1990. Ini jauh lebih sedikit daripada reduksi 25–40 persen di bawah emisi tahun 199 yang telah diminta oleh IPCC dalam kerangka waktu hingga 2020; lihat Howes 2009.
29. WRI 2008; Houghton 2009.
30. Danielsen dkk. 2009.
31. Vagliasindi 2008.
32. Pollitt 2008.
33. Agrawala dan Fankhauser 2008.
34. Komitmen investasi melalui kemitraan umum-swasta telah mencapai sekitar 0,3–0,4 persen dari PDB negara-negara berkembang selama periode 2005–07 (Private Participation in Infrastructure Database, <http://ppi.worldbank.org/>). Sebaliknya, kebutuhan investasi infrastruktur diperkirakan sebesar 2–7 persen dari PDB, dengan negara-negara yang pertumbuhannya pesat seperti Cina dan Vietnam menginvestasikan lebih besar dari 7 persen PDB-nya per tahun. Estache dan Fay 2007.
35. Estache 2008.
36. Kanbur 2005.
37. Füssel 2007.
38. Penelitian dampak dan kerentanan ini mencakup, antara lain, Bättig, Wild, dan Imboden (2007); Deressa, Hassan, dan Ringler (2008); Diffenbaugh dkk. (2007); dan Giorgi (2006). Penelitian-penelitian lainnya berfokus pada kerugian sektoral atau kerentanan yang spesifik negara/studi kasus: lihat Dasgupta dkk. (2007) mengenai daerah pesisir; Parry dkk. (1999) dan Parry dkk. (2004) mengenai perubahan dalam hasil panen pertanian global; Arnell (2004) dan Alcamo dan Henrichs (2002) untuk perubahan ketersediaan air; Tol, Ebi, dan Yohe (2006) dan Bosello, Roson, dan Tol (2006) untuk kesehatan.
39. Di Kotak 6.7 dan 6.8, indeks-indeks komposit dihitung dengan cara mentransformasikan indikator-indikator individu ke nilai *z* lalu mengambil rata-rata tanpa pembobotan dari nilai yang dihasilkannya.

Referensi

- Agrawala, S., dan S. Fankhauser. 2008. *Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Costs, Benefits and Policy Instruments*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Alcamo, J., dan T. Henrichs. 2002. "Critical Regions: A Model-based Estimation of World Water Resources Sensitive to Global Changes." *Aquatic Sciences* 64 (4): 352–62.
- Aldy, J. E., E. Ley, dan I. Parry. 2008. *A Tax-Based Approach to Slowing Global Climate Change*. Washington, DC: Resources for the Future.
- Arnell, N. W. 2004. "Climate Change and Global Water Resources: SRES Emissions and Socio-Economic Scenarios." *Global Environmental Change* 14 (1): 31–52.
- Bättig, M. B., M. Wild, dan D. M. Imboden. 2007. "A Climate Change Index: Where Climate Change May Be Prominent in the 21st Century." *Geophysical Research Letters* 34 (1): 1–4.
- Barbier, E. B. 2009. *A Global Green New Deal*. Geneva: United Nations Environment Programme.
- Barker, T., I. Bashmakov, L. Bernstein, J. E. Bogner, P. R. Bosch, R. Dave, O. R. Davidson, B. S. Fisher, S. Gupta, K. Halsnaes, B. Heij, S. Khan Ribeiro, S. Kobayashi, M. D. Levine, D. L. Martino, O. Masera, B. Metz, L. A. Meyer, G.-J. Nabuurs, A. Najam, N. Nakićenović, H.-H. Rogner, J. Roy, J. Sathaye, R. Schock, P. Shukla, R. E. H. Sims, P. Smith, D. A. Tirpak, D. Urge-Vorsatz, dan D. Zhou. 2007. "Technical Summary." Dalam *Climate Change 2007: Mitigation Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, dan L. A. Meyer (para editor). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Bosello, F., R. Roson, dan R. S. J. Tol. 2006. "Economy-Wide Estimates of the Implications of Climate Change: Human Health." *Ecological Economics* 58 (3): 579–91.
- Bovenberg, A. L., dan L. Goulder. 1996. "Optimal Environmental Taxation in the Presence of Other Taxes: General Equilibrium Analyses." *American Economic Review* 86 (4): 985–1000.
- Bowen, A., S. Fankhauser, N. Stern, dan D. Zenghelis. 2009. *An Outline of the Case for a "Green" Stimulus*. London: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment and the Centre for Climate Change Economics and Policy.
- Brown, K., W. N. Adger, E. Boyd, E. Corbera-Elizalde, dan S. Shackley. 2004. "How Do CDM Projects Contribute to Sustainable Development?" Tyndall Centre for Climate Change Research Technical Report 16, Norwich, UK.
- Burnside, C., dan D. Dollar. 2000. "Aid, Policies and Growth." *American Economic Review* 90 (4): 847–68.
- Capoor, K., dan P. Ambrosi. 2009. *State and Trends of the Carbon Market 2009*. Washington, DC: World Bank.
- Cosbey, A., J. Parry, J. Browne, Y. D. Babu, P. Bhandari, J. Drexhage, dan D. Murphy. 2005. *Realizing the Development Dividend: Making the CDM Work for Developing*

- Countries. Winnipeg: International Institute for Sustainable Development.
- CRED (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters). 2008. "EM-DAT: The International Emergency Disasters Database." Université Catholique de Louvain, Ecole de Santé Publique, Louvain.
- Danielsen, F., N. D. Burgess, A. Balmford, P. F. Donald, M. Funder, J. P. Jones, P. Alviola, D. S. Balete, T. Blomley, J. Brashares, B. Child, M. Enghoff, J. Fieldsa, S. Holt, H. Hubertz, A. E. Jensen, P. M. Jensen, J. Massao, M. M. Mendoza, Y. Nqaga, M. K. Poulsen, R. Rueda, M. Sam, T. Skielboe, G. Stuart-Hill, E. Topp-Jorgensen, dan D. Yonten. 2009. "Local Participation in Natural Resource Monitoring: a Characterization of Approaches." *Conservation Biology* 23 (1): 31–42.
- Dasgupta, S., B. Laplante, C. Meisner, D. Wheeler, dan J. Yan. 2007. "The Impact of Sea Level Rise on Developing Countries: A Comparative Analysis." Policy Research Working Paper 4136, World Bank, Washington, DC.
- Dechezleprêtre, A., M. Glachant, I. Hascic, N. Johnstone, dan Y. Menièrè. 2008. *Invention and Transfer of Climate Change Mitigation Technologies on a Global Scale: A Study Drawing on Patent Data*. Paris: CERNA.
- Deressa, T., R. M. Hassan, dan C. Ringler. 2008. "Measuring Ethiopian Farmers' Vulnerability to Climate Change Across Regional States." Discussion Paper 00806, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Diffenbaugh, N. S., F. Giorgi, L. Raymond, dan X. Bi. 2007. "Indicators of 21st Century Socio-climatic Exposure." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (51): 20195–98.
- Edmonds, J., L. Clarke, J. Lurz, dan M. Wise. 2008. "Stabilizing CO₂ Concentrations with Incomplete International Cooperation." *Climate Policy* 8 (4): 355–76.
- Eliasch, J. 2008. *Climate Change: Financing Global Forests: The Eliasch Review*. London: Earthscan.
- Estache, A. 2008. *Public-Private Partnerships for Climate Change Investments: Learning from the Infrastructure PPP Experience*. Brussels: European Center for Advanced Research in Economics and Statistics.
- Estache, A., dan M. Fay. 2007. "Current Debates on Infrastructure Policy." Policy Research Working Paper 4410, World Bank, Washington, DC.
- Fankhauser, S., N. Martin, dan S. Prichard. Akan terbit. "The Economics of the CDM Levy: Revenue Potential, Tax Incidence, and Distortionary Effects." Working paper, London School of Economics.
- Figueres, C., E. Haites, dan E. Hoyt. 2005. *Programmatic CDM Project Activities: Eligibility, Methodological Requirements and Implementation*. Washington, DC: World Bank Carbon Finance Business Unit.
- Figueres, C., dan K. Newcombe. 2007. "Evolution of the CDM: Toward 2012 and Beyond." Climate Change Capital, London, UK.
- Füssel, H. M. 2007. "Vulnerability: A Generally Applicable Conceptual Framework for Climate Change Research." *Global Environmental Change* 17 (2): 155–67.

- Giorgi, F. 2006. "Climate Change Hot-Spots." *Geophysical Research Letters* 33(8):L08707–doi:10.1029/2006GL025734.
- Haites, E., D. Maosheng, dan S. Seres. 2006. "Technology Transfer by CDM Projects." *Climate Policy* 6: 327–44.
- Houghton, R. A. 2009. "Emissions of Carbon from Land Management." Background note for the WDR2010.
- Howes, S. 2009. *Finding a Way Forward: Three Critical Issues for a Post-Kyoto Global Agreement on Climate Change*. Canberra: Crawford School of Economics and Government, Australian National University.
- IDA (International Development Association). 2007. *IDA's Performance Based Allocation System: Simplification of the Formula and Other Outstanding Issues*. Washington, DC.
- IEA (International Energy Agency). 2008. *Energy Technology Perspective 2008: Scenarios and Strategies to 2050*. Paris: IEA.
- IETA (International Emissions Trading Association). 2005. *Strengthening the CDM: Position Paper for COP 11 and COP/MoP 1*. Geneva: IETA.
- . 2008. *State of the CDM 2008: Facilitating a Smooth Transition into a Mature Environmental Financing Mechanism*. Geneva: IETA.
- IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis). 2009. "GGI Scenario Database." Laxenburg, Austria.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kanbur, R. 2005. "Reforming the Formula: A Modest Proposal for Introducing Development Outcomes in IDA Allocation Procedures." Centre for Economic Policy Research Discussion Paper 4971, London.
- Kaufman, D., A. Kraay, dan M. Mastruzzi. 2008. *World Governance Indicators 2008*. Washington, DC: World Bank.
- Klein, R. J. T., dan A. Persson. 2008. "Financing Adaptation to Climate Change: Issues and Priorities." European Climate Platform Report 8, Centre for European Policy Studies, Brussels.
- Knopf, B., O. Edenhofer, T. Barker, N. Bauer, L. Baumstark, B. Chateau, P. Criqui, A. Held, M. Isaac, M. Jakob, E. Jochem, A. Kitous, S. Kypreos, M. Leimbach, B. Magné, S. Mima, W. Schade, S. Scricciu, H. Turton, dan D. van Vuuren. Akan terbit. "The Economics of Low Stabilisation: Implications for Technological Change and Policy." Dalam *Making Climate Change Work for Us*, M. Hulme dan H. Neufeldt (para editor). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- McKinsey & Company. 2009. *Pathways to a Low-carbon Economy: Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*. McKinsey & Company.
- Meijer, E. 2007. "The International Institutions of the Clean Development Mechanism Brought before National Courts: Limiting Jurisdictional Immunity to Achieve Access to Justice." *NYU Journal of*

- International Law and Politics* 39 (4): 873–928.
- Michaelowa, A., dan P. Pallav. 2007. *Additionality Determination of Indian CDM Projects. Can Indian CDM Project Developers Outwit the CDM Executive Board?* Zurich: University of Zurich.
- Michaelowa, A., dan K. Umamaheswaran. 2006. “Additionality and Sustainable Development Issues Regarding CDM Projects in Energy Efficiency Sector.” HWWA Discussion Paper 346, Hamburg.
- Ministry of Finance (Indonesia). 2008. *Climate Change and Fiscal Policy Issues: 2008 Initiatives*. Jakarta: Working Group on Fiscal Policy for Climate Change.
- Müller, B. 2008. “International Adaptation Finance: The Need for an Innovative and Strategic Approach.” Economic Working Paper 42, Oxford Institute for Energy Studies, Oxford, UK.
- Newell, R. G., dan W. A. Pizer. 2000. “Regulating Stock Externalities Under Uncertainty.” Working Paper 99-10, Resources for the Future, Washington, DC.
- Nussbaumer, P. 2009. “On the Contribution of Labelled Certified Emission Reductions to Sustainable Development: A Multi-criteria Evaluation of CDM Projects.” *Energy Policy* 37 (1): 91–101.
- Olsen, K. H. 2007. “The Clean Development Mechanism’s Contribution to Sustainable Development: A Review of the Literature.” *Climatic Change* 84 (1): 59–73.
- Olsen, K. H., dan J. Fenhann. 2008. “Sustainable Development Benefits of Clean Development Mechanism Projects. A New Methodology for Sustainability Assessment Based on Text Analysis of the Project Design Documents Submitted for Validation.” *Energy Policy* 36 (8): 2819–30.
- Parry, M., C. Rosenzweig, A. Iglesias, G. Fischer, dan M. Livermore. 1999. “Climate Change and World Food Security: A New Assessment.” *Global Environmental Change* 9 (S1): S51–S67.
- Parry, M., C. Rosenzweig, A. Iglesias, M. Livermore, dan G. Fischer. 2004. “Effects of Climate Change on Global Food Production Under SRES Emissions and Socio-Economic Scenarios.” *Global Environmental Change* 14 (1): 53–67.
- Parry, M., N. Arnell, P. Berry, D. Dodman, S. Fankhauser, C. Hope, S. Kovats, R. Nicholls, D. Satterthwaite, R. Tiffin, dan T. Wheeler. 2009. *Assessing the Costs of Adaptation to Climate Change: A Review of the UNFCCC and Other Recent Estimates*. London: International Institute for Environment and Development and Grantham Institute for Climate Change.
- Pollitt, M. 2008. “The Arguments For and Against Ownership Unbundling of Energy Transmission Networks.” *Energy Policy* 36 (2): 704–13.
- Project Catalyst. 2009. *Adaptation to Climate Change: Potential Costs and Choices for a Global Agreement*. London: Climate Works and European Climate Foundation.
- Robins, N., R. Clover, dan J. Magness. 2009. *The Green Rebound: Clean Energy to Become an Important Component of Global Recovery Plans*. London: HSBC.

- Schaeffer, M., T. Kram, M. Meinshausen, D. P. van Vuuren, dan W. L. Hare. 2008. "Near-linear Cost Increase to Reduce Climate Change Risk." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (52): 20621–26.
- Schneider, L. 2007. *Is the CDM Fulfilling Its Environmental and Sustainable Development Objective? An Evaluation of the CDM and Options for Improvement*. Berlin: Institute for Applied Ecology.
- Sperling, D., dan D. Salon. 2002. *Transportation in Developing Countries: An Overview of Green-house Gas Reduction Strategies*. Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change.
- Stehr, H. J. 2008. "Does the CDM Need and Institutional Reform?" Dalam *A Reformed CDM: Including New Mechanisms for Sustainable Development*, ed. K. H. Olsen dan J. Fenhann. Roskilde, Denmark: United Nations Environment Programme, Risoe Centre Perspective Series 2008.
- Sterk, W. 2008. "From Clean Development Mechanism to Sectoral Crediting Approaches: Way Forward or Wrong Turn?" JIKO Policy Paper 1/2008, Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, Wuppertal, Germany.
- Streck, C., dan T. B. Chagas. 2007. "The Future of the CDM in a Post-Kyoto World." *Carbon & Climate Law Review* 1 (1): 53–63.
- Streck, C., dan J. Lin. 2008. "Making Markets Work: A Review of CDM Performance and the Need for Reform." *European Journal of International Law* 19 (2): 409–42.
- Sutter, C., dan J. C. Parreno. 2007. "Does the Current Clean Development Mechanism (CDM) Deliver Its Sustainable Development Claim? An Analysis of Officially Registered CDM Projects." *Climatic Change* 84 (1): 75–90.
- Tol, R. S. J., K. L. Ebi, dan G. W. Yohe. 2006. "Infectious Disease, Development, and Climate Change: A Scenario Analysis." *Environment and Development Economics* 12: 687–706.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2008. "UNEP Risoe CDM/JI Pipeline Analysis and Database." Roskilde, Denmark.
- . 2009. *Global Trends in Sustainable Energy Investment 2009: Analysis of Trends and Issues in the Financing of Renewable Energy and Energy Efficiency*. Paris: UNEP and New Energy Finance.
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 2007. *Call for Input on Non-Binding Best-Practice Examples on the Demonstration of Additionality to Assist the Development of PDDs, Particularly for SSC Project Activities*. Bonn: UNFCCC.
- . 2008a. *Investment and Financial Flows to Address Climate Change: An Update*. Bonn: UNFCCC.
- . 2008b. *Mechanisms to Manage Financial Risk from Direct Impacts of Climate Change*. Bonn: UNFCCC.
- Vagliasindi, M. 2008. "Climate Change Uncertainty, Regulation and Private Participation in Infrastructure." Background note for the WDR2010.
- Wara, M. 2007. "Is the Global Carbon Market Working?" *Nature* 445: 595–96.

- Wara, M., dan D. Victor. 2008. "A Realistic Policy on International Carbon Markets." Working Paper 74, Program on Energy and Sustainable Development, Stanford University, Stanford, CA.
- Watson, C., dan S. Fankhauser. 2009. "The Clean Development Mechanism: Too Flexible to Produce Sustainable Development Benefits?" Background paper for the WDR2010.
- Weitzman, M. L. 1974. "Prices vs. Quantities." *Review of Economic Studies* 41 (4): 477–491.
- World Bank. 2007a. "Annual Report On Portfolio Performance, Fiscal Year 2006." Quality Assurance Group, World Bank, Washington, DC.
- . 2007b. "Country Policy And Institutional Assessments 2007: Assessment Questionnaire." Operations Policy And Country Services, World Bank, Washington, DC.
- . 2007c. *World Development Indicators 2007*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009. *The Economics of Adaptation to Climate Change*. Washington, DC: World Bank.
- WRI (World Resources Institute). 2008. "Climate Analysis Indicators tool (CAIT)." Washington, DC.



Mempercepat Inovasi dan Difusi Teknologi

Kincir angin menghiasi bentang alam Eropa untuk menyediakan energi bagi aktivitas pertanian jauh sebelum listrik ditemukan. Kita harus bersyukur atas sejumlah kekuatan inovasi dan difusi teknologi, sehingga saat ini angin menggerakkan tahapan-tahapan pertama dari sesuatu yang dapat menjadi revolusi energi yang sesungguhnya. Antara tahun 1996 dan 2008, kapasitas angin yang terpasang di seluruh dunia meningkat dua puluh kali lipat menjadi lebih dari 120 gigawatt, memindahkan karbon dioksida (CO₂) yang diperkirakan sebesar 158 juta ton per tahun, seraya menciptakan 400.000 pekerjaan (Figur 7.1).¹ Kebanyakan dari pertumbuhan ini berkaitan dengan sejumlah insentif pemerintah dan penelitian yang didanai oleh publik dan

swasta, yang menurunkan biaya teknologi angin dan meningkatkan efisiensi.

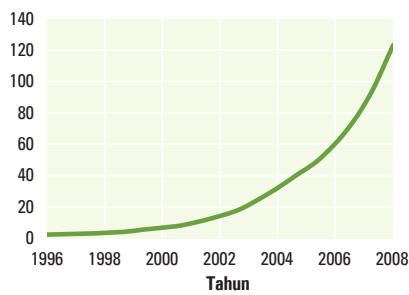
Meskipun sebagian besar kapasitas angin terpasang di Eropa dan Amerika Serikat, polanya berubah. Pada tahun 2008, India dan China masing-masing memasang kapasitas angin yang lebih besar daripada negara lain manapun kecuali Amerika Serikat, dan secara gabungan India dan China menguasai hampir 20 persen kapasitas dunia. Sebuah perusahaan India, Suzlon, merupakan salah satu dari pembuat turbin angin yang terkemuka di dunia dan mempekerjakan 13.000 orang di seluruh Asia. Jadi, teknologi angin yang mencuat secara global sedang menetapkan suatu model awal bagi pembangunan yang cerdas iklim. Kemajuan-kemajuan pelengkap, seperti informasi sumber daya angin geospasial global, mempermudah proses pengambilan keputusan sehingga lebih mudah untuk menempatkan teknologi tersebut (Peta 7.1).

Inovasi teknologi dan sejumlah penyesuaian institusional yang terkaitnya merupakan kunci untuk mengelola perubahan iklim—pada biaya yang wajar. Dan memperkuat inovasi nasional dan kapasitas teknologi dapat menjadi suatu katalis yang kuat bagi pembangunan.² Perekonomian yang berpendapatan tinggi, yang merupakan penghasil

Pesan Kunci

Mempertemukan perubahan iklim dengan tujuan pembangunan memerlukan peningkatan signifikan upaya-upaya internasional untuk mendifusikan teknologi yang sudah ada dan mengembangkan serta menyebarkan teknologi yang baru. Investasi publik dan swasta—saat ini mencapai puluhan miliar dollar per tahun—perlu ditingkatkan hingga mencapai ratusan miliar dollar per tahun. Kebijakan “penekanan teknologi” berdasarkan investasi publik pada penelitian dan pengembangan tidak cukup memadai. Kebijakan tersebut perlu disesuaikan dengan kebijakan “dorongan pasar” yang menciptakan insentif di sektor publik dan swasta untuk wirausaha, untuk kolaborasi, dan untuk mencari inovasi solusi di tempat yang memungkinkan. Mendifusikan teknologi cerdas iklim memerlukan lebih dari perlengkapan pengiriman yang siap pakai ke negara-negara berkembang; pendifusian juga memerlukan pembangunan kapasitas yang absortif dan peningkatan kemampuan sektor publik dan swasta untuk mengidentifikasi, mengadopsi, mengadaptasi, memperbaiki, dan menggunakan teknologi yang paling sesuai.

Figur 7.1 Kapasitas angin kumulatif global yang diinstal telah melonjak pada dekade terakhir
Gigawatt



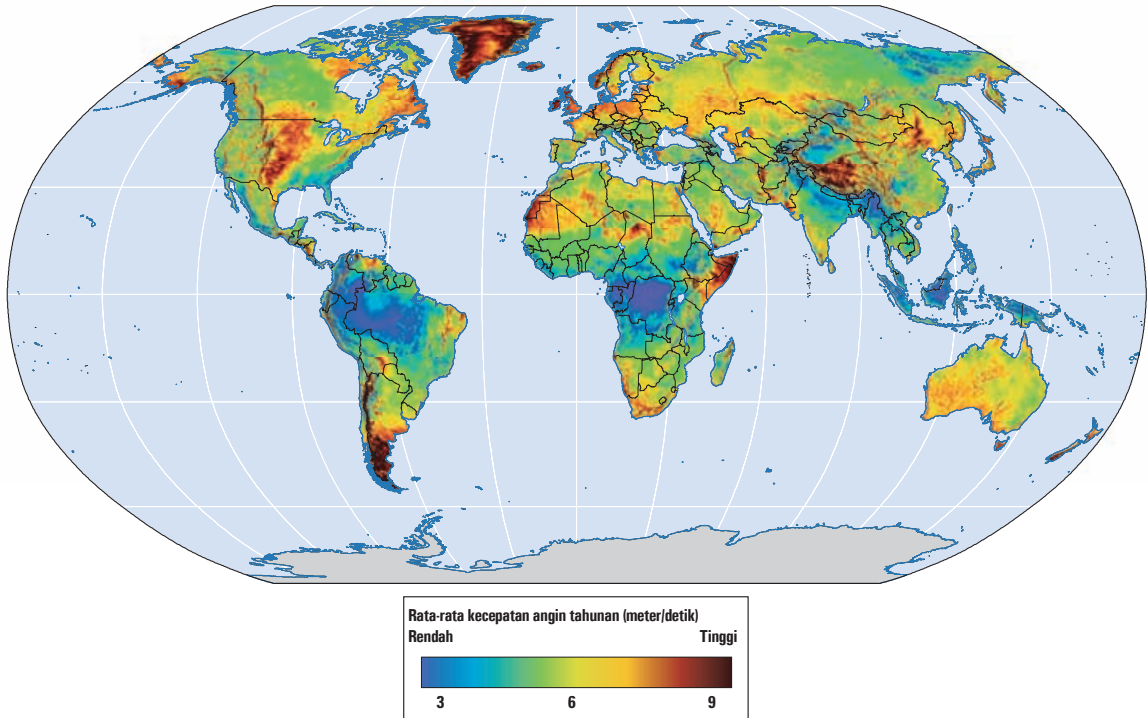
Sumber: Global Wind Energy Council 2009.

gas-gas rumah kaca yang besar, dapat mengganti persediaan teknologi tinggi karbonnya dengan sejumlah alternatif yang cerdas iklim sambil berinvestasi secara besar-besaran dalam sejumlah inovasi terobosan di masa depan. Negara-negara berpendapatan menengah dapat memastikan bahwa sejumlah investasinya akan menempatkan mereka di dalam arahan pertumbuhan rendah karbon dan bahwa sejumlah perusahaan di negara-negara tersebut akan memperoleh manfaat dari teknologi yang ada untuk dapat bersaing secara global. Negara-negara berpendapatan rendah dapat memastikan bahwa mereka mempunyai kapasitas teknologi untuk beradaptasi terhadap perubahan iklim dengan mengidentifikasi, menilai, mengadopsi, dan meningkatkan teknologi yang ada dengan pengetahuan dan keterampilan lokal. Dan seperti yang ditekankan di Bab 8, perubahan teknologi akan perlu dikombinasikan dengan perubahan perilaku manusia dan organisasi, seperti dukungan kebijakan-kebijakan lokal yang inovatif untuk mengurangi kerentanan manusia dan mengatur sumber daya alami.

Namun usaha-usaha global saat ini untuk berinovasi dan menyebarkan teknologi yang cerdas secara iklim akan kekurangan hal-hal yang diperlukan untuk mitigasi dan adaptasi. Investasi dalam

penelitian, pembangunan, demonstrasi, dan penyebaran (RDD&D) berkurang, dan krisis finansial mengurangi pembelanjaan swasta dalam teknologi yang cerdas secara iklim, yang menunda proses difusi. Memobilisasi teknologi dan mendorong inovasi dalam suatu skala yang memadai, seperti yang diajukan oleh bab ini, akan mensyaratkan bahwa sejumlah negara harus bekerja sama dan menggabungkan sumber dayanya, namun juga merancang sejumlah kebijakan domestik yang meningkatkan suatu infrastruktur pengetahuan dan lingkungan bisnis yang mendukung. Sebagian besar negara berkembang, khususnya negara-negara berpendapatan rendah, mempunyai ukuran pasar yang kecil yang jika diukur secara individual, tidak menarik untuk wirausahawan yang ingin memperkenalkan teknologi barunya. Namun, negara yang berdekatan dapat memperoleh massa kritis melalui integrasi ekonomi regional yang lebih besar.

Kerja sama internasional harus diperluas untuk menyediakan lebih banyak pembiayaan dan untuk merumuskan sejumlah instrumen kebijakan yang menciptakan pasar bagi inovasi yang cerdas secara iklim alih alih hanya berfokus pada subsidi penelitian. Harmonisasi internasional dari insentif-insentif regulasi (seperti harga karbon) dapat mempunyai suatu efek pengali pada investasi dengan menciptakan sejumlah kekuatan ke arah teknologi cerdas iklim. Penghargaan di bidang inovasi dan subsidi pengadaan dapat membangun permintaan dan merangsang munculnya gagasan-gagasan brilian. Dan di mana prioritas penelitian bertepatan dengan biaya tinggi, RDD&D bersama dapat mendorong keluar sejumlah batasan teknis. Konsep transfer teknologi harus diperluas untuk mendorong kapasitas negara untuk menyerap teknologi yang

Peta 7.1 Perluasan pemetaan angin membuka peluang baru

Sumber: Data disediakan oleh 3 Tier Inc.

Catatan: Ini adalah peta rata-rata kecepatan angin tahunan beresolusi 5-kilometer, dengan rata-rata yang diukur dari ketinggian 80 meter (ketinggian beberapa kincir angin), di seluruh daratan dunia.

ada. Dalam hal ini, sebuah perjanjian iklim internasional dengan fokus pada sistem atau subsistem teknologi yang spesifik menyajikan sebuah kesempatan yang unik. Pengumpulan risiko dan ketentuan transfer teknologi mungkin merupakan persyaratan bagi sebuah perjanjian.

Kebijakan domestik pelengkap dapat memastikan bahwa teknologi dipilih, diadaptasi, dan diserap secara efektif. Namun, mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengintegrasikan teknologi asing sering mengakibatkan biaya pembelajaran menjadi terabaikan, seperti melakukan modifikasi dan perbaikannya. Maka, infrastruktur ilmu pengetahuan pada universitas, lembaga penelitian, dan perusahaan harus didukung untuk membangun kapasitas ini.

Bab ini dilandasi oleh analisis sistem ketika teknologi berkembang atau melemah, mengelompokkan

sejumlah besar kebijakan dan faktor yang berperan sebagai rintangan atau katalis, menyarankan hal yang dapat dicapai jika kebijakan yang dipilih dikombinasikan dan ditingkatkan. Bab ini pertama-tama menggambarkan peran teknologi dalam memperkecil emisi gas rumah kaca, mendorong adaptasi terhadap perubahan iklim, dan menciptakan ekonomi yang kompetitif. Bab ini selanjutnya menilai jurang pemisah antara penemuan, inovasi, dan difusi yang tersebar luas di pasaran. Kemudian mempelajari bagaimana kebijakan internasional dan domestik dapat menjembatani jurang pemisah tersebut.

Peralatan, teknologi, dan institusi yang tepat dapat membuat dunia cerdas iklim berada dalam genggaman

Untuk membatasi suhu global dari kenaikan lebih dari 2°C, emisi dunia

KOTAK 7.1 *Rekayasa kebumian untuk menghadapi perubahan iklim*

Laju perubahan iklim saat ini, proposal mitigasi dan adaptasi yang ada mungkin tidak akan tepat untuk menghindari dampak yang diperkirakan. Oleh karena itu, pilihan kemungkinan rekayasa kebumian mengalami peningkatan pengawasan. Rekayasa kebumian dapat didefinisikan sebagai tindakan atau intervensi yang dilakukan untuk tujuan utama membatasi penyebab perubahan iklim atau dampak yang dihasilkan. Termasuk mekanisme yang meningkatkan penyerapan atau penangkapan karbon dioksida (CO_2) oleh lautan atau vegetasi, membelokkan atau merefleksikan sinar matahari yang datang, atau menyimpan CO_2 yang dihasilkan oleh penggunaan energi untuk tempat penampungan.

Pilihan yang mungkin untuk tambahan penangkapan karbon dioksida termasuk praktik manajemen daratan yang meningkatkan penahanan karbon pada tanah dan pepohonan, seperti yang dibahas pada Bab 3. Pilihan tersebut juga memungkinkan untuk menstimulasi pertumbuhan fitoplankton dan ledakan alga di lautan dengan menambahkan beberapa nutrisi seperti zat besi dan urea. Ketika fitoplankton dan alga berfotosintesis, tumbuhan tersebut akan mengambil karbon dioksida dari permukaan air. Keefektifan dari peningkatan pendekatan

tersebut akan bergantung pada apa yang terjadi terhadap CO_2 pada jangka waktu yang lama; jika CO_2 diintegrasikan ke dalam produksi limbah dari hewan yang memakan plankton dan hidup di dasar laut, maka CO_2 akan dihilangkan secara esensial dari sistem untuk bermilenium berikutnya. Walau bagaimanapun, penelitian terbaru menunjukkan bahwa penghitungan kapasitas penghilangan karbon sebelumnya telah diperkirakan secara berlebihan. Beberapa penelitian tentang durasi penangkapan juga perlu dilakukan seperti yang dilakukan pada potensi dampak toksikologi perubahan mendadak zat besi dan urea di ekosistem laut. Jika studi lanjutan menegaskan potensinya, rekayasa kebumian dapat dimulai secepatnya dan pada skala yang relevan.

Membuat air permukaan laut lebih dingin dan lebih kaya nutrisi juga dapat menstimulasi peningkatan produktivitas lautan dan potensi penghilangan CO_2 dari permukaan air. Pendinginan juga bermanfaat untuk terumbu karang, yang sensitif terhadap suhu tinggi. Akhirnya, pendinginan permukaan air akan menurunkan intensitas angin topan. Penelitian awal pada pompa bertenaga ombak untuk mendinginkan permukaan air menunjukkan

bahwa pendekatan ini mungkin akan berhasil, tetapi diperlukan penelitian dan investigasi lebih lanjut.

Pilihan rekayasa kebumian lainnya adalah menghilangkan gas rumah kaca termasuk menghilangkan gas-gas dari atmosfer dengan solusi penyerapan CO_2 (kemudian menyimpan tangkapan karbon di bawah permukaan tanah atau jauh di dasar lautan), atau menggunakan laser untuk memusnahkan molekul halocarbon tahan lama—dikenal sebagai penyebab utama penipisan ozon tetapi juga gas rumah kaca yang sangat kuat (lihat Fokus A Ilmu Pengetahuan Iklim). Pilihan ini masih berada dalam tahap penelitian awal.

Beberapa pendekatan untuk memantulkan sinar datang matahari telah diajukan. Beberapa di antaranya dapat ditujukan ke wilayah tertentu, misalnya untuk mencegah pelelehan es di laut Arktik atau lapisan es di Greenland. Sebuah pendekatan menyuntikkan aerosol sulfat ke dalam atmosfer. Pendekatan ini tampaknya akan menjadi metode yang efektif untuk pendinginan—letusan gunung berapi Mount Pinabo pada 1991 menyebabkan pendinginan pada bumi sebesar 1°C selama sekitar satu tahun. Untuk mempertahankan pendinginan tipe ini, suntikan

(Bersambung)

harus menurun sebesar 50–80 persen pada dekade mendatang. Dalam jangka pendek, emisi dunia dapat berkurang secara drastis dengan percepatan penyebaran teknologi yang ada di negara-negara yang emisinya besar.

Namun, untuk mencapai tujuan emisi jangka menengah yang lebih ambisius, diperlukan teknologi terobosan. Model-model menunjukkan bahwa empat area teknologi yang utama di masa depan berada pada inti sebuah solusi: efisiensi energi, penangkapan dan penyimpanan karbon, sumber daya terbaru generasi mendatang, termasuk biomassa, angin dan matahari, dan nuklir (lihat Bab 4).³ Keempat area tersebut membutuhkan riset, pengembangan, dan demonstrasi (RD&D) yang lebih lanjut

untuk menentukan apakah mereka dapat disebarkan secara cepat di pasar tanpa konsekuensi yang merugikan.

Meskipun sangat menjanjikan, baik strategi pengurangan emisi jangka pendek maupun menengah menghadapi sejumlah tantangan yang penting. Teknologi pengguna akhir yang memperbaiki efisiensi dan memanfaatkan sejumlah sumber dengan emisi rendah dapat mengurangi permintaan energi total, namun memerlukan perubahan perilaku individu dan perusahaan (lihat Bab 8). Penangkapan dan penyimpanan karbon dapat memainkan suatu peranan yang lebih besar jika tempat yang cocok secara geologis dapat diidentifikasi di dekat pembangkit tenaga listrik dan jika institusi menyediakan sumber daya dan

KOTAK 7.1 *Lanjutan*

rutin aerosol harus dilakukan secara konstan. Selain itu, aerosol sulfat dapat memperparah penipisan ozon, menyebabkan hujan asam, dan merugikan kesehatan manusia.

Alternatifnya, kabut laut dapat disebarkan di langit dari armada kapal otomatis, sehingga "pemutihan" dan meningkatkan reflektivitas awan laut yang rendah yang menutupi lautan dunia. Bagaimanapun juga, distribusi awan yang tidak merata menyebabkan pendinginan regional dan hot spot dan bergerak mengikuti arah angin kapal penyemprot.

Meningkatkan reflektivitas permukaan tanah juga dapat membantu. Membuat atap dan trotoar berwarna putih atau terang akan membantu mengurangi pemanasan global baik dengan cara konservasi energi dan memantulkan sinar matahari ke angkasa dan akan setara dengan menyingkirkan semua mobil dari jalan raya selama 11 tahun.

Proposal lainnya menempatkan keping deflektor surya di antara Matahari dan Bumi. Diameter keping sekitar 1.400 kilometer dapat mengurangi radiasi matahari sekitar 1 persen, setara dengan memaksa radiasi emisi yang diproyeksikan untuk abad ke-21. Namun, analisis menunjukkan bahwa pendekatan yang

paling efektif biaya untuk mengimplementasikan strategi ini adalah merancang pendirian pabrik manufaktur untuk deflektor di Bulan, tugas yang berat. Ide yang serupa dengan menggunakan cermin ganda (seperti 55.000 cermin yang mengorbit matahari, masing-masing berukuran kasar 10 kilometer persegi) telah didiskusikan. Walau bagaimanapun, ketika masing-masing cermin yang mengorbit melewati jalur antara Matahari dan Bumi, cermin-cermin tersebut akan memendarkan cahaya Matahari, menyebabkan sinar matahari yang jatuh ke permukaan bumi berkelap-kelip.

Bahkan terdapat proposal tentang rekayasa kebumian yang lebih mirip dengan modifikasi cuaca, seperti usaha menekan badai tropis ke arah laut dan jauh dari daerah permukiman manusia untuk mengurangi kerusakan. Walaupun penelitian tentang ide tersebut masih berada dalam tahap awal, model-model iklim terbaru mampu menganalisis potensi efektivitas proposal tersebut, sesuatu yang sebelumnya tidak mungkin ketika modifikasi angin topan diusahakan beberapa dekade yang lalu.

Walaupun pelaksanaan rekayasa kebumian mungkin dilakukan oleh sebuah

negara, negara manapun akan terpengaruh oleh pelaksanaan tindakan semacam ini. Untuk alasan ini, penting untuk mulai mendiskusikan masalah pemerintahan yang terkait dengan rekayasa kebumian. Penelitian yang didanai oleh investor dalam pendudukan pemupukan zat besi telah memunculkan pertanyaan seputar apakah entitas atau institusi internasional mempunyai yurisdiksi. Pertanyaan seputar penggunaan rekayasa kebumian untuk membatasi intensitas badai siklon tropis atau pemanasan Arktik akan menambah kerumitan. Oleh karena itu, tambahan penelitian ilmiah pada kemungkinan pendekatan dan dampaknya, harus didukung dengan penelitian sosial, etika, resmi, dan ekonomi untuk mengeksplor apa yang diukur oleh rekayasa kebumian dan tidak berada dalam cakupan penerimaan internasional.

Sumber: S. Connor, "Climate Guru: 'Paint Roofs White.'" *New Zealand Herald*, 28 Mei 2009; American Meteorological Association, http://www.ametsoc.org/policy/2009geoengineeringclimate_amsstatement.html (diakses 27 Juli 2009); Atmocean, Inc., <http://www.atmocean.com/> (diakses 27 Juli 2009); MacCracken 2009; "Geoengineering: Every Silver Lining Has a Cloud," *Economist*, 29 Januari 2009; lihat juga U.S. Energy Secretary Steven Chu, <http://www.youtube.com/watch?v=5wDlkKroOUQ>.

kebijakan untuk penangkapan karbon jangka panjang.⁴ Bioteknologi dan biofuel generasi kedua memiliki potensi mitigasi yang besar, namun berdampak pada penggunaan tanah (lihat Bab 3). Angin dan matahari (baik sel fotovoltaik maupun panas matahari) dapat meluas dengan cepat jika penyimpanan dan transmisi energi meningkat. Sebuah generasi baru pembangkit tenaga nuklir dapat disebarkan secara ekstensif di seluruh dunia, namun harus dapat mengatasi batasan-batasan institusional, masalah keamanan dan proliferasi, dan perlawanan publik di beberapa negara. Selain itu, beberapa negara telah mengajukan bahwa teknologi dapat berperan tidak hanya untuk mengurangi tingkat emisi, namun juga

untuk meringankan dampak-dampak perubahan iklim melalui rekayasa sistem bumi (Kotak 7.1).

Peraturan teknologi dan inovasi dalam adaptasi lebih jarang dipelajari daripada mitigasi, namun jelas bahwa kondisi iklim di masa mendatang pada dasarnya akan berbeda dengan kondisi iklim saat ini. Untuk merespons sejumlah perubahan di luar pengalaman historis diperlukan koordinasi institusional yang meningkat di tingkat-tingkat regional, sejumlah perangkat perencanaan yang baru, dan kemampuan untuk merespons berbagai tekanan lingkungan yang timbul seiring dengan perubahan iklim. Diperlukan investasi yang lebih besar dalam memahami kerentanan regional, dalam melakukan penilaian yang

berulang dan dalam mengembangkan strategi untuk membantu masyarakat bertahan dalam suatu iklim yang berubah.⁵

Mengintegrasikan sejumlah pertimbangan iklim ke dalam strategi pembangunan dapat mendorong pemikiran tentang adaptasi.⁶ Bab 2 menjelaskan bagaimana perubahan iklim akan memerlukan perancangan infrastruktur fisik yang sesuai dan melindungi kesehatan manusia. Bab 3 menggambarkan bagaimana adaptasi akan memerlukan cara baru untuk mengelola sumber daya alami. Mempromosikan diversifikasi—misalnya, sistem energi, tanaman pertanian, dan aktivitas ekonomi—juga dapat membantu komunitas menghadapi kondisi perubahan yang cepat. Inovasi juga akan menjadi bagian yang penting untuk semua aktivitas ini.

Penelitian juga diperlukan untuk mengetahui efek perubahan iklim dan pilihan adaptasi yang berbeda pada masing-masing negara. Penelitian ini harus mengarakterisasi efek bermacam tekanan pada sistem alami dan sosioekonomi, dan perubahan sirkulasi di atmosfer dan lautan. Penelitian semacam itu sebaiknya menciptakan alat pemantauan baru, strategi baru untuk meningkatkan ketahanan, dan perencanaan kontingensi yang lebih baik. Oleh karena itu, diperlukan kapasitas ilmiah pada tingkat nasional.

Kapasitas untuk mengatasi mitigasi dan adaptasi akan membantu membangun ekonomi kompetitif yang kuat

Sejumlah teknologi canggih, seperti teknologi informasi dan komunikasi, dapat membantu secara spesifik menghadapi perubahan iklim walaupun yang cukup umum untuk digunakan di

sejumlah besar area yang meningkatkan produktivitas. Sensor merupakan sesuatu yang bermanfaat dalam otomatisasi industri, namun dapat juga membantu manajer limbah membatasi polusi. Telepon genggam membantu merespons bencana yang akan datang, seperti yang terjadi di desa daerah pantai Nallavadu, India, saat terjadinya tsunami tahun 2004,⁷ sekaligus juga dapat meningkatkan produktivitas bisnis. Di beberapa bagian di Senegal, Benin, dan Zambia, telepon menyebarkan informasi tentang harga bahan pangan dan inovasi dalam teknik pertanian.⁸

Memanfaatkan sejumlah peluang teknologi yang berasal dari perubahan iklim juga menjanjikan kepemimpinan teknologi dan sebuah keunggulan bersaing yang baru. China belum terjebak dalam pertumbuhan karbon yang intensif, dan berpotensi sangat besar (menarik secara ekonomis) dalam usaha melompati sejumlah teknologi usang yang tidak efisien. Tidak seperti negara maju, di China, sejumlah besar penanaman modal di bidang perumahan dan industri pada dekade selanjutnya masih akan dikembangkan. Dengan menggunakan teknologi yang ada, seperti optimisasi sistem yang dikendalikan oleh mesin (pompa dan kompresor), China dapat mengurangi permintaan energi industrinya di tahun 2020 sebesar 20 persen, seraya meningkatkan produktivitasnya.⁹

Resesi global saat ini dapat memberikan suatu dasar untuk inovasi dan pertumbuhan yang cerdas iklim. Krisis dapat memicu inovasi karena krisis menyebabkan suatu fokus yang genting dalam mobilisasi sumber daya dan pemecahan rintangan yang secara normal menghalangi jalannya inovasi.¹⁰ Dan biaya peluang penelitian dan pengembangan (R&D), investasi

jangka panjang, lebih rendah selama masa krisis ekonomi.¹¹ Di awal tahun 1990-an, kebangkitan Finlandia dari resesi ekonomi yang besar, sangat ditentukan oleh restrukturisasinya menjadi suatu perekonomian yang berbasis inovasi, dengan peningkatan tajam dalam pembelanjaan penelitian dan pengembangan pemerintah untuk membuka jalan bagi sektor swasta. Peningkatan yang sama dapat dicapai dengan penelitian dan pengembangan yang cerdas secara iklim.

Dan dengan tingkat pengembalian yang tinggi, penelitian dan pengembangan menyajikan sejumlah peluang yang belum dimanfaatkan dalam pertumbuhan ekonomi. Sebagian besar ukuran tingkat pengembalian penelitian dan pengembangan menurun sebesar 20 sampai 50 persen, jauh lebih besar daripada investasi modal.¹² Dan sejumlah estimasi memperlihatkan bahwa negara berkembang dapat menginvestasi dua kali lipat lebih besar dari jumlah yang mereka tahu saat ini.¹³ Walaupun demikian, pengalaman menunjukkan bahwa penelitian dan pengembangan bersifat prosiklis, naik dan turun dengan ledakan dan kegagalan, dan perusahaan tampaknya berpikiran pendek selama masa resesi, membatasi investasi pada inovasi, walaupun hal ini termasuk strategi yang suboptimal.¹⁴ Paket stimulus yang dikembangkan oleh sejumlah negara sebagai reaksi terhadap resesi menawarkan sebuah peluang yang tepat waktu bagi investasi baru dalam inovasi yang cerdas iklim (lihat Bab 1).¹⁵

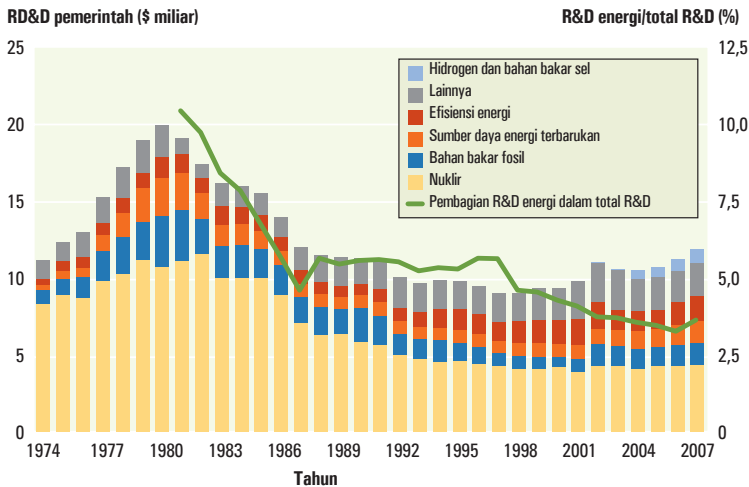
Resesi global saat ini juga memberikan sejumlah peluang bagi restrukturisasi ekonomi di negara berpendapatan tinggi yang terjebak dalam pertumbuhan karbon yang tinggi. Mengatasi inersia teknologi dan kewenangan institusional di sejumlah

negara tersebut menyisakan satu dari sejumlah rintangan yang paling penting dalam transisi menuju ekonomi rendah karbon.¹⁶ Inersia dan wewenang itu sendiri merupakan atribut dari sistem tekno-ekonomi yang ada dan tidak dapat dihilangkan melalui sejumlah proses diplomatik. Inersia dan wewenang dapat membawa perubahan aktual dalam struktur ekonomi. Kebijakan yang cerdas iklim harus mencakup mekanisme untuk mengidentifikasi siapa yang harus menghilangkan dan meminimalkan dislokasi sosioekonomi.

Meskipun inovasi yang cerdas iklim lebih banyak terkonsentrasi di negara berpendapatan tinggi, negara berkembang mulai memberikan kontribusi penting. Negara berkembang menghasilkan 23 persen (\$26 triliun) investasi baru dalam efisiensi energi dan energi yang terbarukan di tahun 2007, meningkat dibandingkan 13 persen di tahun 2004.¹⁷ Sebanyak delapan puluh dua persen dari investasi tersebut terkonsentrasi di tiga negara—China, Brazil, dan India. Pengembang dan pembuat mobil listrik yang paling laris di dunia adalah perusahaan India, Reva Electric Car Company. Dengan sebagian besar penjualannya di sejumlah negara maju, perusahaan ini telah memasuki pasar manufaktur mobil.¹⁸

Negara-negara BRIICS (Brazil, Federasi Rusia, India, Indonesia, China, dan Afrika Selatan) hanya mewakili sebesar 6,5 persen dari paten energi global yang terbarukan di tahun 2005,¹⁹ namun negara-negara ini dengan cepat mengejar ketinggalannya dari negara maju, dengan tingkat pertumbuhan paten tahunan yang lebih dari dua kali lipat di Uni Eropa atau Amerika Serikat. Dan negara-negara ini mengembangkan suatu batas teknologi dalam teknologi energi terbarukan, dengan kurang-

Figur 7.2 Dana pemerintah untuk RD&D energi mendekati batas bawahnya, dan nuklir mendominasi



Sumber: IEA 2008a; IEA, <http://www.iea.org/Textbase/stats/rds.asp> (diakses 2 April 2009); Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), <http://www.oecd.org/statsportal> (diakses 2 April 2009).

Catatan: RD&D dihitung pada harga dan nilai tukar 2007. Nilai pada sumbu kiri adalah untuk RD&D (yaitu termasuk demonstrasi pada tambahan penelitian dan pengembangan), seperti yang dikhususkan pada sektor energi. Walaupun demikian, karena total R&D lintas sektor sendiri tersedia, sumbu kanan hanya memasukkan R&D.

lebih 0,7 persen dari paten mereka untuk sektor tersebut dari tahun 2003 sampai 2005, meningkat kurang dari 0,3 persen di Amerika Serikat. Tahun 2005 China berada di urutan ketujuh dari keseluruhan paten energi yang terbarukan, dan di urutan kedua setelah Jepang dalam penemuan-penemuan di bidang sistem pemanasan bumi dan semen, dua sumber potensi yang terbesar bagi mitigasi.²⁰

Semua negara akan perlu meningkatkan upayanya untuk menyebarkan teknologi yang cerdas iklim yang ada dan menciptakan sejumlah teknologi baru

Pembelanjaan publik dan swasta untuk RD&D yang berkaitan dengan energi tidaklah cukup dekat dengan apa yang dibutuhkan untuk proses transisi ke dunia yang cerdas iklim. Dalam jangka waktu yang absolute, anggaran RD&D energi pemerintah global telah berkurang sejak awal tahun 1980-an, turun hampir setengahnya dari

tahun 1980 sampai 2007 (Figur 7.2). bagian energi di anggaran penelitian dan pengembangan pemerintah (tidak termasuk demonstrasi) juga berkurang, dari 11 persen di tahun 1985 menjadi kurang dari 4 persen di tahun 2007 (garis hijau pada Figur 2), yang terkonsentrasi secara besar pada nuklir. Sejumlah perbandingan dengan subsidi publik dalam energi atau produk minyak tanah bahkan lebih terungkap (Figur 7.3). Namun, keinginan belakangan ini agar terjadi kenaikan dalam penelitian dan pengembangan bidang energi menjadi \$100 miliar hingga \$700 miliar per tahun²¹ dapat dicapai. Jepang telah menjadi pemimpinnya, membelanjakan 0,08 persen dari PDB-nya untuk RD&D energi publik, jauh di atas angka estimasi rata-rata IEA sebesar 0,03.²²

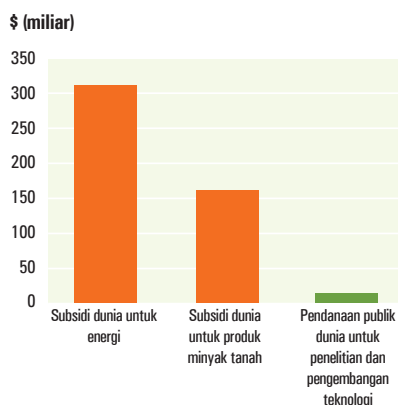
Dengan adanya pertumbuhan yang pesat baru-baru ini, pembelanjaan sektor swasta untuk RD&D energi sebesar \$40 hingga \$60 miliar per tahun jauh melebihi pembelanjaan sektor publik. Meskipun demikian, dengan pendapatan 0,5 persen, pembelanjaan swasta setidaknya hanya satu tingkat lebih kecil daripada investasi RD&D sebesar 8 persen dalam sektor industri elektronik dan 15 persen dalam sektor farmasi.²³

Dan kemajuan dalam sejumlah teknologi berjalan terlalu lambat. Meskipun paten energi terbarukan telah bertumbuh dengan cepat sejak pertengahan 1990-an, angkanya masih lebih kecil dibandingkan 0,4 persen dari keseluruhan paten di tahun 2005, hanya dengan 700 aplikasi.²⁴ Sebagian besar pertumbuhan pada hak paten teknologi rendah karbon terkonsentrasi pada limbah, penerangan, metana, dan angin, tetapi perbaikan pada sejumlah teknologi menjanjikan yang lainnya seperti tenaga surya, lautan, dan panas

bumi lebih terbatas (Figur 7.4), dengan sedikit kemajuan terhadap pengurangan biaya.

Negara berkembang masih tertinggal dalam hal inovasi bagi adaptasi. Meskipun lebih efektif dari segi biaya bagi negara berkembang untuk mengadopsi teknologi dari luar daripada mengembangkan inovasi di dalam negeri, sejumlah solusi teknologi bagi sejumlah problem lokal tidak dapat digunakan dalam beberapa kasus.²⁵ Inovasi tidak hanya relevan untuk negara-negara ekonomi tinggi. Misalnya, kemajuan dalam bioteknologi menawarkan peluang untuk beradaptasi terhadap kejadian yang bergantung pada iklim (kekeringan, gelombang panas, hama, dan penyakit) yang memengaruhi pertanian dan kehutanan. Pematenan bioteknologi, yang mulai mendapatkan momentum dari negara-negara berkembang masih menandakan bahwa paten global sedikit diabaikan. Hal itu akan menyulitkan untuk mengembangkan pertanian yang lokasinya spesifik serta respons kesehatan terhadap perubahan iklim. Lebih lanjut lagi, pembelanjaan penelitian dan pengembangan pertanian yang sedikit—meskipun naik sejak tahun 1981—terjadi di sejumlah negara berkembang. Negara berpendapatan tinggi terus-menerus bertanggung jawab terhadap lebih dari 73 persen investasi dalam penelitian dan pengembangan pertanian global. Di negara berkembang, sektor publik membuat investasi pada penelitian dan pengembangan pertanian sebesar 93 persen, dibandingkan dengan 47 persen di negara berpendapatan tinggi. Akan tetapi, organisasi sektor publik khususnya kurang efektif pada penelitian komersial jika dibandingkan dengan sektor swasta.³⁴

Figur 7.3 Batas pengeluaran tahunan untuk penelitian dan pengembangan energi dan perubahan iklim terhadap subsidi



Sumber: IEA 2008; IEA 2008b; IEA, <http://www.iea.org/Textbase/stats/ird.asp> (diakses 2 April 2009).

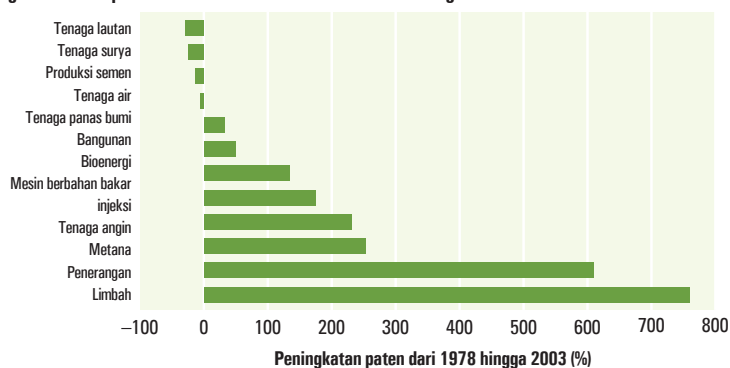
Catatan: Perkiraan subsidi global berdasarkan pada subsidi hanya untuk 20 negara-negara non-OECD bersubsidi tertinggi (subsidi energi di negara-negara OECD sangat minim).

Kolaborasi internasional dan pembagian biaya dapat memengaruhi usaha domestik untuk meningkatkan inovasi

Kerja sama untuk menggerakkan perubahan teknologi meliputi harmonisasi legislatif dan peraturan, koordinasi dan pembagian pengetahuan, pembagian biaya, dan transfer teknologi (Tabel 7.1). Beberapa usaha sedang dijalankan, dan sejumlah usaha lainnya menawarkan beberapa peluang yang belum dimanfaatkan.

Oleh karena kombinasi teknologi yang diperlukan dan tahap

Figur 7.4 Batas penemuan tidak merata untuk semua teknologi rendah karbon



Sumber: Dechezleprêtre dkk. 2008.

Tabel 7.1 Kesepakatan berorientasi teknologi internasional yang spesifik terhadap perubahan iklim

Jenis kesepakatan	Subkategori	Kesepakatan yang ada	Dampak potensial	Risiko	Implementasi	Sasaran
Harmonisasi legislatif dan regulasi	Penyebaran teknologi dan mandat kinerja	Sangat sedikit (umumnya EU)	Dampak tinggi	Pilihan-pilihan teknologi yang salah yang dilakukan oleh pemerintah	Sulit	Teknologi energi dengan dampak penguncian yang kuat (transportasi) dan sangat terdesentralisasi (efisiensi energi)
Pembagian dan koordinasi ilmu pengetahuan	Pertukaran ilmu pengetahuan dan koordinasi penelitian Standar dan label sukarela	Banyak (seperti International Energy Agency)	Dampak rendah	Tidak ada risiko yang utama	Mudah	Semua sektor
		Beberapa (EnergyStar, ISO 14001)	Dampak rendah	Adopsi standar yang terbatas dan pemberian label oleh sektor swasta	Mudah	Produk industri dan konsumen; sistem komunikasi
Inovasi pembagian biaya	Instrumen “mendorong teknologi” berbasis subsidi	Sangat sedikit (ITER)	Dampak tinggi	Ketidakpastian hasil penelitian	Sulit	RD&D tahap prakompetisi dengan skala ekonomi tinggi (penangkapan dan penyimpanan karbon—CCS, angin lepas pantai)
	Instrumen “menarik pasar” yang berbasis upah	Sangat sedikit (Ansari X-prize)	Dampak menengah	Kompensasi dan usaha yang diperlukan dapat menghasilkan tingkat inovasi yang tidak tepat	Moderat	Masalah berskala menengah yang spesifik; solusi untuk membangun pasar-pasar negara; solusi tidak membutuhkan penelitian dan pengembangan yang fundamental
	Instrumen yang menjembatani jurang	Sangat sedikit (Qatar-UK-Clean Technology Investment Fund)	Dampak tinggi	Pembiayaan tetap tidak terpakai karena ketiadaan aliran kesepakatan	Moderat	Teknologi pada tingkat demonstrasi dan penyebaran
Transfer teknologi	Transfer teknologi	Beberapa (Clean Development Mechanism, Global Environmental Facility)	Dampak tinggi	Daya serap negara penerima yang rendah	Moderat	Teknologi yang mapan (angin, efisiensi energi), spesifik wilayah (pertanian) dan sektor publik (peringatan dini, proteksi pantai)

Sumber: Davis dan Davis 2004; De Coninck dkk. 2007; Justus dan Philibert 2005; Newell dan Wilson 2005; Philibert 2004; World Bank 2008a.

pengembangannya serta karena tingkat adopsi globalnya sangat bervariasi, maka semua pendekatan bagi kerja sama ini akan diperlukan. Selain itu, teknologi yang cerdas iklim tidak dapat dihasilkan melalui usaha yang terfragmentasi. Inovasi harus dilihat sebagai suatu sistem di mana berbagai pelaku dan teknologi saling berinteraksi, tidak sekadar sebuah produk penelitian dan pengembangan (Kotak 7.2).²⁸ Subsidi untuk penelitian, demonstrasi, dan penyebaran teknologi harus dikombinasikan dengan insentif pasar bagi perusahaan untuk melakukan inovasi dan menggerakkan teknologi di sepanjang rantai inovasi (Figur 7.5).²⁹ Dan inovasi harus berdasarkan aliran ilmu pengetahuan di semua sektor dan sejumlah kemajuan dalam teknologi

umum, seperti teknologi informasi dan komunikasi dan bioteknologi.

Harmonisasi perundang-undangan membentuk kerangka dari semua kesepakatan teknologi yang cerdas iklim

Insentif yang diselaraskan dengan suatu jangkauan geografis yang luas dapat menarik sekumpulan investor besar dan pasar-pasar untuk inovasi yang cerdas iklim. Penentuan harga karbon, standar portofolio terbarukan, dan mandat kinerja seperti standar ekonomi bahan bakar otomotif (lihat Bab 4) adalah efektif biaya dan dapat memicu perkembangan dan penyerapan teknologi rendah karbon. Sebagai contoh, sejumlah negara telah memulai

KOTAK 7.2 *Inovasi adalah suatu proses yang membingungkan dan hanya dapat dipromosikan dengan kebijakan-kebijakan yang mengacu pada berbagai bagian sistem yang kompleks*

Di sebagian negara, kebijakan pemerintah masih dikendalikan oleh suatu pandangan linier dan kuno mengenai inovasi, yang menganggap inovasi sebagai empat tahap yang berurutan.

- Penelitian dan pengembangan, yang berfokus pada penemuan solusi bagi masalah teknis tertentu dan menerapkannya kepada teknologi baru.
- Proyek demonstrasi, untuk mengadaptasi teknologi lebih jauh dan mendemonstrasikan kegunaannya dalam skala yang lebih besar dan aplikasinya di dunia nyata.
- Penyebaran, ketika rintangan teknis fundamental telah dipecahkan dan potensi komersial dari suatu teknologi menjadi nyata.
- Difusi, yang timbul ketika teknologi menjadi peluang di pasar.

Namun, kenyataan menunjukkan bahwa inovasi itu jauh lebih kompleks. Sebagian besar

inovasi gagal di satu tahap tertentu. Umpan balik dari perusahaan manufaktur dalam tahap penyebaran, dan dari pedagang eceran dan konsumen dalam tahap difusi, mengalir kembali ke beberapa tahap lainnya, memodifikasi tindakan inovasi secara menyeluruh, mengarahkan pada sejumlah gagasan dan produk yang tidak diharapkan, atau biaya yang tidak diprediksikan. Kadang kala, sejumlah terobosan inovasi tidak dikendalikan oleh penelitian dan pengembangan, melainkan oleh model bisnis baru yang telah menggabungkan semua teknologi yang ada. Dan kurva pembelajarannya, di mana biaya per unit menurun sebagai fungsi produksi kumulatif atau RDD&D kumulatif, tidak dipahami dengan baik.

Lalu mengapa hal ini penting bagi kebijakan? Pandangan yang linier memberikan kesan yang menyesatkan bahwa inovasi dapat dikelola hanya dengan memasok input penelitian yang lebih banyak (dorongan teknologi) dan menciptakan insentif pasar (tarikan pasar).

Ketika kedua jenis kebijakan ini menjadi sangat penting, mereka mengabaikan kontribusi dari sejumlah interaksi di antara para pelaku yang terlibat dalam berbagai tahap inovasi: perusahaan, konsumen, pemerintah, universitas, dan semacamnya. Kemitraan, pembelajaran dengan menjual atau membeli suatu teknologi dan pembelajaran melalui proses imitasi memainkan sejumlah peranan penting. Hal yang sama pentingnya adalah sejumlah kekuatan yang mengendalikan proses difusi. Kesesuaian, manfaat yang dirasakan, dan biaya pembelajaran untuk menggunakan sebuah produk baru, seluruhnya merupakan penggerak utama dari inovasi. Kebijakan yang efektif harus menemukan cara-cara untuk merangsang seluruh tahapan dari proses inovasi ini, khususnya ketika terdapat jurang pada pasar.

Sumber: Tidd 2006; World Bank 2008a.

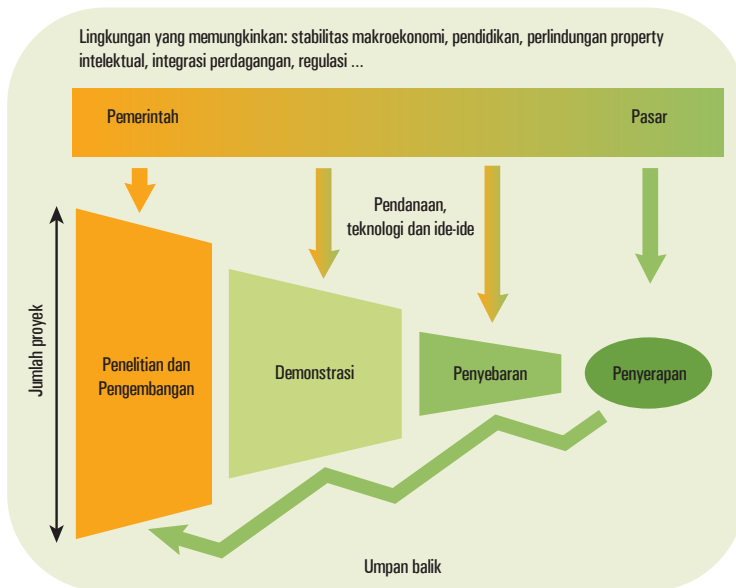
sejumlah penelitian untuk mengakhiri penggunaan lampu pijar, karena sejumlah teknologi yang lebih efisien, seperti lampu fluoresens dan juga lampu LED yang telah ada. Jika diselaraskan pada skala global, perundang-undangan ini dapat mengendalikan pasar bagi produk rendah karbon dengan cara yang sama dengan penyelarasan standar GSM yang menciptakan massa yang penting bagi pasar telepon genggam di Eropa pada 1990-an.

Kesepakatan untuk berbagi ilmu pengetahuan dan koordinasi merupakan pelengkap yang bermanfaat

Kesepakatan-kesepakatan teknologi dapat mengatasi kegagalan pasar dan kegagalan sistem dalam inovasi dan difusi. Kesepakatan semacam ini mengoordinasikan agenda penelitian nasional, sistem pertukaran informasi,

dan standar sukarela dan skema pelabelan. Kesepakatan koordinasi penelitian terdiri dari sebagian besar dari 42 kesepakatan teknologi International Energy Agency untuk mengoordinasikan penelitian, di mana sejumlah negara mendanai dan mengimplementasikan kontribusinya ke sejumlah proyek sektor tertentu yang berbeda, dari sel bahan bakar yang canggih sampai kendaraan listrik.³⁰ Kesepakatan dapat menghindarkan duplikasi investasi di sejumlah negara. Kesepakatan-kesepakatan tersebut juga mengizinkan Negara-negara secara bersama-sama memutuskan tentang siapa mengerjakan apa, sehingga memastikan bahwa tidak ada teknologi penting yang terabaikan, khususnya yang relevan bagi sejumlah negara berkembang (seperti biofuel dari bahan baku negara-negara berkembang dan pembangkitan listrik berkapasitas lebih rendah). Sistem pertukaran

Figur 7.5 Kebijakan memengaruhi setiap mata rantai dari rantai inovasi



Sumber: Diadaptasi dari IEA 2008a.

informasi termasuk Global Earth Observation System of Systems, yang akan menyediakan data dari berbagai sistem observasi dan penilaian (Kotak 7.3). Sejumlah contoh penting dari koordinasi internasional dalam sejumlah label adalah kesepakatan program Energy Star, melalui lembaga pemerintah di berbagai negara yang menyatukan skema pelabelan efisiensi energi sukarela yang tepat dengan menyediakan serangkaian kualifikasi efisiensi energi.³¹

Technology and Economic Assessment Panels dari Protokol Montreal menawarkan sebuah model untuk suatu kesepakatan bagi perubahan iklim, dalam hal ini efek penipisan ozon. Panel ini mempertemukan pemerintah, pengusaha, ahli akademis, dan organisasi lembaga swadaya ke dalam kelompok kerja untuk memantapkan kemungkinan teknologi spesifik dan jadwal untuk menahapkan produksi dan penggunaan chlorofluorocarbon dan zat kimia penipis ozon lainnya. Panel tersebut memperlihatkan bahwa kesepakatan koordinasi teknologi

bekerja paling baik ketika dihubungkan dengan mandat emisi, yang menyediakan sejumlah insentif bagi industri untuk berpartisipasi.³² Satu tantangan untuk mereplikasi model ini bagi perubahan iklim adalah diperlukannya sejumlah besar panel untuk menghadapi jangkauan luas teknologi yang memengaruhi perubahan iklim. Pendekatan yang lebih memungkinkan adalah untuk memulai membatasi pendekatan ini ke beberapa sektor yang strategis.

“Pendekatan Baru” oleh Uni Eropa untuk standardisasi juga menawarkan sebuah model untuk harmonisasi sejumlah standar yang cerdas iklim. Sejumlah barang yang diperdagangkan di Uni Eropa harus mematuhi keselamatan dasar, kesehatan publik, proteksi konsumen, dan proteksi lingkungan. Uni Eropa awalnya menangani masalah ini dengan mensyaratkan negara bagian anggotanya untuk menyelaraskan peraturan yang berisi spesifikasi teknis yang detail. Pendekatan ini mengatasi beberapa kesulitan yang serius. Pendekatan tersebut menyebabkan sejumlah kebuntuan dalam Dewan Eropa, dan menjadikan sulit untuk secara rutin membaharui perundang-undangan yang menggambarkan kemajuan teknologi. Di tahun 1985 Pendekatan Baru tersebut dirancang untuk mengatasi permasalahan ini. Barang-barang yang digolongkan dalam Pendekatan Baru harus secara sederhana memenuhi sejumlah “persyaratan dasar” yang sangat luas dan bersifat netral-teknologi yang dimasukkan ke dalam perundang-undangan yang harus diadopsi oleh setiap negara anggota Uni Eropa. Untuk memenuhi sejumlah persyaratan dari Pendekatan Baru, sejumlah produk dapat mematuhi standar Eropa yang selaras yang dikembangkan oleh salah satu dari tiga badan standardisasi Uni

Eropa regional yang bersifat sukarela. Di sana, beberapa komite teknis mewakili sejumlah gabungan industri, pemerintah, kaum akademis, dan konsumen yang menyetujui sejumlah standar yang dibuat oleh konsensus. Komite teknis terbuka untuk semua pemegang kendali dari negara anggota EU manapun yang ingin berpartisipasi. Suatu pendekatan serupa dapat menyelaraskan perundang-undangan yang cerdas iklim dan di semua negaranya melalui suatu perjanjian iklim, yang ditunjang oleh standar-standar sukarela yang dikembangkan secara terpisah melalui suatu proses konsensus terbuka.³³

Standar sukarela, label, dan koordinasi penelitian merupakan sejumlah perangkat kerja sama teknologi yang rendah biaya, namun sulit untuk menilai apakah perangkat ini mengakibatkan investasi teknologi tambahan.³⁴ Perangkat ini tidak mungkin dengan sendirinya dapat mengatasi kebutuhan investasi besar-besaran, keadaan mendesak, dan belajar-sambil-mencoba memerlukan teknologi seperti penangkapan dan penyimpanan karbon.

Kesepakatan pembagian biaya memiliki potensi hasil yang terbesar, jika dapat mengatasi sejumlah rintangan implementasi

Kesepakatan-kesepakatan pembagian biaya dapat menjadi kesepakatan yang “dorongan teknologi,” di mana pembangunan beberapa gabungan teknologi yang menjanjikan disubsidi oleh beberapa negara (dari atas ke bawah, paling kiri, Figur 7.5) sebelum diketahui tingkat keberhasilannya. Atau kesepakatan ini dapat menjadi kesepakatan “tarikan pasar,” di mana pendanaan memberikan imbalan bagi

teknologi yang telah terbukti berhasil—dengan menyediakan sejumlah sinyal pasar melalui putaran umpan balik. Kesepakatan ini juga menjembatani sejumlah jurang pemisah antara penelitian dan pasar dalam rantai inovasi.

Kesepakatan penelitian pembagian biaya. Hanya sebagian kecil program pembagian biaya internasional yang menunjang inovasi perubahan iklim, di antaranya adalah reaktor fusi ITER senilai \$12 miliar (Kotak 7.4) dan beberapa kesepakatan teknologi yang dikoordinasikan oleh International Energy Agency, dengan anggaran beberapa miliar dolar. Model kemitraan lainnya di antara sejumlah institusi penelitian adalah Inter-American Institute for Global Change Research, sebuah organisasi antarpemerintah yang didukung oleh 19 negara di benua Amerika, yang berfokus pada pertukaran informasi ilmiah antara para ilmuwan dan di antara para ilmuwan dan pembuat kebijakan. Misi dari pusat penelitian ini adalah mendorong suatu pendekatan regional (alih-alih nasional).

Terdapat potensi untuk secara besar-besaran meningkatkan skala sejumlah kesepakatan penelitian pembagian biaya untuk penelitian fundamental dan proyek demonstrasi, ketika biaya-biaya dan ketidakpastiannya besar. Konsorsium penelitian sangatlah cocok bagi penelitian yang mendesak dengan skala ekonomi dan ekonomi pembelajaran—seperti penangkapan dan penyimpanan karbon (Kotak 7.5), sel fotovoltaik generasi ketiga, angin lepas pantai yang kuat, biofuel generasi kedua, dan teknologi pemantauan iklim. Cakupan kerja sama ini lebih sempit, untuk sejumlah teknologi yang lebih dekat dengan komersialisasi, di mana

KOTAK 7.3 *Pemantauan yang inovatif: Membuat sebuah layanan iklim global dan sebuah “sistem dari sejumlah sistem”*

Permintaan akan data dan informasi yang berkelanjutan dan dapat diandalkan mengenai sejumlah tren, peristiwa yang tidak biasa, dan prediksi jangka panjang belum pernah sebesar yang ada sekarang. Sejumlah badan usaha publik dan swasta dalam sektor-sektor yang sangat beragam, dari transportasi, asuransi, energi, air, pertanian, dan perikanan meningkatkan penggabungan informasi iklim ke dalam perencanaannya. Peramalan semacam itu menjadi suatu komponen penting dari strategi adaptasinya.

Sebuah perusahaan layanan iklim global (*global climate services*, GCS) dapat menyediakan informasi terkait iklim yang dibutuhkan oleh masyarakat untuk merencanakan dengan lebih baik dan mengantisipasi kondisi iklim dengan lebih baik, dari rentang waktu bulanan hingga dekade. Perusahaan yang demikian harus meningkatkan sistem observasi yang ada, dan juga harus jauh melampauinya. Sebuah perusahaan layanan iklim global akan menyediakan informasi yang akan membantu menjawab sejumlah pertanyaan tentang infrastruktur kota yang cocok untuk bertahan dengan 100 tahun hujan ekstrem dan serangan badai yang sekarang akan muncul

pada skala yang besar dan frekuensi yang lebih sering, sehingga membantu para petani untuk menentukan jenis tanaman yang sesuai dan pengelolaan air selama masa kekeringan, memantau persediaan yang berubah dan aliran karbon di hutan dan permukaan tanah, dan mengevaluasi efektivitas sejumlah strategi tanggap bencana dalam kondisi iklim yang berubah.

Sebuah GCS akan memerlukan kerja sama inovatif antara pemerintah, sektor swasta, dan institusi lain, dan rancangannya akan menjadi penting. Memulai dengan pengamatan saat ini dan memodelkan kapasitas, desain multi-pusat-dan-jalur yang terhubung harus dikembangkan di mana layanan global disediakan untuk penyedia layanan regional yang sebagai gantinya mengirimkan informasi ke penyedia layanan lokal. Hal ini mengeliminasi keperluan bahwa setiap komunitas mengembangkan informasi yang kompleks dengan cara mereka.

Membangun Komponen sebuah GCS

Sejumlah informasi penting untuk mengembangkan sebuah GCS disediakan oleh National Meteorological and Hydrologic Service

Centers dan ditingkatkan oleh kontribusi Global Climate Observing System melalui berbagai lembaga pemerintah dan institusi lembaga swadaya. Sejumlah institusi lain seperti World Data Centers dan International Research Institute dan yang lainnya juga menyediakan data dan produk yang berkaitan dengan iklim secara rutin melalui sejumlah perkiraan dengan skala waktu bulanan hingga tahunan.

Terdapat sedikit contoh layanan iklim yang baru yang memberikan beberapa pemahaman atas sejumlah tantangan untuk mengembangkan sebuah perusahaan layanan iklim global. Salah satu contohnya adalah Pacific Climate Information System (PaCIS), yang memberikan sebuah kerangka program regional untuk mengintegrasikan observasi iklim yang terus berjalan dan yang mendatang, layanan peramalan operasional dan proyeksi iklim. PaCIS mempermudah penyatuan sejumlah sumber daya dan keahlian di satu sisi, dan identifikasi prioritas regional. Salah satu prioritas tertinggi bagi PaCIS adalah pembuatan akses masuk berbasis Web yang akan mempermudah penemuan dan akses terhadap data, produk, dan layanan iklim yang disediakan oleh U.S. National Oceanic and

(Bersambung)

hak-hak kekayaan intelektual menjadi lebih problematis dan ketika sejumlah negara secara individu mungkin menginginkan suatu keuntungan yang diperoleh oleh pengambil langkah pertama.

Kesepakatan pembagian biaya dapat berfokus pada sejumlah kecil area berprioritas tinggi dan dapat dinegosiasikan melalui sejumlah institusi internasional yang terpusat dengan sejumlah struktur negosiasi yang ada. Proyek ITER memperlihatkan bahwa sejumlah kesepakatan pembagian biaya berskala besar akan sulit diimplementasikan ketika sejumlah negara dapat mengingkari janji mereka atau tidak menyepakati

cara implementasinya. Memastikan keberlanjutan pendanaan untuk kesepakatan semacam ini akan memerlukan sejumlah insentif tambahan, seperti penalti terhadap pembatalan atau perjanjian kontrak oleh setiap pihak untuk meningkatkan pendanaannya (hingga suatu batasan atas) pada saat bergabungnya sejumlah pihak baru, untuk mencegah pemboncengan dan mengunci kesepakatan pembagian biaya menjadi sebuah perjanjian iklim.³⁵ Sebagian besar upaya-upaya teknologi dapat dilakukan oleh negara berpendapatan tinggi. Namun, agar efektif, kesepakatan pembagian biayanya harus mengikutsertakan negara-negara berkembang, khususnya negara-

KOTAK 7.3 *Lanjutan*

Atmospheric Administration dan rekanannya di sepanjang wilayah Pasifik.

Contoh lainnya adalah pembentukan regional climate centers, di mana World Meteorological Organization (WMO) secara formal telah bermaksud untuk mendefinisikan dan mendirikan sejak tahun 1999. WMO menjadi sensitif terhadap gagasan yang menyatakan bahwa tanggung jawab pusat regional (*regional center*) seharusnya tidak menjiplak atau menggantikan tanggung jawab lembaga yang sudah ada tetapi mendukung lima area utama: kegiatan operasional, termasuk interpretasi keluaran dari pusat peramalan global; mengoordinasi upaya-upaya yang menguatkan kolaborasi pengamatan, komunikasi, dan jaringan komputer; layanan data termasuk penyediaan data, mengarsipkannya, dan memastikan kualitasnya; pelatihan dan pembangunan kapasitas; dan penelitian tentang variabilitas iklim, kemampuan peramalan, dan dampaknya pada wilayah.

Mengintegrasikan sejumlah layanan iklim dengan sistem pemantauan lainnya

Membentuk sebuah sistem yang komprehensif dan terintegrasi untuk memantau perubahan lingkungan di seluruh muka planet ini merupakan usaha yang berada di luar kemampuan negara

manapun, sebagaimana pula usaha untuk menganalisis banyaknya data yang mungkin dihasilkan. Itulah sebabnya sebuah organisasi bernama Group on Earth Observation (GEO)—sebuah kemitraan yang bersifat sukarela dari sejumlah organisasi pemerintah dan internasional—mengembangkan suatu konsep Global Earth Observation System of Systems (GEOSS). Menyediakan sejumlah mekanisme kelembagaan untuk memastikan koordinasi, penguatan, dan penambahan sistem observasi Bumi global yang ada, GEOSS mendukung pembuat kebijakan, pengelola sumber daya, peneliti ilmiah, dan suatu spektrum yang luas dari pembuat keputusan di sembilan area: mitigasi risiko bencana, adaptasi terhadap perubahan iklim, pengelolaan sumber daya air yang terintegrasi, pengelolaan sumber daya laut, pelestarian keragaman hayati, pertanian dan kehutanan yang berkelanjutan, kesehatan publik, distribusi sumber daya energi, dan pemantauan cuaca. Informasi dihimpun dari berbagai pelampung di lautan, pos hidrologi dan meteorologi, satelit jarak jauh, dan portal pemantauan bumi berbasis Internet.

Beberapa kemajuan dini:

- Tahun 2007 China dan Brazil secara bersama-sama meluncurkan sebuah satelit pencitraan daratan dan berjanji untuk

mendistribusikan data observasi Bumi-nya ke Afrika.

- Amerika Serikat baru-baru ini membuka data selama 40 tahun dari arsip pencitraan jarak jauh yang paling besar di dunia kepada publik.
- Visualisasi regional dan sistem pemantauan untuk Mesoamerica, SERVIR, merupakan gudang akses bebas yang paling besar, yang terdiri dari data lingkungan, citra satelit, dokumen, metadata, dan aplikasi pemetaan tepat waktu. Pusat regional SERVIR untuk Afrika yang terletak di Nairobi memprediksikan terjadinya banjir di sejumlah area berisiko tinggi dan berjangkitnya Demam Lembah Rift.
- GEO mulai untuk mengukur persediaan dan emisi karbon yang berkaitan dengan hutan melalui sejumlah model yang terintegrasi, pemantauan di lokasi dan penginderaan jarak jauh.

Sumber: Global Earth Observation System of Systems (GEOSS). <http://www.epa.gov/geoss> (diakses bulan Januari 2009); Group on Earth Observations. <http://www.earthobservations.org>. (diakses bulan Januari 2009); IRI 2006; catatan dari Tom Karl, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Climatic Data Center, 2009; Pacific Region Integrated Climatology Information Products. <http://www.pricip.org/> (diakses tanggal 29 Mei 2009); Rogers 2009; Westermeyer.

negara berpendapatan menengah yang pertumbuhannya pesat yang harus memulai membangun kapasitas teknologi yang penting untuk pembangunan cerdas iklim jangka panjangnya. Sektor swasta juga harus diikutsertakan dalam kemitraan untuk memastikan teknologi nantinya dapat disebarkan melalui pasar.

Tarikan pasar, kesepakatan berbasis imbalan. Sejumlah inovasi terobosan berasal dari sejumlah tempat yang tidak diperkirakan, yang dapat dengan mudah terlewatkan oleh sejumlah program pendanaan besar. Tahun 1993, Shuji Nakamura, satu-satunya insinyur yang bekerja dengan anggaran terbatas

dalam sebuah perusahaan kecil di daerah pedalaman Jepang, membuat takjub komunitas ilmiah dengan kesuksesan pertama penemuan dioda yang memancarkan cahaya biru pertama. Ini merupakan langkah penting dalam penciptaan dioda yang memancarkan cahaya putih terang dengan efisiensi tinggi saat ini.³⁶ Beberapa inovator global yang memimpin—termasuk raksasa komputer Dell—menghabiskan lebih sedikit dibandingkan industri yang sejenis untuk penelitian dan pengembangan sebagai bagian dari penjualan.³⁷ Namun, para inovator terlatih dalam membidangi horizon untuk teknologi dan ide-ide berpotensi tinggi, dalam berkolaborasi dengan pihak

KOTAK 7.4 *ITER: Suatu awal yang panjang bagi pembagian biaya penelitian dan pengembangan energi*

ITER adalah sebuah proyek penelitian dan pengembangan internasional untuk mendemonstrasikan kemungkinan ilmiah dan teknis dari reaksi fusi untuk menghasilkan listrik tanpa menghasilkan limbah-limbah radioaktif yang terkait dengan fusi nuklir. Beberapa mitra dalam proyek ini adalah China, Uni Eropa, India, Jepang, Republik Korea, Federasi Rusia, dan Amerika Serikat.

ITER diusulkan pada tahun 1986, dan aktivitas perancangannya difinalisasi pada tahun 1990. Jadwal awalnya adalah membangun sebuah reaktor percobaan, dimulai pada tahun 1997, namun hal itu ditunda oleh sejumlah negosiasi mengenai rancangan eksperimen, pembagian biaya, lokasi rancangan, lokasi konstruksi, dan

penunjukan stafnya. Beberapa negara mengundurkan diri dari ITER, beberapa negara kemudian bergabung kembali, dan beberapa negara menarik pendanaannya untuk sementara.

ITER menunjukkan berbagai kesulitan dalam menegosiasikan proyek penelitian senilai \$12 miliar dengan hasil yang tidak pasti. Pendanaannya akhirnya disetujui pada tahun 2006. ITER diperkirakan akan beroperasi selama 20 tahun, setelah konstruksinya selesai pada sekitar 2017.

Sumber: <http://www.iter.org> (diakses 12 Desember 2008)

Catatan: ITER awalnya merupakan kepanjangan dari International Thermonuclear Experimental Reactors; saat ini disederhanakan menjadi ITER.

lain untuk penelitian dan pengembangan, dan dalam membawa teknologi baru ke pasar.³⁸ Beberapa teknologi cerdas iklim yang menjanjikan tampaknya akan muncul dari sektor yang khususnya tidak berasosiasi dengan perubahan iklim. Misalnya polimer penyerap air yang dapat memainkan suatu peranan penting dalam peningkatan revegetasi lahan kering dan ekosistem terdegradasi lainnya dengan menahan air pada tanah. Namun, sebagian besar kepentingan dalam teknologi ini terpusat pada para produsen produk-produk seperti popok. Begitu pula, produsen bahan-bahan penolak air dapat membuat pakaian yang memerlukan proses pencucian yang lebih sedikit, sehingga menghasilkan penghematan dalam penggunaan air dan energi secara signifikan.

Instrumen finansial yang menghargai pengambilan risiko pada suatu skala global, alih-alih memilih para pemenangnya sejak awal, merepresentasikan suatu kesempatan dashyat yang belum tereksplorasi. Beberapa solusi untuk masalah-masalah teknologi dapat berasal dari kemajuan

yang pesat di bidang-bidang yang tidak diperkirakan, atau dari model bisnis baru yang mudah sekali diabaikan oleh program-program subsidi penelitian dan pengembangan. Instrumen keuangan global yang baru tersebut memberikan fleksibilitas pada pasar-pasar untuk mencari sejumlah solusi yang inovatif.

Sejumlah penghargaan yang bersifat mendorong dan komitmen pasar yang ditingkatkan merupakan dua insentif tarikan pasar yang saling berkaitan untuk memberikan penghargaan bagi sejumlah inovasi yang mencapai sasaran teknologi yang telah ditentukan sebelumnya dalam suatu kompetisi. Penghargaan pendorong seperti ini termasuk sebuah imbalan yang terkenal; dan komitmen pasar yang ditingkatkan merupakan suatu komitmen finansial untuk menyubsidi pembelian di masa depan untuk sebuah produk atau jasa dan sampai pada sejumlah harga dan volume yang telah ditentukan sebelumnya.

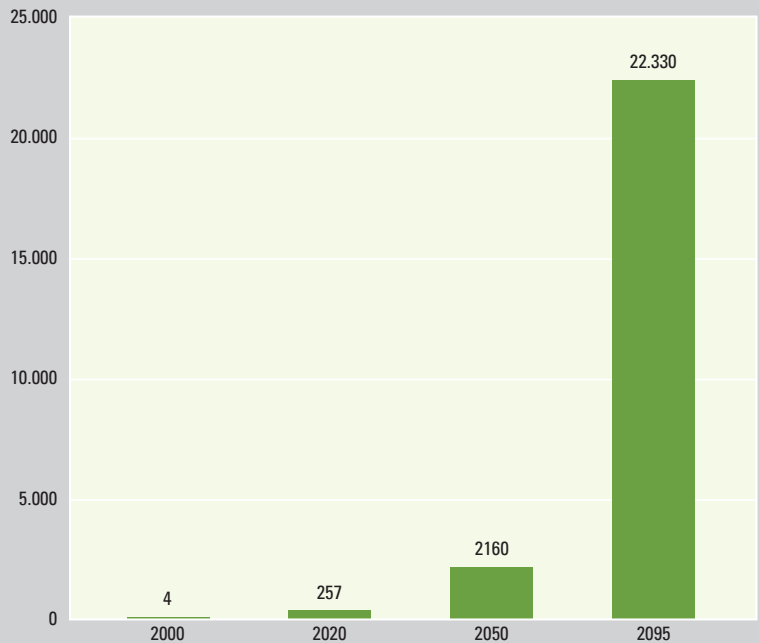
Meskipun tidak terdapat contoh penghargaan internasional cerdas iklim yang didanai bersama, beberapa inisiatif publik dan swasta nasional baru-baru ini telah mulai diminati. Ansari X-Prize bernilai \$10 juta telah dibentuk pada pertengahan 1990-an untuk mendorong penerbangan luar angkasa yang dilakukan oleh pihak-pihak non-pemerintah. Kompetisi ini memberikan investasi dalam penelitian swasta senilai \$100 juta kepada 26 tim, nilai yang mencapai 10 kali lipat dari investasi penghargaannya, sebelum pemenangnya diumumkan pada tahun 2004.³⁹ Pada bulan Maret 2008, Yayasan X-Prize dan mitra komersialnya mengumumkan suatu kompetisi internasional senilai \$10 juta untuk merancang, membuat, dan memasarkan kendaraan dengan jarak tempuh per liter bahan bakar yang tinggi. Sebanyak seratus sebelas tim dari 14

KOTAK 7.5 *Teknologi skala penangkapan dan penyimpanan karbon memerlukan sejumlah usaha internasional*

Agar penangkapan dan penyimpanan karbon mencapai seperlima dari pengurangan emisi yang diperlukan untuk membatasi konsentrasi di atmosfer, misalnya, pada 550 bpj, teknologi harus meningkat dari 3,7 juta ton karbon yang ditangkap saat ini^a menjadi lebih dari 225 juta ton pada akhir abad, atau setara dengan jumlah emisi global dari penggunaan energi saat ini (figur). Masing-masing pabrik penangkapan dan penyimpanan berbiaya antara \$1,5 hingga \$2,5 miliar untuk konstruksinya, dan penyebaran 20–30 pabrik yang diperlukan pada 2020 untuk membuktikan kelangsungan teknologi akan menjadi penghalang untuk suatu negara. Hanya terdapat empat proyek komersial penangkapan dan penyimpanan karbon dari-ujung-ke-ujung, dan kapasitas penyimpanan proyek-proyek itu satu sampai dua kali lebih kecil daripada kapasitas komersial yang dibutuhkan oleh sebuah pembangkit listrik 1000 megawatt yang diperkirakan selama masa operasionalnya.

Sumber: Edmonds dkk. 2007; IEA 2006; IEA 2008b.

Penangkapan dan penyimpanan karbon memerlukan sejumlah usaha tambahan yang besar
CO₂ yang dibuang/tahun (juta ton)



Catatan: Data diamati pada tahun 2000. Untuk semua tahun, proyeksi berdasarkan pada kebutuhan untuk membatasi konsentrasi gas rumah kaca pada 550 bpj.

negara telah mendaftar dalam kompetisi tersebut.⁴⁰

Sejumlah komitmen pasar yang ditingkatkan, yang mendorong inovasi dengan menjaminkan beberapa permintaan minimum pasar untuk mengurangi ketidakpastian, telah mendorong berkembangnya teknologi cerdas iklim melalui Environment Protection Agency AS, dalam kemitraannya dengan sejumlah kelompok dan perusahaan utilitas nirlaba (Kotak 7.6). Suatu inisiatif internasional yang dilakukan akhir-akhir ini adalah skema percontohan komitmen pasar yang ditingkatkan untuk vaksin pneumonia yang dirancang oleh GAVI Alliance dan World Bank.⁴¹ Pada tahun 2007, beberapa pendonor menjanjikan \$1,5

juta untuk skema percontohan tersebut. Vaksinnya dibeli dengan sejumlah dana komitmen dari pendonor dan dengan suatu partisipasi yang kecil dari beberapa negara penerima jika mereka memenuhi sasaran-sasaran kinerja yang telah ditentukan. Masih terlalu dini untuk menilai keberhasilannya.⁴²

Tarikan pasar dapat menjadi pelengkap, namun tidak dapat menggantikan insentif dorongan teknologi. Teknik tarikan pasar dapat melipatgandakan sejumlah sumber daya finansial publik dan mendorong kompetisi untuk mengembangkan bukti-konsep dan prototipe siap pakai. Terdapat sedikit rintangan untuk masuk—karena pendanaannya tidak dihargai dalam reputasi penelitian di masa lalu, sehingga

KOTAK 7.6 *Lemari Pendingin Super Efisien: Pelopor program komitmen pasar yang ditingkatkan?*

Pada tahun 1991, melalui Program Super-Efficient Refrigerator, sebuah badan konsorsium perusahaan utilitas menyetujui untuk mengumpulkan lebih dari \$30 juta untuk memberikan penghargaan pada satu produsen yang dapat menghasilkan dan memasarkan sebuah lemari pendingin bebas penipisan ozon yang menggunakan energi 25 persen lebih kecil daripada ketentuan yang ada. Pemenangnya akan menerima suatu penghargaan bernilai tetap untuk setiap unit yang dijual, hingga suatu batasan atas yang diatur oleh besarnya pendanaan. Perusahaan Whirlpool melampaui persyaratan

kinerja yang diberikan, dan memenangkan penghargaan tersebut serta menjadi terkenal secara nasional. Namun, karena penerimaan pasarnya rendah, perusahaan tersebut tidak dapat menjual sejumlah lemari pendingin yang cukup untuk mendapatkan seluruh nilai penghargaannya. Kompetisi mungkin menghasilkan sejumlah dampak tidak langsung, yakni para produsen bersaing untuk merancang produk lemari pendingin efisiennya masing-masing.

Sumber: Davis dan Davis 2004; Newell dan Wilson 2005.

organisasi kecil dan organisasi dari negara berkembang dapat ikut bersaing. Namun, hal ini tidak dapat mengurangi risiko sampai sebuah titik di mana para investor swasta akan bersedia membiayai penelitian berskala besar atau pada tahap yang sangat dini.

Sejumlah penghargaan dan komitmen pasar yang ditingkatkan menawarkan potensi yang baik untuk pendanaan multilateral. Oleh karena sejumlah penghargaan ini tidak memerlukan komersialisasi, maka penghargaan tersebut dapat ditawarkan untuk menyelesaikan penelitian pra-komersial dalam teknologi-teknologi seperti penyimpanan baterai atau sel

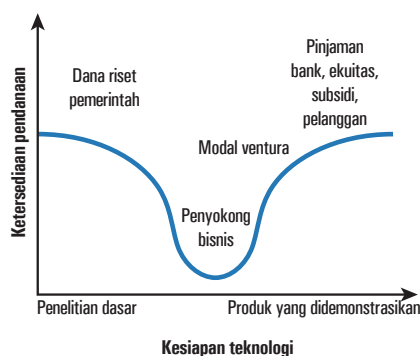
fotovoltaik. Sebuah pasar teknologi global bagi organisasi swasta dan publik dalam pencarian solusi-solusi teknologi dapat memberikan kompetisi untuk beberapa penghargaan dalam bentuk uang tunai. World Bank Group sedang mengeksplorasi kompetisi penghargaan-penghargaan untuk inovasi-inovasi teknologi bersih yang dini yang didukung oleh Earth Fund yang diselenggarakan oleh Global Environment Facility dan International Finance Cooperation.

Komitmen pasar yang ditingkatkan dapat bermanfaat ketika biaya pembelajaran penyebaran terhalangi, ketika tidak ada pengguna utama yang bersedia untuk membayar harga awal yang tinggi untuk teknologi tersebut, atau ketika pasarnya terlalu kecil atau berisiko. Komitmen ini meliputi pembangkitan dan pemanfaatan energi, dan juga teknologi adaptasi (seperti perawatan malaria dan varietas tanaman tahan kekeringan), di mana sisi permintaan di pasar terfragmentasi (masing-masing pemerintahan), sumber daya finansialnya terbatas (khususnya untuk negara berkembang), dan ukuran pasar yang potensialnya tidak jelas (oleh karena adanya ketidakpastian kebijakan jangka panjang).⁴³

Kesepakatan pembagian biaya untuk menjembatani jurang komersialisasi.

Suatu hambatan utama bagi inovasi adalah “lembah kematian,” yaitu jurang finansial untuk mendorong penelitian terapan ke pasar (Figur 7.6). Pemerintah secara khusus bersedia untuk mendanai penelitian dan pengembangan untuk sejumlah teknologi yang belum terbukti, dan sektor swasta bersedia untuk membiayai sejumlah teknologi yang telah didemonstrasikan di pasar—segmen penelitian dan pengembangan dalam Figur 7.3—namun pendanaan

Figur 7.6 “Lembah kematian” antara penelitian dan pasar



Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia.

bagi teknologi yang berada pada tahap demonstrasi dan penyebaran masih sedikit.⁴⁴ Pemerintah sering segan untuk mendanai ventura tahap awal karena kekhawatiran adanya distorsi pasar, dan pihak swasta menilainya terlalu berisiko, dengan pengecualian terhadap sejumlah kecil investor independen yang disebut “penyokong bisnis” dan beberapa perusahaan. Pemodal ventura, yang khususnya hanya mendanai perusahaan yang teknologinya telah didemonstrasikan, dapat menyebarkan tidak lebih dari 73 persen modalnya untuk sektor energi bersih pada 2006 karena hanya sedikit perusahaan di sektor ini yang bertahan dari lembah kematian.⁴⁵

Pendanaan modal ventura juga berkekurangan dalam berbagai jenis teknologi cerdas iklim. Para investor sulit tertarik pada segmen pasar yang melibatkan teknologi energi yang secara khusus berisiko tinggi dan padat modal, ketika biaya untuk mendemonstrasikannya sangat tinggi. Dan diperkirakan bahwa krisis finansial saat ini akan memperlambat modal usaha korporasi, dengan adanya biaya utang yang lebih tinggi.⁴⁶ Lebih lanjut lagi, bagian terbesar industri modal usaha global terdapat di sejumlah kecil negara maju, jauh dari kesempatan yang ada di beberapa negara berpendapatan menengah yang berkembang pesat.⁴⁷

Program-program untuk mengomersialisasikan teknologi juga dapat mendukung keterkaitan dengan sejumlah pengguna potensial dari teknologi yang cerdas iklim, khususnya untuk perusahaan kecil yang sering memunculkan terobosan teknologinya tetapi menghadapi kendala keuangan yang besar dan hambatan akses pasar. Untuk mengomersialisasikan sejumlah gagasan untuk memenuhi kebutuhan teknologinya, Environmental Protection

Agency A.S. menyediakan pendanaan bagi beberapa perusahaan kecil melalui Small Business Innovation Research Program.⁴⁸ Program Passarelle dari pemerintah Prancis menyediakan pendanaan tambahan pada perusahaan-perusahaan besar untuk berinvestasi dalam proyek-proyek inovasi yang potensial di perusahaan-perusahaan kecil.⁴⁹ Program-program lainnya menyediakan dana bantuan khusus bagi proyek-proyek kolaborasi untuk mendorong dampak-dampak tidak langsung dari teknologi.

Oleh karena jurang antara penelitian dan pasar sangat besar di negara-negara berkembang dan banyak solusi untuk masalah-masalah lokal mungkin berasal dari negara-negara asing, maka pendanaan multilateral khusus dapat mendukung proyek-proyek penelitian yang pesertanya mencakup negara-negara berkembang. Pendanaan ini dapat menciptakan insentif untuk membuat penelitiannya relevan dengan kebutuhan negara berkembang seperti tanaman tahan kekeringan. Sejumlah upaya multilateral dapat juga meningkatkan dana modal ventura bersama yang cerdas secara iklim di sejumlah negara berpendapatan tinggi dan berpendapatan menengah yang mempunyai massa penting aktivitas inovasi dan infrastruktur finansial untuk menarik investor modal ventura. Kelompok yang terakhir mencakup China dan India. Di Israel, Republik Korea, dan Taiwan, China, pemerintah menyediakan modal ventura, berperan sebagai investor, yang menarik sejumlah dana lain.⁵⁰ Strategi semacam ini dapat memberikan “lembah kehidupan” yang dibutuhkan untuk memelihara teknologi-teknologi baru pada tingkatan di mana mereka dapat mengakar dalam perekonomian global.

Skala dan ruang lingkup inisiatif transfer teknologi jauh dari tantangannya

Transfer teknologi terdiri dari sejumlah proses besar yang mendukung aliran informasi, keterampilan, pengalaman, dan perlengkapan kepada pemerintah, badan usaha, usaha nirlaba, serta lembaga penelitian dan pendidikan. Penyerapan teknologi asing melaju jauh melampaui pembiayaan perlengkapan fisik dan lisensi teknologi. Penyerapan teknologi asing memerlukan pembentukan kapasitas nasional untuk mengidentifikasi, memahami, menggunakan, dan mereplikasi teknologi yang bermanfaat. Seperti yang disebutkan berikut ini, kebijakan-kebijakan internasional dapat bekerja sama dengan upaya-upaya nasional untuk memperbaiki lembaga nasional dan menciptakan lingkungan yang memungkinkan untuk transfer teknologi.

Organisasi Internasional. Banyak organisasi internasional yang berhadapan dengan beberapa tantangan lingkungan terutama pada fokus utama misinya; seperti World Health Organization (WHO—Organisasi Kesehatan Dunia), the Food and Agriculture Organization (FAO), dan UN Environment Programme. Akan tetapi, lembaga-lembaga tersebut dapat didorong untuk secara kolektif meningkatkan dan menghubungkan institusi yang sudah ada untuk mengatasi perubahan iklim.

Secara serupa, banyak perjanjian internasional yang dibuat untuk menangani masalah lingkungan tertentu, tetapi ketika kebijakan tersebut dioperasionalisasikan, mereka juga harus mendapatkan dukungan yang sama.⁵¹ Semuanya ini dapat diwujudkan dalam bentuk tujuan dan maksud

untuk mencapainya dalam kaitannya dengan kemampuannya mendukung mitigasi dan adaptasi dari besaran yang diperkirakan di bawah 2°C atau 5°C di dunia.

Mekanisme Keuangan. Clean Development Mechanism (CDM), saluran utama untuk membiayai investasi-investasi dalam teknologi rendah karbon di negara-negara berkembang, telah sangat sukses memengaruhi modal publik dan swasta untuk membiayai lebih dari 4.000 proyek rendah karbon. Namun, hal ini tidak dimaksudkan sebagai mekanisme transfer teknologi dan mayoritas dari proyeknya tidak mencakup transfer pengetahuan atau peralatan dari luar negeri.⁵² (Bab 6 membahas keterbatasan dalam menaikkan skala CDM untuk mempercepat transfer teknologi.)

Saat ini, Global Environment Facility (GEF) merupakan pemberi dana terbesar bagi proyek-proyek yang meningkatkan perlindungan lingkungan serta mendukung pembangunan nasional yang berkelanjutan. GEF berperan sebagai perpanjangan tangan dari bagian keuangan UNFCCC dan penyedia dukungan bagi penilaian kebutuhan teknologi untuk lebih dari 130 negara. Sebagian besar pendanaan mitigasi GEF antara tahun 1998 hingga tahun 2006—sekitar \$250 juta setahun—ditujukan untuk usaha penghilangan rintangan terhadap difusi teknologi yang efisien energi.⁵³ Beberapa usaha adaptasi yang dilakukan GEF berfokus pada pembangunan kapasitas untuk mengidentifikasi beberapa kebutuhan penting dan segera pada negara yang tidak terlalu maju. Akan tetapi, dampaknya terbatas oleh biaya adaptasi yang ditawarkan, yaitu \$500 juta untuk periode 2010–14.⁵⁴

Carbon Partnership Facility yang baru akan menyediakan bantuan tambahan bagi sejumlah negara berkembang untuk mendukung investasi yang besar, berisiko, dan bersih dalam energi dan infrastruktur dengan potensi yang baik bagi pengurangan emisi jangka panjang.⁵⁵ Clean Technology Fund, yang didirikan pada tahun 2008 atas inisiatif multidonor sebesar \$5,2 juta, merupakan usaha lain untuk menyediakan pembiayaan internasional bagi demonstrasi, penyebaran, dan transfer teknologi rendah karbon. Pada tahun 2009, Republik Arab Mesir, Meksiko, dan Turki merupakan negara-negara pertama yang memperoleh keuntungan dari kombinasi pendanaan sebesar \$1 miliar.

Protokol Montreal menunjukkan bagaimana pendanaan multilateral yang langgeng dapat dicapai dengan menjadikan pendanaan sejumlah biaya tambahan untuk meningkatkan teknologi sebagai suatu kewajiban dari suatu perjanjian lingkungan. Multilateral Fund for Implementation of the Montreal Protocol menyediakan insentif bagi negara-negara berkembang untuk bekerja sama dengan protokol dengan menjanjikan sejumlah dana untuk biaya penyesuaian tambahan.⁵⁶ Sebagai timbal balik, sejumlah negara berkembang menyetujui untuk mengurangi zat penipis ozon secara bertahap. Pendanaan menyediakan sejumlah bantuan atau pinjaman untuk menalangi biaya perubahan fasilitas yang ada, pelatihan, sumber daya manusia, dan teknologi lisensi. Ketika dipertimbangkan sebagai suatu model difusi teknologi yang berhasil, gas rumah kaca sepuluh kali lebih besar daripada CFC dan sejumlah teknologi pengurangan gas rumah kaca tidak tersedia secara komersial.

KOTAK 7.7

Sebuah inovasi yang menjanjikan bagi adaptasi wilayah pantai

Daerah pantai Bangladesh tidak mungkin terlepas dari gelombang badai dan banjir air pasang yang lebih besar. University of Alabama di Birmingham bekerja sama dengan para peneliti Bangladesh untuk meneliti fondasi rumah dan rangka yang dibuat dari bahan komposit ringan yang melentur—tetapi tidak patah—dalam suatu badai dan dapat mengambang pada air pasang yang meninggi di suatu gelombang pantai. Serat dari pohon rami, salah satu tanaman yang populer di Bangladesh, dirangkaikan dengan plastik daur ulang untuk membentuk suatu bahan bangunan yang superkuat. Rami tidak memerlukan pupuk, pestisida, atau irigasi

dan merupakan bahan hayati yang dapat didaur ulang, tidak mahal, serta sudah dipakai secara luas untuk menghasilkan pakaian, tali, dan barang lainnya di Bangladesh. Beberapa arsitek lokal membantu untuk memasukkan teknologi dalam desain rumah lokal. Para peneliti Bangladesh akan menyumbangkan keahlian mereka dalam manufaktur massal produk rami.

Sumber: University of Alabama di Birmingham. <http://main.uab.edu/Sites/MediaRelations/articles/55613/>. (Dirilis tanggal 17 Februari 2009.); wawancara dengan Profesor Nassim Uddin, University of Alabama di Birmingham, pada tanggal 4 Maret 2009.

Dana perubahan iklim mungkin perlu diperbesar skalanya secara tepat.⁵⁷

Sumber daya pembiayaan dan teknologi. Seperti yang ditekankan pada Bab 6, diperlukan pembiayaan yang lebih besar dengan estimasi investasi tambahan bagi mitigasi dan adaptasi berkisar antara \$170 miliar sampai \$765 miliar per tahun pada tahun 2030. Namun, transfer pembiayaan saja tidaklah cukup. Perolehan teknologi, yang jauh dari mudah, merupakan sebuah proses yang panjang, mahal, dan berisiko serta diliputi oleh kegagalan pasar. Beberapa teknologi adaptasi bergantung pada sejumlah keahlian teknis lokal dan pengetahuan setempat karena teknologi termasuk perancangan sistem yang disesuaikan pada kebutuhan lokal (Kotak 7.7).

Bahkan ketika teknologi dapat diimpor, pengimporan melibatkan proses pencarian, pengetahuan teknis sebelumnya, dan sejumlah keahlian serta sumber daya untuk memanfaatkan teknologi secara efisien. Kapasitas tersebut bergantung pada berbagai bentuk pengetahuan, sebagian besar

di antaranya tersirat dan tidak dapat dikodifikasikan atau ditransfer dengan mudah. Proyek energi berskala besar yang dapat dikontrakkan keluar ke perusahaan asing, sebagai contoh, memerlukan kapasitas lokal bagi para pembuat kebijakan untuk mengevaluasi manfaatnya, serta bagi operasi dan pemeliharaan. Uni Eropa merancang perundang-undangan untuk manajemen risiko yang berhubungan dengan penangkapan dan penyimpanan karbon,⁵⁸ namun hanya sedikit negara yang memiliki kapasitas teknis untuk merancang perundang-undangan semacam ini, rintangan lainnya untuk menggunakan teknologi semacam itu.

Pendanaan multilateral dapat berdampak lebih besar pada transfer dan penyerapan teknologi dengan memperluas ruang lingkupnya dari transfer teknologi fisik dan terkodifikasi pada peningkatan kapasitas penyerapan manusia dan organisasi di sejumlah negara berkembang. Penyerapan teknologi adalah pembelajaran: belajar dengan cara berinvestasi pada teknologi asing, belajar melalui pelatihan dan pendidikan, belajar dengan cara berinteraksi dan berkolaborasi dengan orang lain di dalam dan di luar negeri, serta belajar melalui penelitian dan pengembangan. Pendanaan multilateral dapat mendukung transfer teknologi melalui tiga cara: dengan menyubsidi investasi teknologi lokal atau asing di sejumlah negara berkembang, dengan menyubsidi partisipasi sejumlah negara berkembang dalam berbagai jenis pertukaran ilmu pengetahuan, koordinasi, dan kesepakatan pembagian biaya, seperti yang dibahas sebelumnya; dan dengan mendukung infrastruktur pengetahuan nasional dan sektor swasta, seperti yang dibahas pada bagian berikut ini.

Program, kebijakan, dan lembaga publik menggerakkan inovasi dan mempercepat difusinya

Inovasi merupakan hasil dari suatu sistem kompleks yang mengandalkan kapasitas individu dari sejumlah besar pelaku, mulai dari pemerintah, universitas, dan lembaga penelitian hingga dunia usaha, konsumen, serta lembaga nirlaba. Memperkuat kapasitas dari berbagai macam pelaku dan bagaimana interaksinya merupakan tugas yang sulit, namun diperlukan untuk memecahkan masalah pembangunan dan perubahan iklim. Tabel 7.2 menggambarkan prioritas kebijakan kunci untuk mendorong inovasi di negara-negara dengan berbagai tingkat pendapatan.

Keahlian dan pengetahuan merupakan suatu penyangga penting bagi pembangunan suatu perekonomian yang cerdas iklim. Pendidikan dasar menyediakan fondasi bagi setiap proses penyerapan teknologi dan mengurangi ketidakesetaraan ekonomi, namun kehadiran sejumlah besar teknisi dan peneliti berkualitas juga penting. Negara berpendapatan rendah sangat kekurangan pasokan teknisi, padahal teknisi memainkan peranan dalam mengimplementasi teknologi yang spesifik secara konteks bagi adaptasi dan juga penting untuk membangun kembali sejumlah usaha setelah terjadinya bencana alam (Figur 7.7). Di Bangladesh, khususnya, yang sangat rentan terhadap badai topan dan kenaikan permukaan laut, mahasiswa yang mengambil jurusan teknik hanya sebesar 0,04 persen dari populasi di tahun 2006, dibandingkan dengan Kirgizstan yang mencapai 0,43 persen, padahal keduanya mempunyai angka PDB per kapita yang sangat serupa.⁵⁹ Hal yang sama

Tabel 7.2 Prioritas kebijakan kunci nasional untuk inovasi

Negara	Kebijakan utama
Berpendapatan rendah	Berinvestasi dalam rekayasa, perancangan, dan manajemen keterampilan Meningkatkan pendanaan pada institusi penelitian untuk penelitian adaptasi, pengembangan, demonstrasi, dan penyebaran Meningkatkan hubungan antara institusi akademik dengan penelitian, sektor swasta, dan agen perencanaan publik Mengenalkan subsidi untuk mengadopsi teknologi adaptasi Memperbaiki lingkungan bisnis Mengimpor pengetahuan dan teknologi luar saat memungkinkan
Berpendapatan menengah	Mengenalkan standar cerdas iklim Membuat insentif untuk impor teknologi mitigasi dan, di negara yang industrinya berkembang cepat, membuat kondisi jangka panjang untuk produksi lokal. Membuat insentif untuk modal ventura cerdas iklim di negara yang industrinya berkembang dengan mementingkan pada inovasi (seperti di China dan India) Memperbaiki lingkungan bisnis Memperkuat rezim hak kekayaan intelektual Memfasilitasi investasi langsung cerdas iklim asing Meningkatkan hubungan antara institusi akademik dengan penelitian, sektor swasta, dan agen perencanaan publik
Berpendapatan tinggi	Mengenalkan standar kinerja cerdas iklim dan penetapan harga karbon Meningkatkan inovasi mitigasi dan adaptasi dan difusi melalui subsidi, penghargaan, insentif modal ventura, dan kebijakan-kebijakan untuk mendorong kolaborasi antara perusahaan dan sumber lain serta pengguna inovasi cerdas iklim Membantu negara berkembang dalam meluaskan kemampuan kapasitas absorpsi teknologi dan inovasinya Mendukung transfer pengetahuan dan teknologi ke negara berkembang Mendukung partisipasi negara berpendapatan menengah dalam proyek RD&D energi jangka panjang Membagi data terkait perubahan iklim dengan negara berkembang
Semua negara	Menghilangkan batasan untuk memperdagangkan teknologi cerdas iklim Menghilangkan subsidi terhadap teknologi padat karbon Menefinisikan ulang institusi berbasis pengetahuan, terutama universitas, sebagai lokus difusi teknologi rendah karbon

Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia

pentingnya adalah keahlian manajemen dan kemampuan wirausaha yang menghubungkan pengetahuan teknik dengan aplikasi praktik di sektor swasta. Di sektor publik, sejumlah keahlian diperlukan di berbagai bidang, termasuk regulasi fasilitas publik, komunikasi, perencanaan kota, dan pengembangan kebijakan iklim.

Keahlian dan pengetahuan dapat diperoleh dengan berinvestasi di sejumlah lembaga dan program yang membentuk infrastruktur ilmu pengetahuan suatu negara. Lembaga-lembaga seperti universitas, sekolah, lembaga pelatihan, lembaga penelitian dan pengembangan, juga laboratorium, serta sejumlah layanan teknologi, seperti perluasan pertanian dan inkubasi bisnis⁶⁰ dapat mendukung kapasitas swasta dan publik untuk memanfaatkan teknologi cerdas iklim dan mengambil keputusan dengan basis ilmu pengetahuan yang kuat.

Penyangga lain bagi pembangunan suatu ekonomi yang cerdas iklim adalah menciptakan sejumlah insentif bagi

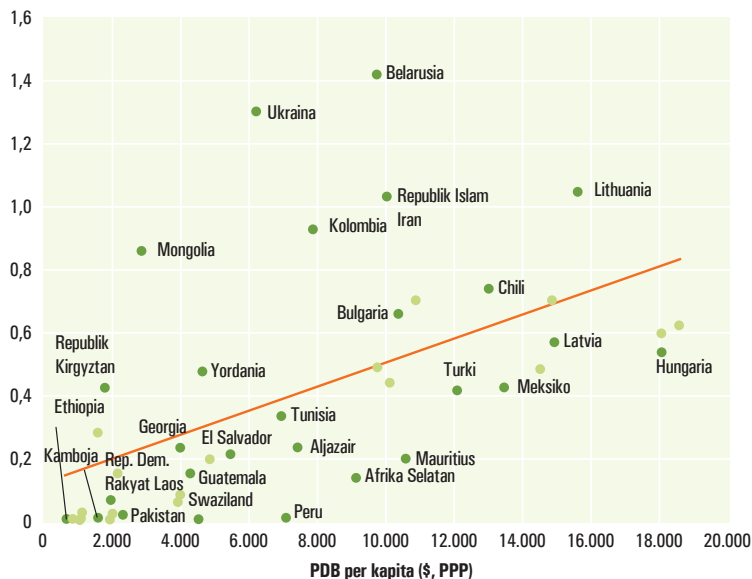
sektor swasta untuk berinvestasi dalam teknologi yang cerdas iklim. Hal ini berarti menciptakan insentif yang sesuai peraturan dan juga suatu lingkungan yang memungkinkan penggabungan dengan sejumlah program pendukung publik bagi inovasi bisnis dan penyerapan teknologi.

Infrastruktur ilmu pengetahuan merupakan sebuah kunci untuk menciptakan dan mengadaptasi mitigasi lokal dan sistem adaptasi

Institusi-institusi penelitian di negara-negara berkembang, dapat membantu pemerintah untuk menyiapkan diri terhadap akibat perubahan iklim dengan lebih baik. Pemerintah Thailand dan Indonesia menggunakan satelit NASA untuk memantau sejumlah karakteristik lingkungan yang memengaruhi transmisi malaria di Asia Tenggara, seperti pola curah hujan dan status vegetasi.⁶¹ Sejumlah lembaga penelitian dapat bekerja sama dengan badan pemerintah dan kontraktor swasta

Figur 7.7 Pendaftaran di bidang teknik masih rendah di beberapa negara berkembang

Pendaftaran di bidang teknik, manufaktur, dan konstruksi pada pendidikan tersier sebagai bagian dari total populasi (%)



Sumber: Tim WDR berdasarkan UNESCO Institute for Statistics, <http://stats.uis.unesco.org/unesco/ReportFolders/ReportFolders.aspx> (diakses 30 Agustus 2009).

untuk mengidentifikasi dan merancang teknologi adaptasi pantai yang cocok dan untuk menjalankan, mengoperasikan, dan memeliharanya. Mereka dapat membantu merencanakan sejumlah strategi adaptasi bagi petani dengan menggabungkan pengetahuan lokal dengan uji ilmiah atas sistem lahan-hutan alternatif atau mendukung pengelolaan hutan dengan menggabungkan pengetahuan penduduk setempat akan konservasi hutan dengan bahan tumbuhan⁶² yang unggul secara genetik. Dan mereka dapat membantu perusahaan-perusahaan untuk memperbaiki efisiensi energi dari proses-proses mereka melalui konsultasi, pengujian, pemecahan masalah, konsultasi dan pelatihan. Di negara-negara berpendapatan menengah, sejumlah lembaga penelitian dapat juga memecahkan tantangan-tantangan mitigasi berjangka lebih panjang. Penguasaan teknologi energi yang mungkin bermanfaat, termasuk proses pembelajarannya, mungkin

membutuhkan beberapa dekade. Pertanian dan kesehatan bergantung pada teknologi hayati untuk mengembangkan sejumlah teknologi baru dan pengetahuan iklim untuk tujuan-tujuan perencanaan. Mengembangkan beberapa jaringan cerdas untuk distribusi listrik nasional bergantung pada penguasaan teknologi komunikasi, penginderaan, dan pengukuran yang terintegrasi.

Setelah berinvestasi dalam sejumlah institusi penelitian dan akademis, banyak pemerintahan mendapati bahwa kontribusinya terhadap pembangunan tetaplah sedikit.⁶³ Sejumlah alasannya adalah: penelitiannya tidak dikendalikan oleh permintaan, dan terdapat sedikit keterkaitan antara lembaga penelitian, universitas, sektor swasta, dan komunitas di mana mereka beroperasi (Kotak 7.8).⁶⁴ Dan sejumlah universitas, khususnya yang berada di Afrika, Eropa Timur, dan Asia Tengah, secara historis telah berfokus untuk mengajarkan dan melakukan sedikit penelitian.

Menggeser keseimbangan pendanaan pemerintah lebih ke arah kepentingan pendanaan penelitian yang kompetitif, alih-alih pendanaan institusional yang terjamin, dapat sangat meningkatkan efektivitas sejumlah institusi penelitian publik. Di Ekuador, Program for Modernization of Agricultural services milik pemerintah membiayai sebuah program hibah penelitian yang kompetitif yang membantu pekerjaan strategis pada inovasi untuk membuka sejumlah pasar ekspor baru dengan mengendalikan populasi lalat buah, mengurangi biaya produksi untuk produk ekspor baru, dan mengendalikan penyakit dan insektisida pada hasil panen ekspor tradisional. Program tersebut memperkenalkan sebuah budaya penelitian baru dan membawa sejumlah organisasi baru

ke dalam sistem penelitiannya. Beberapa persyaratan pembiayaan bersamanya membantu meningkatkan pembiayaan penelitian nasional sebesar 92 persen.⁶⁵ Reformasi institusional yang memberikan suatu suara yang lebih kuat kepada sektor swasta dalam tata kelola berbagai institusi penelitian juga dapat membantu.⁶⁶ Dalam beberapa kasus, “lembaga penghubung” seperti inkubator bisnis dapat memperlancar pengaruh pengetahuan dari sejumlah lembaga. Di tahun 2007, 283 perusahaan teknologi bersih berada dalam inkubasi di seluruh dunia (bahkan sebelum memasukkan China), dua kali lebih besar dari tahun 2005.⁶⁷

Negara berpendapatan tinggi dapat mendukung pembangunan global dan difusi sejumlah sistem yang cerdas iklim dengan membantu pembangunan kapasitas dan bekerja sama dengan sejumlah lembaga penelitian di negara berkembang. Contohnya adalah International Research Institute for Climate and Society (IRI) di Columbia University di AS, yang berkolaborasi

dengan institusi lokal di Afrika, Asia, dan Amerika Latin.

Contoh lainnya adalah Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR). Lembaga ini adalah lembaga penelitian struktur global yang dibiayai oleh donasi, terdesentralisasi, dan kooperatif, yang telah membidik sejumlah topik yang relevan dengan adaptasi iklim (Kotak 7.9). Sebuah pendekatan serupa dapat digunakan untuk beberapa teknologi iklim lainnya. Beberapa pelajaran dari CGIAR menunjukkan bahwa pusat penelitian regional dapat didanai di negara berkembang untuk berfokus pada sejumlah kecil topik yang spesifik wilayah yang didefinisikan dengan baik, seperti biomassa, bioenergi, bangunan efisien energi, mitigasi metana, dan pengelolaan hutan. Jaringan penelitian virtual CGIAR dapat diadaptasi untuk tantangan yang lebih luas, yang memanfaatkan keahlian publik dan swasta di seluruh dunia.

Institusi pengetahuan dapat membantu menginformasikan dan mengoordinasi kebijakan, terutama kebijakan adaptasi

KOTAK 7.8 *Universitas harus inovatif: Kasus Afrika*

Sebagian besar bantuan sumbangan ke Afrika tidak diarahkan untuk kebutuhan pemanfaatan dana ilmu pengetahuan dunia yang tersedia untuk pembangunan jangka panjang. Tingkat pendaftaran pendidikan yang lebih tinggi di Afrika rata-rata hampir 5 persen, dibandingkan dengan angka pada umumnya yaitu lebih dari 50 persen di negara yang ekonominya maju. Tantangan ini, bagaimanapun juga, tidak hanya untuk meningkatkan akses dan pendanaan untuk sejumlah universitas di Afrika, namun juga untuk menjadikannya berfungsi sebagai mesin penggerak pembangunan.

Terdapat beberapa kesempatan bagi sejumlah universitas untuk memacu hubungan yang lebih dekat dengan sektor swasta, melatih lebih banyak lulusan universitas untuk karier yang profesional, dan mendifusikan pengetahuan ke dalam perekonomian. Sebagai suatu model,

AS memiliki suatu tradisi yang panjang dalam *land grant college*, yang sejak abad ke-19 telah bekerja sama secara langsung dengan komunitasnya untuk menyerap ilmu pengetahuan pertanian. Tugasnya memerlukan perubahan kualitatif pada tujuan, fungsi, dan struktur universitas. Sebagai bagian dari proses ini, diperlukan reformasi yang mendasar dalam rancangan kurikulum, pengajaran, lokasi, seleksi siswa, dan pengelolaan universitas.

Pelatihan perlu untuk menjadi lebih antardisiplin yang melampaui batasan-batasan disiplin ilmu yang tradisional. Stellenbosch University di Afrika Selatan menawarkan sebuah contoh yang cemerlang tentang bagaimana menyesuaikan kurikulum dengan kebutuhan organisasi-organisasi penelitian dan pengembangan. Universitas ini merupakan universitas pertama di dunia yang merancang dan

meluncurkan sebuah mikrosatelit canggih sebagai bagian dari pelatihannya. Tujuan program ini adalah membangun kompetensi dalam sejumlah teknologi baru di bidang penginderaan jarak jauh, pengendalian pesawat ruang angkasa, dan ilmu bumi. Makerere University di Uganda memiliki berbagai pendekatan pengajaran baru yang memungkinkan mahasiswa untuk memecahkan beberapa masalah kesehatan publik di komunitasnya sebagai bagian dari pelatihan. Sejumlah pendekatan serupa dapat diadopsi oleh para mahasiswa di bidang teknik yang lainnya, seperti pembangunan dan pemeliharaan infrastruktur.

Sumber: Juma 2008. *land grant college*: <https://www.aplu.org/NetCommunity/Page.aspx?pid=183>; *hibah sea grant college*: <http://www.seagrant.noaa.gov/>.

KOTAK 7.9 *CGIAR: Sebuah model untuk perubahan iklim?*

Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR) adalah sebuah kemitraan strategis dengan 64 anggota dari sejumlah negara berkembang dan industri, yayasan dan organisasi internasional termasuk World Bank. Didirikan pada tahun 1971 sebagai respons terhadap keprihatinan yang meluas terhadap sejumlah negara berkembang yang penduduknya akan terancam kelaparan, CGIAR telah memberikan kontribusi yang penting pada peningkatan produktivitas pertanian melalui beberapa varietas hasil panen yang meningkat dan memainkan sebuah peranan yang sangat penting dalam Revolusi Hijau. Seiring dengan waktu, mandat CGIAR telah berkembang, sekarang mencakup beberapa masalah kebijakan dan kelembagaan, konservasi keragaman hayati, dan pengelolaan sumber daya alam termasuk perikanan, kehutanan, tanah, dan air.

CGIAR mendukung penelitian pertanian dengan membantu 15 pusat penelitian, sejumlah lembaga independen dengan staf dan struktur tata kelolanya sendiri, kebanyakan berada di negara berkembang—dan dengan menjalankan sejumlah program tantangan. CGIAR merupakan kemitraan penelitian berbasis luas yang dikelola secara independen, yang dirancang untuk menghadapi berbagai masalah kepentingan global atau regional yang vital, seperti konservasi dan

peningkatan sumber daya genetika, kelangkaan air, kekurangan mikronutrien, dan perubahan iklim. Di tahun 2008, CGIAR melaksanakan suatu tinjauan mandiri atas pengelolaannya, pekerjaan ilmiahnya, dan kemitraannya. Telaah tersebut menyimpulkan bahwa penelitian CGIAR telah memberikan hasil keseluruhan yang tinggi sejak awal didirikannya, dengan sejumlah manfaat yang jauh melebihi biaya-biayanya. Manfaat peningkatan hasil dan penstabilan varietas hasil panen yang dihasilkan oleh pusat-pusat penelitiannya dan mitra-mitra nasionalnya diperkirakan lebih dari \$10 miliar setahun, ditujukan secara besar-besaran untuk meningkatkan hasil panen kebutuhan pokok seperti gandum, beras, dan maizena. Penelitian pengelolaan sumber daya alam juga memperlihatkan sejumlah manfaat besar dan hasil investasi yang besar. Akan tetapi, sebagian besar dampaknya ada pada skala geografis yang lebih kecil, akibat dari beberapa faktor yang kompleks seperti tindakan kolektif lokal, layanan atau penugasan lanjutan atas hak kepemilikan. Tinjauan tersebut menganggap CGIAR adalah “salah satu kemitraan pembangunan yang paling inovatif di dunia,” berkat sejumlah aktivitas penelitian antarcabang ilmu pengetahuan dan berbagai macam kolaborasi yang dilakukannya. Namun, review tersebut juga mendapati bahwa

CGIAR telah kehilangan fokus dalam keunggulan komparatifnya dan bahwa pertumbuhan mandatnya telah mengurangi dampaknya. Dan harga bahan pangan yang mudah berubah, pola cuaca yang lebih ekstrem, permintaan bahan pangan global yang bertambah, serta sumber daya alam yang semakin tertekan, merupakan sejumlah tantangan yang belum pernah dihadapi CGIAR sebelumnya.

Di bulan Desember 2008, CGIAR telah mengadopsi sebuah model bisnis baru. Reformasi ini membutuhkan sebuah pendekatan terencana yang akan berfokus pada sejumlah kecil strategi “mega-program” untuk beberapa isu penting. Reformasi ini juga menekankan penetapan dan pengelolaan agenda penelitian yang berorientasi hasil, pertanggungjawaban yang jelas, pengelolaan dan program yang efisien, dan kemitraan yang lebih kuat. Sejumlah perubahan diharapkan terjadi untuk memperkuat CGIAR agar lebih efektif dalam mengarah pada sejumlah permasalahan global yang kompleks, termasuk perubahan iklim.

Sumber: Consultative Group on International Agricultural Research. <http://www.cgiar.org/> (diakses 5 Maret 2009); CGIAR Independent Review Panel 2008; CGIAR Science Council 2008; World Bank 2008a.

dengan konteks yang spesifik. Ketika adaptasi terhadap perubahan iklim mulai dipertimbangkan dalam proses kebijakan, adalah penting untuk berbagi solusi dan pengalaman.⁶⁸ Ketika para pembuat rencana, manajer, dan pembuat keputusan mulai mengenali hubungan dari keputusan-keputusan mereka untuk mengurangi kerentanan terhadap perubahan iklim, terdapat kesempatan besar untuk meningkatkan koordinasi antara sektor-sektor untuk meningkatkan penggunaan sumber-sumber daya dan untuk berbagi informasi berharga ini dengan negara, daerah, dan lokalitas lain.⁶⁹ Mendirikan dan mengelola sebuah “clearinghouse—pusat data” yang memproses dan menyediakan

kisah-kisah sukses dan pilihan-pilihan mengenai adaptasi dari seluruh dunia akan membantu masyarakat yang harus menghadapi keputusan adaptasi.⁷⁰

Menetapkan harga karbon dan peraturan untuk memobilisasi sektor swasta

Seperti dibahas di Bab 4, pemberian harga pada karbon adalah penting untuk mengkatalisasi inovasi yang didorong pasar dan adopsi teknologi-teknologi mitigasi.⁷¹ Ketika perubahan harga relatif perusahaan adalah sebagai respons investasi teknologi tipe baru untuk mengekonomiskan faktor yang menjadi lebih mahal.⁷² Terdapat bukti kuat bahwa harga-harga dapat mendorong

perubahan teknologi.⁷³ Salah satu penelitian menemukan bahwa jika harga energi tetap pada tingkat 1973 hingga tahun 1993, efisiensi energi AC dan pemanas air berbahan bakar gas akan menjadi seperempat hingga setengah kali lebih rendah.⁷⁴

Peraturan dan penegakannya secara tepat juga dapat mendorong inovasi. Standar kinerja efisiensi emisi atau energi dapat mendorong perubahan teknologi dengan cara yang sama seperti pengaruh pemberian harga, karena keduanya dapat diasosiasikan dengan harga-harga implisit yang dihadapi perusahaan-perusahaan saat mengemisikan polutan-polutan.⁷⁵ Di Amerika Serikat, mematenkan aktivitas dalam teknologi emisi sulfur dioksida (SO_2) mulai meningkat di akhir 1960-an, sebagai antisipasi untuk standar nasional yang baru dalam pengendalian SO_2 . Dari 1975 hingga 1995, peningkatan teknologi mengurangi biaya modal untuk menghilangkan SO_2 dari emisi pembangkit listrik sebesar setengahnya, dan bagian SO_2 yang dihilangkan meningkat dari kurang dari 75 persen menjadi di atas 95 persen.⁷⁶ Peraturan juga dapat menyediakan pasar-pasar ceruk untuk perusahaan-perusahaan yang mau mengembangkan teknologi-teknologi baru dan memungkinkan negara-negara untuk dapat bersaing. Pelarangan sepeda motor berbahan bakar bensin di beberapa daerah perkotaan di China pada 2004—yang berbarengan dengan peningkatan teknologi motor listrik dan teknologi baterai, urbanisasi yang lebih cepat, harga bensin yang lebih tinggi, dan peningkatan permintaan tenaga listrik—telah meningkatkan pasar sepeda listrik dari yang tadinya hanya 40.000 pada 1998 menjadi lebih dari 21 juta pada 2008. E-bikes saat ini lebih murah dibandingkan dengan model motor transportasi lain, termasuk

bus (Figur 7.8), dan China sekarang mengekspor kendaraan-kendaraan rendah karbon ini ke negara-negara maju.⁷⁷

Peraturan-peraturan sendiri dapat memiliki kekurangan. Tidak seperti sinyal harga, peraturan dapat membatasi fleksibilitas perusahaan, terutama jika perusahaan tersebut bersifat spesifik dalam teknologinya. Peraturan juga dapat mengakibatkan pilihan mitigasi yang lebih mahal bagi masyarakat. Namun, peraturan merupakan pelengkap yang dibutuhkan untuk penetapan harga karbon (lihat Bab 4). Berbagai penelitian telah menganalisis efek-efek perbandingan dari peraturan lingkungan dan insentif berdasarkan pasar terhadap inovasi: keyakinan umumnya adalah bahwa menggabungkan instrumen kebijakan yang berbeda-beda mungkin akan paling efektif, asalkan mereka dapat diprediksi oleh para pemangku kepentingan.⁷⁸

Suatu lingkungan bisnis yang membuka peluang dapat menyediakan kerangka kerja dasar bagi difusi dan inovasi teknologi cerdas iklim

Pasar perlu berfungsi dengan benar untuk memastikan bahwa perusahaan tidak menghadapi terlalu banyak risiko, memiliki akses informasi, beroperasi dalam kerangka kerja legal yang terdefinisi dengan jelas, dan memiliki institusi pasar yang mendukung. Menjamin kepemilikan lahan, mendokumentasikan hak tanah, memperkuat pasar penyewaan dan penjualan tanah, dan memperluas akses pada jasa pendanaan, dapat menciptakan insentif untuk transfer teknologi bagi para pemangku kepentingan kecil di pedesaan (lihat Bab 3).⁷⁹ Namun, lingkungan bisnis yang membuka peluang perlu mengenali hak-

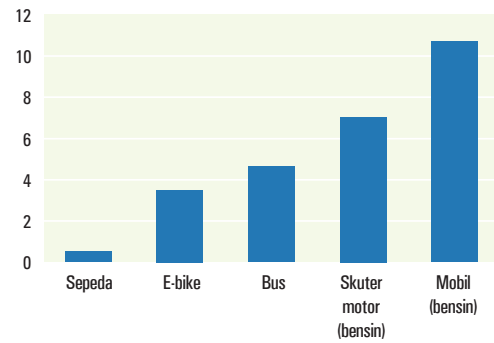
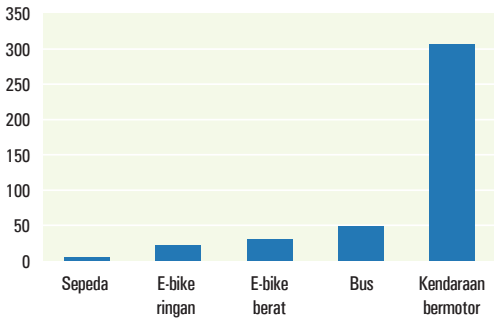
hak dasar dari kelompok-kelompok yang rentan, terutama masyarakat pedalaman, yang sangat bergantung pada sumber daya tanah dan alam. Sebagian besar masyarakat pribumi telah kehilangan tanah mereka, tinggal di sebagian kecil tanah mereka, atau tidak memiliki hak kepemilikan lahan yang aman.⁸⁰

Mengurangi rintangan awal untuk perusahaan dan menawarkan pasar tenaga kerja yang fleksibel dan mendukung pengenalan teknologi dapat menciptakan terobosan melalui inovasi dan agrobisnis yang dapat memunculkan penyubur atau benih tipe baru untuk petani.⁸¹ Millet mutiara hibrida di India menunjukkan bahwa liberalisasi pasar di akhir 1980-an tidak hanya meningkatkan peran swasta dalam perkembangan dan distribusi bibit, namun juga laju inovasinya.⁸² Stabilitas makroekonomi adalah pilar lain dari lingkungan bisnis yang membuka peluang, bersama dengan sektor pendanaan yang berfungsi dengan baik. Jasa infrastruktur dasar, seperti pasokan energi dan air yang berkelanjutan, juga tidak dapat diabaikan.

Meniadakan rintangan-rintangan tarif dan non-tarif bagi teknologi energi bersih—seperti batu bara yang lebih bersih, angin, sel surya, dan pencahayaan efisien energi—dapat meningkatkan volume perdagangan barang-barang tersebut sebesar 14 persen di 18 negara berkembang yang emisi gas rumah kacanya tinggi.⁸³ Rintangan perdagangan pada impor, seperti kuota, aturan asal, atau spesifikasi kode bea cukai yang tidak jelas, dapat menghalangi transfer teknologi cerdas iklim dengan meningkatkan harga domestik dan membuatnya tidak efektif dari segi biaya. Di Mesir, tarif rata-rata untuk panel surya adalah 32 persen, 10 kali lipat dari

tarif rata-rata sebesar 3 persen di negara-negara OECD berpendapatan tinggi. Di Nigeria pengguna potensial layar sel surya menghadapi rintangan non-tarif sebesar 70 persen, sebagai tambahan dari tarif yang mencapai 20 persen.⁸⁴ Biofuel adalah yang paling dipersulit oleh tarif. Tarif etanol dan beberapa cadangan biodiesel, termasuk kewajiban impor dan ekspor etanol Brazil, adalah \$6 miliar pada 2006. Subsidi negara OECD terhadap produsen biofuel domestiknya adalah \$11 miliar pada 2006. sebagai hasilnya, investasi tidak dibuat di mana teknologi berbiaya paling efektif. Brazil, produsen etanol berbiaya terendah di dunia, melihat peningkatan sedang sebesar 6 persen pada produksi etanolnya antara tahun 2004 dan 2005, sedangkan Amerika Serikat dan Jerman mendapatkan peningkatan produksi sebesar 20 dan 60 persen, dilindungi oleh tarif lebih dari 25 persen di Amerika Serikat dan lebih dari 50 persen di Uni Eropa.⁸⁵ Menghilangkan tarif dan subsidi tersebut akan mengakibatkan realokasi produksi ke produsen biofuel yang paling efisien.⁸⁶

Sebuah iklim investasi yang menarik bagi investasi asing langsung (*foreign direct investment*, FDI) adalah penting untuk mempercepat penyerapan teknologi.⁸⁷ Pada 2007, FDI menyumbangkan 12,6 persen kepada pembentukan modal tetap kotor total dalam listrik, gas, dan air di negara-negara berkembang, tiga kali lebih banyak daripada bantuan multilateral dan bilateral.⁸⁸ Perusahaan transnasional yang terletak di negara-negara berkembang telah berinvestasi dalam jumlah besar dalam produksi sel surya di India (BP Solar), etanol di Brazil (Archer Daniels Midland dan Cargill), dan tenaga angin di China (Gamesa dan Vestas). China

Figur 7.8 E-bikes sekarang menjadi pilihan angkutan yang termurah dan terbersih di China**Biaya per km (sen A.S.)****CO2 (gr/penumpang/km)**

Sumber: Cherry 2007; Weinert, Ma, dan Cherry 2007; foto dari Wikipedia Foundation.

Catatan: emisi E-bike mengacu pada siklus hidup penuh, yang dalam kasus ini, termasuk produksi, produksi energi, dan penggunaan. Untuk sepeda reguler, emisi hanya dari produksi yang disertakan.

memiliki satu laboratorium penelitian dan pengembangan yang dimiliki pihak asing pada 1993, dan 700 laboratorium pada 2005.⁸⁹ General Electric, pemimpin dunia dalam pembangkitan energi dan produk-produk efisiensi, membuka pusat penelitian dan pengembangan global di India dan China pada 2000. Pusat ini sekarang mempekerjakan ribuan peneliti. Figur 7.9 menyoroti kesempatan yang didatangkan oleh globalisasi penelitian dan pengembangan peralatan angin dan produksinya di negara-negara berpendapatan menengah.

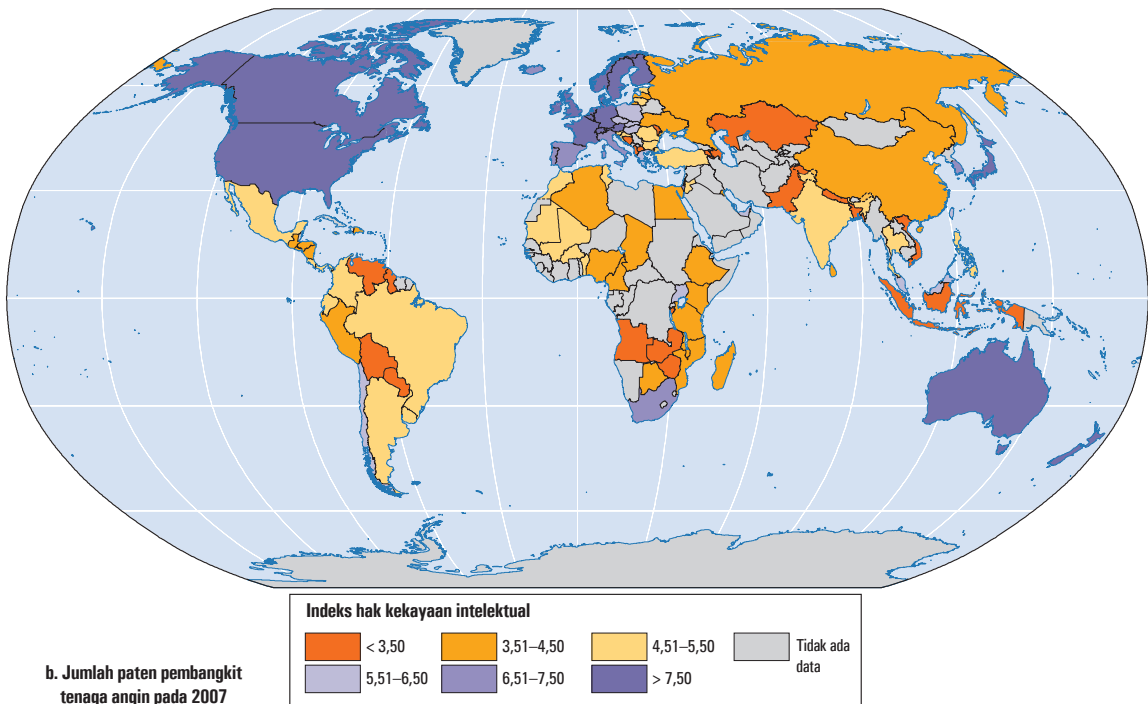
Mengembangkan kapasitas produksi lokal dapat membantu negara-negara ini memastikan penyerapan teknologi cerdas iklim dalam jangka panjang dan bersaing di pasar global, menurunkan harga-harga, dan meningkatkan kinerja.

Semua ini akan terjadi melalui lisensi atau FDI.

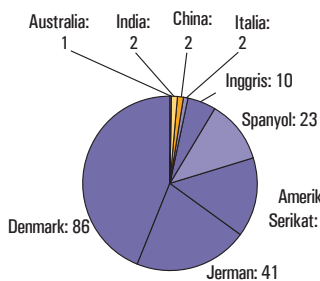
Untuk memfasilitasi transfer teknologi cerdas iklim, negara-negara berpendapatan menengah dapat mengizinkan perusahaan-perusahaan asing untuk mendirikan anak-anak cabang yang dimiliki secara penuh, alih-alih mengharuskan ventura atau lisensi. Negara-negara tersebut juga dapat membangun basis pemasok lokal dan mitra potensial bagi perusahaan-perusahaan investasi asing, dengan berinvestasi dalam pelatihan dan pembangunan kapasitas.⁹⁰ Dan negara-negara tersebut dapat memastikan bahwa hak kekayaan intelektualnya cukup untuk melindungi transfer teknologi dan penelitian dan pengembangan pihak asing.

Figur 7.9 Negara-negara berpendapatan menengah menarik investasi dari lima produsen peralatan angin teratas, namun rezim HAKI yang lemah membatasi transfer teknologi dan kapasitas penelitian dan pengembangannya

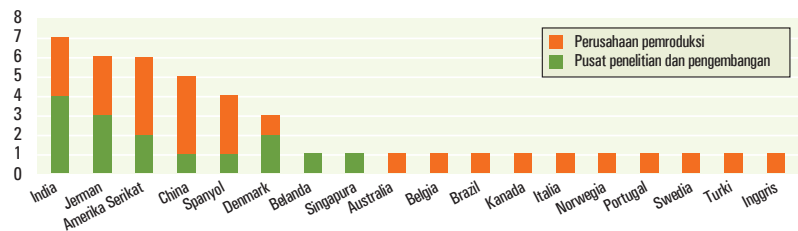
a. Kinerja hak kekayaan intelektual



b. Jumlah paten pembangkit tenaga angin pada 2007



c. Lokasi investasi lima perusahaan angin teratas



Sumber: Skor hak kekayaan intelektual suatu negara mencerminkan peringkatnya berdasarkan indeks IPR yang didasarkan pada kekuatan kebijakan perlindungan kekayaan intelektualnya dan pelaksanaannya.
Catatan: Data paten yang dipublikasikan dari A.S., Jepang, Eropa, dan database permohonan paten internasional, laporan tahunan, dan situs Web Vestas, General Electric, Gamesa, Enercon, dan Suzlon (diakses 4 Maret 2009); Dedigama 2009.

Ketika penegakan hak kekayaan intelektual (HAKI) dinilai lemah (Figur 7.9), perusahaan asing kemungkinan tidak mau melisensikan teknologi-teknologinya yang paling canggih, karena takut akan digunakan oleh pesaingnya—seperti situasi peralatan angin di China.⁹¹ Penegakan HAKI yang lemah juga akan menurunkan minat cabang-cabang perusahaan asing untuk meningkatkan skala aktivitas penelitian

dan pengembangan mereka, serta menurunkan minat para pemodal asing untuk berinvestasi pada perusahaan domestik yang menjanjikan.⁹² Apa pun investasinya dalam manufaktur lokal dan penelitian dan pengembangan, anak perusahaan asing yang menghasilkan peralatan angin global hanya mendaftarkan sedikit paten di Brazil, China, India, atau Turki. Semua negara ini memiliki rezim HAKI yang lemah,

yang dapat menurunkan minat untuk meningkatkan skala penelitian dan pengembangan.⁹³

HAKI juga dapat menghambat inovasi jika sebuah paten menghalangi penemuan lainnya yang bermanfaat karena cakupannya yang terlalu luas. Beberapa klaim paten pada produk dan proses biologi sintetis yang menjanjikan untuk biofuel sintetis dipandang oleh para kritikus sebagai terlalu luas, sehingga bahkan ilmuwan juga takut akan menghalangi kemajuan ilmiah di bidang yang bersangkutan.⁹⁴ HAKI yang kuat juga dapat menghambat transfer teknologi jika perusahaan menolak untuk melisensikan teknologinya, untuk menjaga kekuasaan pasarnya.

Tidak ada bukti bahwa HAKI yang terlalu ketat telah menjadi hambatan besar bagi transfer kapasitas produksi energi terbarukan kepada negara-negara berpendapatan menengah, namun suatu saat nanti hal ini bisa saja menjadi rintangan. Brazil, China, dan India telah bergabung dengan para pemimpin industri global dalam hal sel surya, tenaga angin, dan biofuel, sering kali dengan mengakuisisi teknologi-teknologi berlisensi. Masalah HAKI dapat lebih menjadi hambatan bagi transfer teknologi ketika aktivitas paten dipercepat dalam bidang sel surya dan biofuel dan ketika peralatan konsolidasi pemasok peralatan terus berlanjut di sektor angin.⁹⁵

Di negara-negara berpendapatan rendah, HAKI yang lemah tidak menjadi rintangan bagi penyebaran teknologi canggih cerdas iklim. Namun, HAKI yang dapat diprediksi dan terdefinisi dengan jelas masih dapat merangsang transfer teknologi dari luar negeri. Di negara-negara ini, lisensi dan pembangunan versi lokal dari sebuah teknologi bukanlah pilihan yang realistis,

karena kapasitas produksi domestiknya terbatas.⁹⁶ Penyerapan teknologi energi secara umum berlangsung melalui impor peralatan. Untuk adaptasi iklim, hak varietas tanaman dan hak paten yang dijaga dengan baik di negara-negara berkembang jarang menjadi masalah di negara-negara kecil dan berpendapatan rendah. Hak paten yang diregistrasikan di negara tertentu hanya bisa dilindungi di pasar tersebut, dan perusahaan asing tidak mendaftarkan HAKI-nya di sebagian besar negara-negara berpendapatan rendah tersebut, karena mereka bukanlah pasar atau pesaing potensial yang menarik. Maka negara yang lebih miskin dapat memutuskan untuk menggunakan suatu gen atau perangkat dari luar negeri.⁹⁷

Negara-negara maju dapat memastikan bahwa konsolidasi industri eksekutif di sektor cerdas iklim tidak mengurangi insentif untuk perizinan teknologi kepada negara berkembang. Negara maju juga dapat memastikan bahwa kebijakan publik tidak menghalangi perusahaan di luar batasannya untuk mengizinkan penelitian berdana publik untuk teknologi cerdas iklim dari kepetingan global.⁹⁸ Proposal lainnya termasuk pembelian paten dan transfer HAKI cerdas iklim kepada domain publik oleh organisasi internasional.

Negara-negara maju juga dapat memastikan bahwa kekhawatiran mengenai HAKI serta transfer dan inovasi teknologi cerdas iklim ikut diperhitungkan dalam perjanjian internasional seperti World Trade Organization (WTO). Perjanjian WTO mengenai Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights (TRIPS) menetapkan standar legal minimum untuk perlindungan anggota-anggota WTO. Namun, perjanjian TRIPS juga

menyadari bahwa paten tidak seharusnya disalahgunakan, misalnya, bahwa paten tidak seharusnya menghalangi teknologi dalam melayani keperluan mendesak negara-negara berkembang. Nyatanya, perjanjian TRIPS memasukkan ketentuan untuk mengizinkan negara berkembang mengeksploitasi penemuan yang sudah dipatenkan tanpa persetujuan pemilik HAKI.⁹⁹ Anggota-anggota WTO dapat membatasi penyalahgunaan perlindungan HAKI jika mereka memastikan bahwa perjanjian TRIPS-nya memberikan pengecualian bagi teknologi yang memenuhi kebutuhan teknologi mitigasi dan adaptasi.

Namun secara keseluruhan, dampak HAKI pada transfer teknologi mungkin diperkirakan terlalu berlebihan jika dibandingkan dengan biaya-biaya lain, seperti manajemen dan pelatihan serta halangan seperti kapasitas penyerapan yang terbatas. Membangun kompetensi rekayasa dapat sangat bermanfaat dalam meningkatkan kapasitas penyerapan negara-negara berkembang.

Pendanaan publik dapat membantu perusahaan-perusahaan untuk mengatasi kegagalan pasar yang diasosiasikan dengan difusi inovasi dan teknologi

Terdapat batasan mengenai kemampuan harga karbon dan standar emisi untuk dapat meningkatkan investasi dalam teknologi dan inovasi rendah karbon. Teknologi baru tidak selalu diadopsi dengan cepat bahkan ketika sinyal harganya menjadikannya menarik secara ekonomi bagi para pengguna potensial (lihat Kotak 4.5 Bab 4). Untuk mempercepat perubahan teknologi, pemberian harga dan peraturan karbon harus ditambah dengan pendanaan publik untuk menjelajahi portolio pilihan

teknologi yang lebih luas.¹⁰⁰ Kegagalan pasar yang biasa terjadi berakibat pada terlalu rendahnya investasi swasta dalam inovasi dan difusi telah menyediakan dasar bagi kebijakan pendanaan publik selama puluhan tahun.¹⁰¹

Di negara-negara berpendapatan menengah dengan kapasitas industri, dukungan pendanaan dapat diarahkan untuk perancangan lokal, produksi, dan ekspor sistem cerdas iklim. Kebijakan pendanaan publik dapat secara luas mendefinisikan inovasi untuk menyertakan adaptasi, peningkatan, dan pengembangan produk, proses, dan jasa yang baru bagi sebuah perusahaan, terlepas dari apakah mereka sesuatu yang baru bagi pasar. Ini memperhitungkan efek-efek tidak langsung dari penelitian dan pengembangan dalam membantu membangun kapasitas penyerapan teknologi.¹⁰² Sebagai contoh, Technology Development Foundation Turki menyediakan pinjaman dengan bunga nol untuk nilai pinjaman hingga \$1 juta bagi perusahaan-perusahaan untuk mengadopsi atau mengembangkan sistem efisiensi energi, energi terbarukan, atau produksi yang lebih bersih.¹⁰³ Di negara kecil dan berpendapatan rendah, di mana terdapat hambatan pasar untuk penyerapan teknologi, dukungan pendanaan publik dapat secara selektif mendanai penyerapan teknologi pada perusahaan, bersamaan dengan konsultasi dan pelatihan teknis.

Program-program penyerapan teknologi yang didanai oleh publik menjembatani jurang-jurang informasi dan pengetahuan di antara perusahaan, petani, dan badan publik. Program yang paling efektif merespons permintaan nyata, mengatasi berbagai rintangan, dan mengikutsertakan institusi-institusi masyarakat dari awal. Ini menciptakan pembelian lokal, membangun

keberlanjutan, dan memastikan bahwa program-program tersebut sesuai dengan sasaran perkembangan lokal.¹⁰⁴ Proyek Clean Production Demonstration di Afrika Selatan untuk para pekerja logam dinilai cukup berhasil terutama karena membidik sejumlah masalah secara bersamaan—dari kurangnya informasi mengenai keuntungan teknologi yang lebih bersih hingga kurangnya peraturan dan penegakannya. Didorong oleh permintaan, proyek tersebut memperoleh pembeliannya dari semua pemangku kepentingan—berbagai pemilik perusahaan, manajer, staf, konsultan, penegak peraturan, dan pemasok—dan menggabungkan kampanye kesadaran, pelatihan, konsultasi teknis, dan bantuan pendanaan.¹⁰⁵ Di China, strategi pemerintahnya untuk meningkatkan dan mendifusikan teknologi kompor masak biomassa juga sukses, karena strategi tersebut menyadari sifat sistemik dari inovasi dan didorong secara luas oleh permintaan (Kotak 7.10).

Seperti telah ditunjukkan di Bab 4, pengadaan oleh pemerintah merupakan instrumen tarikan pasar yang lainnya yang dapat menciptakan ceruk pasar bagi teknologi cerdas iklim, namun bergantung pada tata kelola yang baik dan lingkungan institusional yang mendukung. Preferensi pembelian publik dapat merangsang inovasi cerdas iklim dan adopsi teknologi ketika pemerintah merupakan konsumen utama di area-area seperti pengelolaan limbah, konstruksi, serta peralatan dan layanan transportasi. Jerman dan Swedia telah memasukkan kriteria “hijau” di lebih dari 60 persen tendernya.¹⁰⁶

Optimis karena saat ini adalah era baru kreativitas yang didorong oleh dunia perkembangan muda. Ini adalah generasi yang menginginkan jenis pendidikan yang berbeda yang menggabungkan

hal-hal yang ideal untuk dunia yang lebih baik, kesempurnaan secara teori dan juga kepraktisannya. Facebook dan YouTube mencerminkan suatu generasi berbasis pengetahuan yang baru yang akan membentuk ulang cara berpikir kita mengenai masa depan. Gagasan dasar dari sistem-sistem inovasinya dicirikan oleh pembelajaran interaktif seperti yang tersedia bagi kemanusiaan dengan adanya kemajuan dalam teknologi komunikasi. Alat-alat ini telah muncul pada era kelimpahan teknologi. Dalam konteks institusional yang tepat, inovasi merupakan kunci menuju dunia yang cerdas iklim.

Pencegahan perubahan iklim yang tidak terkelola, dihadapkan dengan dampaknya yang tidak terhindarkan pada masyarakat, dan memenuhi tujuan pembangunan global memerlukan peningkatan usaha-usaha internasional dalam menyebarkan teknologi yang sudah ada dan menyosialisasikan teknologi yang baru. Untuk inisiatif prioritas lebih tinggi yang ambisius, seperti penangkapan dan penyimpanan karbon, negara-negara dapat menggabungkan sumber dayanya dan membagi keuntungan risiko dan pembelajaran RD&D gabungan. Hal itu dapat menciptakan mekanisme pendanaan global baru. Kebijakan “tekanan teknologi” berdasarkan pada kenaikan investasi publik pada penelitian dan pengembangan tidak akan mencukupi untuk mencapai tujuan teknologi kita. Kebijakan-kebijakan itu harus diserasikan dengan kebijakan “dorongan pasar” yang menciptakan insentif di sektor swasta dan publik untuk wirausaha, kolaborasi, dan mencari solusi inovatif di tempat yang memungkinkan.

Dunia harus memastikan bahwa kemajuan teknologi menemukan jalannya dengan cepat ke negara-negara yang mempunyai kemampuan terendah

KOTAK 7.10 *Rancangan kompor masak yang lebih baik dapat mengurangi jelaga sehingga menghasilkan manfaat penting bagi kesehatan manusia dan bagi mitigasi*

Sekitar 2 miliar jiwa di negara-negara berkembang bergantung kepada biomassa untuk pemanasan dan memasak. Kompor masak tradisional di area pedesaan dari Amerika Tengah hingga Afrika, India, dan China melepaskan CO₂ bersama dengan karbon hitam (partikel kecil karbon pada jelaga) dan hasil-hasil dari pembakaran tidak sempurna (karbon monoksida, senyawa nitrogen, metana, dan senyawa organik yang mudah menguap). Produk-produk ini membawa bahaya kesehatan yang serius. Menghirup asap di dalam ruangan dari pembakaran biomassa padat diperkirakan menyebabkan kematian hingga 1,6 juta jiwa setiap tahunnya secara global, sekitar 1 juta di antaranya anak-anak berumur di bawah lima tahun.

Penelitian baru-baru ini menyatakan bahwa kekuatan karbon hitam sebagai pendorong perubahan iklim kemungkinan besar dua kali lipat dari yang sebelumnya diperkirakan oleh IPCC. Analisis baru menyebutkan bahwa karbon hitam dapat berkontribusi lebih dari 70 persen terhadap pemanasan Arktik sejak 1976 dan menjadi faktor kuat mencairnya gletser di Himalaya. Penggunaan kompor berbahan bakar padat pada rumah tangga di negara-negara berkembang bertanggung jawab terhadap 18 persen emisi karbon hitam, teknologi kompor masak yang baru yang memperbaiki pembakaran sehingga mengurangi jelaga dan emisi gas-gas lain dapat menguntungkan tidak hanya kesehatan tetapi juga mitigasi.

Cukup banyak pendanaan telah ditujukan untuk mendukung penggunaan kompor *liquefied petroleum gas* (LPG) sebagai alternatif yang lebih bersih terhadap kompor biomassa, sebagian besar dengan subsidi LPG, namun strategi tersebut telah terbukti tidak efektif. Bahkan

dengan subsidi LPG, banyak rakyat miskin yang tidak mampu membeli bahan bakar tersebut. Program publik untuk memperkenalkan kompor masak biomassa yang diperbaiki selama lebih dari dua dekade telah menghasilkan hasil campuran. Di India, pemerintah menyubsidi 50 persen biaya dari 8 juta kompor yang didistribusikan. Awalnya, program mencakup beberapa kesulitan karena rancangan kompor tersebut tidak sesuai untuk peralatan dan makanan yang digunakan oleh populasi, tetapi selama lima tahun terakhir, pemerintah telah meluncurkan penelitian terbaru untuk memperbaiki permasalahan ini. Kompor masak yang diperbaiki memperoleh beberapa celah di negara lain. Di China, pemerintah menyadari bahwa kesuksesan bergantung pada pemenuhan kebutuhan penduduk, dan hal ini tidak dapat dicapai melalui pendekatan suplai dari atas ke bawah. Hal itu membatasi penelitian, pelatihan teknis, pengaturan standar manufaktur, dan mengurangi hambatan birokrasi pada produksi dan difusi kompor baru. Sektor perusahaan telah dimobilisasi untuk distribusi lokal.

Dengan kemajuan teknologi baru-baru ini dalam teknologi kompor masak biomassa, dampaknya pada kesehatan, dan dampaknya yang masih tersembunyi pada perubahan iklim, suatu titik balik dapat dicapai untuk meningkatkan skalanya secara besar-besaran dan memperdagangkan kompor masak berbahan bakar biomassa dengan kualitas tinggi. Kompor yang paling efektif akan terjangkau oleh kaum miskin, dapat diadaptasi untuk kebutuhan memasak lokal, tahan lama, dan menarik bagi konsumen. Proyek Surya, program evaluasi contoh, akan menangani evaluasi ilmiah yang paling komprehensif dan teliti untuk memperbarui kemampuan kompor masak yang diperbaiki pada

Seorang wanita memasak menggunakan kompor masak Envirofit G-3300



Kredit foto: Envirofit India

pemanasan iklim dan kesehatan penduduk. Proyek tersebut akan mendukung pengenalan model kompor masak baru pada 15.000 rumah tangga di tiga wilayah berbeda di India. Dengan memonitor polutan melalui teknologi pemotongan sensor tepi, mengukur pemanasan matahari pada udara, dan mengombinasikan data ini dengan pengukuran dari satelit NASA, tim proyek tersebut berharap untuk mengamati “lubang karbon hitam”—ketiadaan partikel karbon hitam yang biasa—di atmosfer pada seluruh area intervensi, dan untuk mengukur bagaimana hal ini memengaruhi suhu regional dan kesehatan penduduk. Penelitian ini juga akan memperbaiki pemahaman tentang bagaimana program kompor masak ditujukan untuk keperluan dan kebiasaan rumah tangga.

Sumber: Bond dkk. 2004; Columbia Earthscape. <http://www.earthscape.org/r1/kad09/> (diakses 14 Mei 2009); Forster dkk. 2007; Hendriksen, Ruzibuka, dan Rutagambwa 2007; Project Surya, <http://www.ramanathan.ucsd.edu/ProjectSurya.html> (diakses 31 Agustus 2009); Ramanathan dan Carmichael 2008; Ramanathan, Rehman, dan Ramanathan 2009; Shindell dan Faluvegi 2009; Smith, Rogers, dan Cowlin 2005; UNEP 2008b; Watkins dan Ehst 2008.

untuk mengadopsinya tetapi paling membutuhkan. Mendifusikan teknologi cerdas iklim akan membutuhkan lebih dari perlengkapan pengiriman siap pakai ke negara berkembang. Misalnya, proses difusi akan memerlukan pembangunan kapasitas penyerapan teknologi—kemampuan sektor swasta

dan publik untuk mengidentifikasi, mengadopsi, menadaptasi, memperbaiki, dan mempekerjakan teknologi yang paling sesuai. Hal itu juga memerlukan penciptaan lingkungan yang memfasilitasi transfer teknologi mitigasi dan adaptasi dari satu negara ke negara lainnya melalui jalur perdagangan dan investasi.

Catatan

1. Global Wind Energy Council, http://www.gwec.net/fileadmin/documents/PressReleases/PR_stats_annex_table_2nd_feb_final_final.pdf (diakses April 2009).
2. Metcalfe dan Ramlogan 2008.
3. Edmonds dkk. 2007; Stern 2007; Bank Dunia 2008a.
4. Sebagian besar model penilaian yang terintegrasi menunjukkan permintaan atas kapasitas penyimpanan sebesar tidak lebih dari 600 gigaton karbon (2.220 gigaton karbon dioksida) untuk masa satu abad ini. Estimasi-estimasi yang diterbitkan menempatkan kapasitas penyimpanan geologis yang potensial secara global sebesar 3.000 gigaton karbon (11.000 gigaton karbon dioksida). Dooley, Dahowski, dan Davidson 2007.
5. SEG 2007. Lihat, khususnya, lampiran B, "Sectoral Toolkit for Integrating Adaptation into Planning/Management and Technology/R&D."
6. Heller dan Zavaleta 2009.
7. Hulse 2007.
8. Commonwealth Secretariat 2007.
9. McKinsey Global Institute 2007.
10. Leadbeater dkk. 2008.
11. Aghion dkk. 2005.
12. Salter dan Martin 2001.
13. De Ferranti dkk. 2003.
14. Barlevy 2007.
15. Robins dkk. 2009.
16. Berkhout 2002.
17. UNEP2008a.
18. A. Gentleman, "Bangalore Turning into a Power in Electric Cars." *International Herald Tribune*, 14 Agustus, 2006; Maini 2005; S. Nagrath, "Gee Whiz, It's A Reva! The Diminutive Indian Electric Car Is a Hit on the Streets of London." *Businessworld*, 19 Desember 2008.
19. Jumlah hak paten sering kali digunakan sebagai ukuran dari aktivitas penemuan, tetapi akan terdapat kelemahan dari perbandingan paten-paten dari berbagai negara karena jenis-jenis penemuan tertentu kurang cocok untuk dipatenkan dibandingkan yang lainnya.
20. OECD 2008; Dechezleprêtre dkk. 2008.
21. IEA 2008a; SEG 2007; Stern 2007; Nemet dan Kammen 2007; Davis dan Owens 2003; PCAST 1999.
22. Didasarkan pada statistika International Energy Agency (IEA) RD&D termasuk negara-negara IEA berpendapatan tinggi dan menengah atas, kecuali untuk Australia, Belgia, Republik Ceko, Yunani, Luxembourg, Polandia, Slovakia, dan Spanyol.

"Melalui lukisanku, aku ingin menyampaikan kepada semua orang, termasuk pemimpin-pemimpin dunia, harapanku untuk menghentikan pemanasan global mempertimbangkan penggunaan matahari kita karena matahari sangat kuat, bersih, dan tidak akan habis secara praktis... Jika kita mau, kita bisa mengubahnya menjadi sumber energi sehari-hari kita. Pemerintah dan perusahaan harus mendukung penggunaan energi matahari dan para ilmuwan untuk mencari cara terbaik sehingga penduduk dapat menggunakannya di rumah, peralatan, mesin, pabrik, dan kendaraan mereka."

—Lara Paulina Tercero Araiza, Meksiko, umur 10



23. IEA 2008a.
24. OECD 2008.
25. Sebagai contoh, tanaman pangan dan metode-metode penumbuhan sering kali perlu diadaptasikan terhadap kondisi-kondisi yang terkait iklim, tanah, dan teknologi.
26. OECD 2008.
27. Beintema dan Stads 2008.
28. Carlsson 2006; Freeman 1987; Lundvall 1992; Nelson 1996; OECD 1997.
29. PCAST 1999.
30. IEA, <http://www.iea.org/Textbase/techno/index.asp> (diakses 15 Desember 2008).
31. <http://www.energystar.gov/> (diakses 15 Desember 2008).
32. Milford, Duchter, dan Barker 2008; Stern 2007.
33. Guasch dkk. 2007.
34. De Coninck dkk. 2007.
35. De Coninck dkk. 2007.
36. The Millennium Technology Prize, <http://www.millenniumprize.fi> (diakses 16 Februari 2009).
37. Jaruzelski, Dehoff, dan Bordia 2006.
38. Chesbrough 2003.
39. Newell dan Wilson 2005; X Prize Foundation, <http://www.xprize.org/> (diakses 15 Desember 2008).
40. Progressive Automotive X Prize, <http://www.progressiveautoxprize.org/> (diakses 19 April 2009).
41. Pneumonia adalah penyebab infeksi yang paling utama bagi kematian anak di seluruh dunia; Bank Dunia 2008a.
42. Bank Dunia 2008a.
43. Bank Dunia 2008a.
44. Branscomb dan Auerswald 2002.
45. DB Advisors 2008.
46. UNEP2008a.
47. Nemet dan Kammen 2007.
48. National Center for Environmental Research, <http://www.epa.gov/ncer/sbir/> (diakses April 2009).
49. Passerelles Pacte PME, http://www.oseo.fr/a_la_une/actualites/passerelles_pacte_pme (diakses 30 November 2008).
50. Goldberg dkk. 2006.
51. Di antara konvensi-konvensi kerangka kerja yang terkait adalah yang berkenaan dengan perubahan iklim (United Nations Framework Convention on Climate Change, atau UNFCCC), keragaman hayati (Convention on Biological Diversity), desertifikasi (Convention to Combat Desertification), Ramsar Convention on Wetlands, daerah perairan internasional yang terbagi, dan Plant Genetic Resources for Food and Agriculture.
52. Brewer 2008; De Coninck, Haake, dan van der Linden 2007; Dechezleprêtre, Glachant, dan Menière 2007.
53. Doornbosch, Gielen, dan Koutstaal 2008; Global Environment Facility, <http://www.gefweb.org/> (diakses 4 Desember 2008).
54. GEF 2008; GEF 2009.
55. Carbon Finance Unit Bank Dunia, <http://wbcarbonfinance.org/> (diakses 4 Desember 2008).
56. Barrett 2006.
57. De Coninck dkk. 2007.
58. CCS di Eropa, http://ec.europa.eu/environment/climat/ccs/work_en.htm (diakses 2 Juli 2009).
59. UNESCO Institute for Statistics, <http://www.uis.unesco.org> (diakses 18 Januari 2009).
60. Lundvall 2007.
61. Humanitarian Practice Network, <http://www.odihpn.org/report.asp?id=2522> (diakses 14 Januari 2009); Kiang 2006.
62. IPCC 2000.

63. Goldman dan Ergas 1997; Bank Dunia 2007a.
64. Juma 2006.
65. Bank Dunia 2005.
66. Watkins dan Eht 2008.
67. UNEP2008a.
68. Huq, Reid, dan Murray 2003.
69. Lihat pengelolaan berbasis ekosistem di Bab 3.
70. SEG 2007.
71. Schneider dan Goulder 1997; Popp 2006; lihat juga Bab 4.
72. Hicks 1932.
73. Hayami dan Ruttan 1970; Hayami dan Ruttan 1985; Ruttan 1997; Jaffe, Newell, dan Stavins 2003; Popp 2002.
74. Newell, Jaffe, dan Stavins 1999.
75. Jaffe, Newell, dan Stavins 2003.
76. Taylor, Rubin, dan Hounshell 2005.
77. Weinert, Ma, dan Cherry 2007; the Climate Group 2008; Hang dan Chen 2008; C. Whelan, "Electric Bikes Are Taking Off." *New York Times*, 14 Maret 2007, <http://www.time.com/time/world/article/0,8599,1904334,00.html> (diakses 5 Juli 2009).
78. Bernauer dkk. 2006.
79. Bank Dunia 2007b.
80. de Chavez dan Tauli-Corpuz 2008.
81. Bank Dunia 2008b; Scarpetta dan Tressel 2004.
82. Matuschke dan Qaim 2008.
83. Negara-negara ini adalah Argentina, Bangladesh, Brazil, Chile, Cina, Kolombia, Republik Arab Mesir, India, Indonesia, Kazakhstan, Malaysia, Meksiko, Nigeria, Filipina, Afrika Selatan, Thailand, Venezuela, dan Zambia. Bank Dunia 2008c.
84. Bank Dunia 2008c.
85. Steenblik 2007.
86. IMF 2008.
87. Goldberg dkk. 2008.
88. Brewer 2008.
89. UNCTAD 2005.
90. Maskus 2004; Hoekman, Maskus, dan Saggi 2004; Lewis 2007.
91. Barton 2007.
92. Branstetter, Fisman, dan Fritz Foley 2005; Deloitte 2007.
93. Dedigama 2009.
94. ICTSD 2008.
95. Barton 2007; Lewis 2007; ICTSD 2008.
96. Hoekman, Maskus, dan Saggi 2004.
97. Bank Dunia 2007b.
98. Barton 2007.
99. ICTSD 2008.
100. Baker dan Shittu 2006; Jaffe, Newell, dan Stavins 2003; Schneider dan Goulder 1997; Popp 2006.
101. Nelson 1959; Arrow 1962.
102. Cohen dan Levinthal 2009.
103. Technology Development Foundation of Turkey, <http://www.ttgiv.org.tr/en/page.php?id=35> (diakses 5 Maret 2009).
104. IPCC 2000.
105. Koefoed dan Buckley 2008.
106. Bouwer dkk. 2006.

Referensi

- Aghion, P., G. M. Angeletos, A. Banerjee, dan K. Manova. 2005. "Volatility and Growth: Credit Constraints and Productivity-Enhancing Investments." Department of Economics Working Paper 05-15. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.
- Arrow, K. J. 1962. "Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention." Dalam *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*, R.

- Nelson. Princeton (editor), NJ: Princeton University Press.
- Baker, E., dan E. Shittu. 2006. "Profit-Maximizing R&D in Response to a Random Carbon Tax." *Resource and Energy Economics* 28 (2): 160–180.
- Barlevy, G. 2007. "On the Cyclicalities of Research and Development." *American Economic Review* 97 (4): 1131–1164.
- Barrett, S. 2006. "Managing the Global Commons." Dalam *Expert Paper Series Two: Global Commons*. Stockholm: Secretariat of the International Task Force on Global Public Goods.
- Barton, J. H. 2007. "Intellectual Property and Access to Clean Energy Technologies in Developing Countries: An Analysis of Solar Photovoltaic, Biofuels and Wind Technologies." Trade and Sustainable Energy Series Issue Paper 2, International Centre for Trade and Sustainable Development, Geneva.
- Beintema, N. M., dan G. J. Stads. 2008. "Measuring Agricultural Research Investments: A Revised Global Picture." Agricultural and Technology Indicators Background Note, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Berkhout, F. 2002. "Technological Regimes, Path Dependency and the Environment." *Global Environmental Change* 12 (1): 1–4.
- Bernauer, T., S. Engel, D. Kammerer, dan J. Seijas. 2006. "Explaining Green Innovation." Working Paper 17, Center for Comparative and International Studies, Zurich.
- Bond, T. C., D. G. Streets, K. F. Yarber, S. M. Nelson, J.-H. Woo, dan Z. Klimont. 2004. "A Technology-Based Global Inventory of Black and Organic Carbon Emissions from Combustion." *Journal of Geophysical Research* 109: D14203–doi:10.1029/2003JD003697.
- Bouwer, M., M. Jonk, T. Berman, R. Bersani, H. Lusser, V. Nappa, A. Nissinen, K. Parikka, P. Szuppinger, dan C. Vigano. 2006. *Green Public Procurement in Europe 2006—Conclusions and Recommendations*. Haarlem: Virage Milieu & Management.
- Branscomb, L. M., dan P. E. Auerswald. 2002. *Between Invention and Innovation: An Analysis of Funding for Early-Stage Technology Development*. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology.
- Branstetter, L., R. Fisman, dan C. F. Foley. 2005. "Do Stronger Intellectual Property Rights Increase International Technology Transfer? Empirical Evidence from U.S. Firm-Level Data." Working Paper 11516, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Brewer, T. L. 2008. "International Energy Technology Transfer for Climate Change Mitigation: What, Who, How, Why, When, Where, How Much . . . and the Implications for International Institutional Architecture." Working Paper 2048, CESifo, Venice.
- Carlsson, B. 2006. "Internationalization of Innovation Systems: A Survey of the Literature." *Research Policy* 35 (1): 56–67.
- CGIARIndependent Review Panel. 2008. *Bringing Together the Best of Science and the Best of Development: Independent Review of the CGIAR System: Report to the*

- Executive Council. Washington, DC: Consultative Group on International Agricultural Research.
- CGIARScience Council. 2008. *Report of the First External Review of the Generation Challenge Program*. Rome: Consultative Group on International Agricultural Research.
- Cherry, C. R. 2007. "Electric Two-Wheelers in China: Analysis of Environmental, Safety, and Mobility Impacts." Ph.D. thesis. University of California, Berkeley, CA.
- Chesbrough, H. W. 2003. *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Climate Group. 2008. *China's Clean Revolution*. London: The Climate Group.
- Cohen, W. M., dan D. A. Levinthal. 2009. "Innovation and Learning: The Two Faces of R&D." *Economic Journal* 99 (397): 569–96.
- Commonwealth Secretariat. 2007. *Commonwealth Ministers Reference Book 2007*. London: Henley Media Group.
- Davis, G., dan B. Owens. 2003. "Optimizing the Level of Renewable Electric R&D Expenditures Using Real Option Analysis." *Energy Policy* 31 (15): 1589–1608.
- Davis, L., dan J. Davis. 2004. "How Effective Are Prizes as Incentives to Innovation? Evidence from Three 20th Century Contests." Paper presented at the Danish Research Unit for Industrial Dynamics Summer Conference on Industrial Dynamics, Innovation and Development. Elsinore, Denmark.
- DB Advisors. 2008. "Investing in Climate Change 2009 Necessity And Opportunity In Turbulent Times." Global team, DB Advisors, Deutsche Bank Group, Frankfurt.
- de Chavez, R., dan V. Tauli-Corpuz. 2008. *Guide on Climate Change and Indigenous Peoples*. Baguio City, Philippines: Tebtebba Foundation.
- de Coninck, H. C., C. Fisher, R. G. Newell, dan T. Ueno. 2007. *International Technology-Oriented Agreements to Address Climate Change*. Washington, DC: Resources for the Future.
- de Coninck, H. C., F. Haake, dan N. J. van der Linden. 2007. *Technology Transfer in the Clean Development Mechanism*. Petten, The Netherlands: Energy Research Centre of the Netherlands.
- de Ferranti, D. M., G. E. Perry, I. Gill, J. L. Guasch, W. F. Maloney, C. Sanchez-Paramo, dan N. Schady. 2003. *Closing the Gap in Education and Technology*. Washington, DC: World Bank.
- Dechezleprêtre, A., M. Glachant, I. Hascic, N. Johnstone, dan Y. Meniérè. 2008. *Invention and Transfer of Climate Change Mitigation Technologies on a Global Scale: A Study Drawing on Patent Data*. Paris: CERNA.
- Dechezleprêtre, A., M. Glachant, dan Y. Meniérè. 2007. "The Clean Development Mechanism and the International Diffusion of Technologies: An Empirical Study." Working Paper 2007.105, Fondazione Eni Enrico Mattei, Milan.
- Dedigama, A. C. 2009. *International Property Rights Index (IPRI): 2009*

- Report. Washington, DC: Property Rights Alliance.
- Deloitte. 2007. *Global Trends in Venture Capital 2007 Survey*. New York: Deloitte Touche Tohmatsu.
- Dooley, J. J., R. T. Dahowski, dan C. Davidson. 2007. "CCS: A Key to Addressing Climate Change." In *Fundamentals of the Global Oil and Gas Industry 2007*. London: Petroleum Economist.
- Doornbosch, R., D. Gielen, dan P. Koutstaal. 2008. *Mobilising Investments in Low-Emissions Technologies on the Scale Needed to Reduce the Risks of Climate Change*. Paris: OECD Round Table on Sustainable Development.
- Edmonds, J., M. A. Wise, J. J. Dooley, S. H. Kim, S. J. Smith, P. J. Runci, L. E. Clarke, E. L. Malone, dan G. M. Stokes. 2007. *Global Energy Technology Strategy Addressing Climate Change: Phase 2 Findings from an International Public-Private Sponsored Research Program*. Washington, DC: Battelle Pacific Northwest Laboratories.
- Forster, P., V. Ramaswamy, P. Artaxo, T. Bernsten, R. Betts, D. W. Fahey, J. Haywood, J. Lean, D. C. Lowe, G. Myhre, J. Nganga, R. Prinn, G. Raga, M. Schulz, dan R. Van Dorland. 2007. "Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing." Dalam *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, dan H. L. Miller. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Freeman, C. 1987. *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. London: Pinter.
- GEF (Global Environment Facility). 2008. *Transfer of Environmentally Sound Technologies: The GEF Experience*. Washington, DC: GEF.
- . 2009. *Draft Adaptation to Climate Change Programming Strategy*. Washington, DC: GEF.
- Global Wind Energy Council. 2009. *Global Wind 2008 Report*. Brussels: Global Wind Energy Council.
- Goldberg, I., L. Branstetter, J. G. Goddard, dan S. Kuriakose. 2008. *Globalization and Technology Absorption in Europe and Central Asia*. Washington, DC: World Bank.
- Goldberg, I., M. Trajtenberg, A. B. Jaffe, J. Sunderland, T. Muller, dan E. Blanco Armas. 2006. "Public Financial Support for Commercial Innovation." Europe and Central Asia Chief Economist's Regional Working Paper 1, World Bank, Washington, DC.
- Goldman, M., dan H. Ergas. 1997. "Technology Institutions and Policies: Their Role in Developing Technological Capability in Industry." Technical Paper 383, World Bank, Washington, DC.
- Guasch, J. L., J. L. Racine, I. Sanchez, dan M. Diop. 2007. *Quality Systems and Standards for a Competitive Edge*. Washington, DC: World Bank.
- Hang, C. C., dan J. Chen. 2008. "Disruptive Innovation: An Appropriate Innovation Approach for Developing Countries." ETM Internal Report 1/08. National University of Singapore, Division of

- Engineering and Technology Management, Singapore.
- Hayami, Y., dan V. W. Ruttan. 1970. "Factor Prices and Technical Change in Agricultural Development: The United States and Japan." *Journal of Political Economy* 78: 1115–41.
- . 1985. *Agricultural Development: An International Perspective*. Baltimore: John Hopkins University Press.
- Heller, N. E., dan E. S. Zavaleta. 2009. "Biodiversity Management in the Face of Climate Change: A Review of 22 Years of Recommendations." *Biological Conservation* 142 (1): 14–32.
- Hendriksen, G., R. Ruzibuka, dan T. Rutagambwa. 2007. *Capacity Building for Science, Technology and Innovation for Sustainable Development and Poverty Reduction*. Washington, DC: World Bank.
- Hicks, J. R. 1932. *The Theory of Wages*. London: Macmillan.
- Hoekman, B. M., K. E. Maskus, dan K. Saggi. 2004. "Transfer of Technology to Developing Countries: Unilateral and Multilateral Policy Options." Policy Research Working Paper 3332, World Bank, Washington, DC.
- Hulse, J. H. 2007. *Sustainable Development at Risk: Ignoring the Past*. Ottawa: Foundation Books/IDRC.
- Huq, S., H. Reid, dan L. Murray. 2003. "Mainstreaming Adaptation to Climate Change in Least Developed Countries." Working Paper 1: Country by Country Vulnerability to Climate Change, International Institute for Environment and Development, London.
- ICTSD (International Centre for Trade and Sustainable Development). 2008. "Climate Change, Technology Transfer and Intellectual Property Rights." Paper presented at the Trade and Climate Change Seminar. Copenhagen.
- IEA (International Energy Agency). 2006. *Energy Technology Perspectives: In Support of the G8 Plan of Action. Scenarios and Strategies to 2050*. Paris: IEA.
- . 2008a. *Energy Technology Perspective 2008: Scenarios and Strategies to 2050*. Paris: IEA.
- . 2008b. *World Energy Outlook 2008*. Paris: IEA.
- IMF (International Monetary Fund). 2008. *Fuel and Food Price Subsidies: Issues and Reform Options*. Washington, DC: IMF.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2000. *Special Report: Methodological and Technological Issues in Technology Transfer: Summary for Policymakers*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- IRI (International Research Institute for Climate and Society). 2006. "A Gap Analysis for the Implementation of the Global Climate Observing System Programme in Africa." Technical Report IRI-TR/06/1, IRI, Palisades, N.Y.
- Jaffe, A., R. G. Newell, dan R. N. Stavins. 2003. "Technological Change and the Environment." Dalam *Handbook of Environmental Economics*, vol. 1,

- K. G. Maler dan J. R. Vincent (para editor). Amsterdam: Elsevier.
- Jaruzelski, B., K. Dehoff, dan R. Bordia. 2006. *Smart Spenders: The Global Innovation 1000*. McLean, VA: Booz Allen Hamilton.
- Juma, C. 2006. *Reinventing African Economies: Technological Innovation and the Sustainability Transition*. 6th John Pesek Colloquium on Sustainable Agriculture. Ames, IA: Iowa State University.
- . 2008. "Agricultural Innovation and Economic Growth in Africa: Renewing International Cooperation." *International Journal of Technology and Globalisation* 4 (3): 256–75.
- Justus, D., dan C. Philibert. 2005. *International Energy Technology Collaboration and Climate Change Mitigation*. Paris: OECD/IEA.
- Kiang, R. 2006. *Malaria Modeling and Surveillance Verification and Validation Report, Part 1: Assessing Malaria Risks in Thailand Provinces Using Meteorological and Environmental Parameters*. Greenbelt, MD: NASA Goddard Space Flight Center.
- Koefoed, M., dan C. Buckley. 2008. "Clean Technology Transfer: A Case Study from the South African Metal Finishing Industry 2000–2005." *Journal of Cleaner Production* 16S1: S78–S84.
- Leadbeater, C., J. Meadow, M. Harris, T. Crowley, S. Mahroum, dan B. Poirson. 2008. *Making Innovation Flourish*. Birmingham, UK: National Endowment for Science, Technology, and the Arts.
- Lewis, J. I. 2007. "Technology Acquisition and Innovation in the Developing World: Wind Turbine Development in China and India." *Studies in Comparative International Development* 42: 208–232.
- Lundvall, B. A., ed. 1992. *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Pinter.
- . 2007. "National Innovation-Systems: Analytical Concept and Development Tool." *Industry and Innovation* 14 (1): 95–119.
- MacCracken, M. 2009. "Beyond Mitigation: Potential Options for Counter-Balancing the Climatic and Environmental Consequences of the Rising Concentrations of Greenhouse Gases." Policy Research Working Paper Series 4938, World Bank, Washington, DC.
- Maini, C. 2005. "Development of a Globally Competitive Electric Vehicle In India." *Journal of the Indian Institute of Science* 85: 83–95.
- Maskus, K. E. 2004. "Encouraging International Technology Transfer." Project on Intellectual Property Rights and Sustainable Development 7, United Nations Conference on Trade and Development and International Centre for Trade and Sustainable Development, Chavand, France.
- Matuschke, I., dan M. Qaim. 2008. "Seed Market Privatisation and Farmers' Access to Crop Technologies: The Case of Hybrid Pearl Millet Adoption in India." *Journal of Agricultural Economics* 59 (3): 498–515.
- McKinsey Global Institute. 2007. *Leapfrogging to Higher Productivity in China*. McKinsey & Company.

- Metcalfe, S., dan R. Ramlogan. 2008. "Innovation Systems and the Competitive Process in Developing Economies." *Quarterly Review of Economics and Finance* 48 (2): 433–46.
- Milford, L., D. Duchter, dan T. Barker. 2008. *How Distributed and Open Innovation Could Accelerate Technology Development and Deployment*. Montpelier, VT: Clean Energy Group.
- Nelson, R. R. 1959. "The Simple Economics of Basic Scientific Research." *Journal of Political Economy* 67: 297–306.
- . 1996. *National Innovation Systems*. New York: Oxford University Press.
- Nemet, G., dan D. M. Kammen. 2007. "U.S. Energy Research and Development: Declining Investment, Increasing Need, and the Feasibility of Expansion." *Energy Policy* 35: 746–55.
- Newell, R. G., A. B. Jaffe, dan R. N. Stavins. 1999. "The Induced Innovation Hypothesis and Energy-saving Technological Change." *Quarterly Journal of Economics* 114: 941–75.
- Newell, R. G., dan N. E. Wilson. 2005. "Technology Prizes for Climate Change Mitigation." Discussion Paper 05-33, Resources for the Future, Washington, DC.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 1997. *National Innovation Systems*. Paris: OECD.
- . 2008. *Compendium on Patent Statistics 2008*. Paris: OECD.
- PCAST (President's Committee of Advisors on Science and Technology). 1999. *Powerful Partnerships: The Federal Role in International Cooperation on Energy Innovation*. Washington, DC: PCAST.
- Philibert, C. 2004. *International Energy Technology Collaboration and Climate Change Mitigation*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development and International Energy Agency.
- Popp, D. 2002. "Induced Innovation and Energy Prices." *American Economic Review* 92 (1): 160–80.
- . 2006. "R&D Subsidies and Climate Policy: Is There a Free Lunch?" *Climatic Change* 77: 311–41.
- Ramanathan, N., I. H. Rehman, dan V. Ramanathan. 2009. "Project Surya: Mitigation of Global and Regional Climate Change: Buying the Planet Time by Reducing Black Carbon, Methane and Ozone." Background note for the WDR2010.
- Ramanathan, V., dan G. Carmichael. 2008. "Global and Regional Climate Changes Due to Black Carbon." *Nature Geoscience* 1: 221–27.
- Robins, N., R. Clover, dan C. Singh. 2009. *A Climate for Recovery: The Colour of Stimulus Goes Green*. London, UK: HSBC.
- Rogers, D. 2009. "Environmental Information Services and Development." Background note for the WDR2010.
- Ruttan, V. W. 1997. "Induced Innovation, Evolutionary Theory and Path Dependence: Sources of Technical Change." *Economic Journal* 107 (444): 1520–29.
- Salter, A. J., dan B. R. Martin. 2001. "The Economic Benefits of Publicly Funded Basic Research: A Critical

- Review." *Research Policy* 30 (3): 509–32.
- Scarpetta, S., dan T. Tressel. 2004. "Boosting Productivity Via Innovation and Adoption of New Technologies: Any Role for Labor Market Institutions?" Policy Research Working Paper 3273, World Bank, Washington, DC.
- Schneider, S. H., dan L. H. Goulder. 1997. "Achieving Low-Cost Emissions Targets." *Nature* 389 (6646): 13–14.
- SEG (Scientific Expert Group on Climate Change). 2007. *Confronting Climate Change: Avoiding the Unmanageable and Managing the Unavoidable*. Washington, DC: Sigma Xi and the United Nations Foundation.
- Shindell, D., dan G. Faluvegi. 2009. "Climate Response to Regional Radiative Forcing during the Twentieth Century." *Nature Geoscience* 2: 294–300.
- Smith, K. R., J. Rogers, dan S. C. Cowlin. 2005. "Household Fuels and Ill-Health in Developing Countries: What Improvements Can be Brought by LPGas?" Paper presented at 18th World LPGas Fom, Sept. 14–16, Shanghai.
- Steenblik, R., eds. 2007. *Biofuels: At What Cost? Government Support for Ethanol and Biodiesel in Selected OECD Countries*. Geneva: International Institute for Sustainable Development, Global Subsidies Initiative.
- Stern, N. 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Taylor, M. R., E. S. Rubin, dan D. A. Hounshell. 2005. "Control of SO₂ Emissions from Power Plants: A Case of Induced Technological Innovation in the U.S." *Technological Forecasting and Social Change* 72 (6): 697–718.
- Tidd, J. 2006. *Innovation Models*. London: Imperial College London.
- UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development). 2005. *World Investment Report 2005: Transnational Corporations and the Internationalization of R&D*. New York: United Nations.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2008a. *Global Trends in Sustainable Energy Investments*. Paris: UNEP Sustainable Energy Finance Initiative.
- . 2008b. *Reforming Energy Subsidies: Opportunities to Contribute to the Climate Change Agenda*. Nairobi: UNEP Division of Technology, Industry and Economics.
- Watkins, A., dan M. Ehts, (para editor). 2008. *Science, Technology and Innovation Capacity Building for Sustainable Growth and Poverty Reduction*. Washington, DC: World Bank.
- Weinert, J., C. Ma, dan C. Cherry. 2007. "The Transition to Electric Bikes in China: History and Key Reasons for Rapid Growth." *Transportation* 34 (3): 301–18.
- Westermeyer, W. 2009. "Observing the Climate for Development." Background note for the WDR2010.
- World Bank. 2005. *Agricultural Investment Sourcebook*. Washington, DC: World Bank.
- . 2007a. *Building Knowledge Economies: Advanced Strategies for*

- Development*. Washington, DC: World Bank Institute.
- . 2007b. *World Development Report 2008: Agriculture for Development*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008a. “Accelerating Clean Technology Research, Development and Deployment: Lessons from Nonenergy Sector.” Working Paper 138, World Bank, Washington, DC.
- . 2008b. *Doing Business 2008 Report*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008c. *International Trade and Climate Change: Economic, Legal and Institutional Perspectives*. Washington, DC: World Bank.



Kebiasaan yang akan Datang dan Inersia Institusi

Banyak kebijakan telah diciptakan untuk melaksanakan adaptasi dan mitigasi. Hak kepemilikan yang terjamin, teknologi yang efisien energi, pasar berdasarkan pajak ekologi dan izin perdagangan—semuanya telah diuji dan dipelajari selama beberapa dekade. Akan tetapi, penerapannya masih terbukti sulit untuk dilakukan. Keberhasilannya bukan hanya bergantung pada pendanaan dan teknologi baru saja, namun juga bergantung pada faktor sosial, ekonomi, dan politik yang rumit dan dengan konteks yang spesifik, yang biasanya disebut institusi—aturan formal dan informal yang memengaruhi rancangan kebijakan, penerapan, dan hasilnya.¹

Nilai-nilai, norma-norma, dan penataan organisasi dapat mempersulit perubahan kebijakan. Pengalaman membentuk tindakan saat ini dan masa depan. Pola perilaku individu dan

organisasi sulit dihilangkan, bahkan jika dihadapkan pada tantangan-tantangan baru. Sementara itu, tradisi politik membatasi pilihan-pilihan kebijakan. Beberapa contoh. Sebagian besar negara masih menggunakan kebijakan dan peraturan institusi untuk memastikan pasokan energi—tidak untuk membatasi permintaan. Pajak polusi dalam perekonomian di mana polusi tidak dianggap sebagai suatu barang publik yang buruk akan menimbulkan perlawanan dari para pengambil keputusan dan publik itu sendiri. Sementara itu, kepentingan ekonomis dapat menghalangi penyebaran teknologi yang efisien energi.²

Contoh tersebut menunjukkan dimensi lain dari urgensi dalam mengatasi perubahan iklim. Sebagai tambahan terhadap inersia iklim, teknologi, dan pasokan modal, kebijakan harus dapat mengatasi inersia institusional. Institusi cenderung sulit diatasi—ketika sudah ada dan diterima, institusi dapat membatasi perubahan kebijakan dan pilihan-pilihan masa depan.³

Inersia institusional memiliki tiga implikasi untuk kebijakan pembangunan cerdas iklim. Pertama, perubahan institusional harus menjadi prioritas. Keberhasilan akan bergantung pada pembentukan ulang kerangka

Pesan Kunci

Untuk mencapai hasil dalam mengatasi tantangan iklim memerlukan lebih dari mobilisasi internasional keuangan dan teknologi, dengan mengatasi hambatan psikologis, organisasi, dan politis untuk tindakan iklim. Hambatan ini berasal dari cara orang memandang dan berpikir tentang masalah iklim, cara kerja birokrasi, dan kepentingan membentuk tindakan pemerintah. Kebijakan perubahan memerlukan pergeseran insentif politik dan bahkan tanggung jawab organisasi. Selain itu, memerlukan pemasaran yang aktif terhadap kebijakan iklim, memasuki norma-norma sosial dan perilaku, untuk menerjemahkan perhatian publik ke dalam pemahaman, dan pemahaman menjadi tindakan—mulai di rumah.

kerja institusional yang mendukung intervensi. Kedua, reformasi institusional harus memberikan hasil. Mengatasi determinan institusional kebijakan iklim dapat memastikan efektivitas dan keberlanjutan dari intervensi, memaksimalkan dampak pendanaan dan teknologi, serta memberikan hasil perkembangan tambahan. Ketiga, perubahan institusional mungkin terjadi. Meningkatkan keikutsertaan gender, mengenali hak-hak penduduk pedalaman, mereformasi hak-hak kepemilikan, dan membentuk insentif individu dapat sangat menuntut, namun tidak mustahil. Beberapa tantangan ini dapat dipenuhi tanpa adanya terobosan teknologi atau pendanaan tambahan. Lebih penting lagi, banyak dari intervensi ini jatuh ke dalam cakupan kebijakan nasional atau bahkan kebijakan lokal—tidak perlu perjanjian iklim global untuk meningkatkan kebebasan pers dan suara dari masyarakat sipil.⁴

Bab ini membahas berbagai penentu berperilaku, organisasional, dan politis dari inersia institusional yang menghalangi pembangunan cerdas iklim. Bab ini menunjukkan bagaimana dorongan-dorongan tersebut memengaruhi penerapan kebijakan-kebijakan baru dan menghambat keberhasilannya, baik di negara maju maupun di negara berkembang. Bab ini juga mengemukakan bahwa untuk mengatasi inersia tersebut membutuhkan pertimbangan ulang dari cakupan serta kualitas peran pemerintah. Kita mulai dengan pemikiran masyarakat.

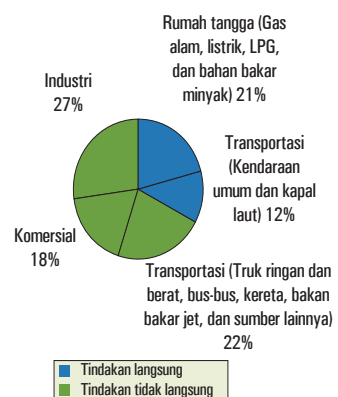
Mengekang perubahan perilaku individu

Memahami pendorong perilaku manusia adalah penting bagi kebijakan perkembangan cerdas iklim. Pertama, tindakan konsumsi swasta adalah

akar dari perubahan iklim. Sebagai konsumen, individu memiliki sejumlah kapasitas mitigasi. Sebagian besar emisi negara maju merupakan akibat langsung dari keputusan individu—untuk perjalanan, pemanasan, dan pembelian makanan. Rumah tangga di AS berkontribusi 33 persen emisi karbon dioksida (CO₂) nasional—lebih banyak daripada industri AS dan negara lainnya, kecuali China (Figur 8.1 dan 8.2).⁵ Jika diadopsi secara keseluruhan, peraturan efisiensi yang ada untuk rumah tangga dan kendaraan bermotor dapat menghasilkan penghematan energi sebesar hampir 30 persen—10 persen dari total konsumsi AS.⁶ Kedua, individu mendorong proses perubahan terbesar dalam sistem organisasi dan politik. Terutama di negara-negara demokratis, banyak tindakan pemerintah yang merupakan akibat dari tekanan penduduk dan pemilik hak suara untuk bertindak. Ketiga, pengambil keputusan mengaplikasikan proses mental yang sama dengan individu ketika merancang dan menerapkan kebijakan.

Perdebatan mengenai perubahan perilaku individu telah terfokus pada

Figur 8.1 Dari pengguna yang menghasilkan hampir sepertiga dari total emisi CO₂ AS



Sumber: EIA 2009; EPA 2009.

Catatan: LPG = *liquified petroleum gas*.

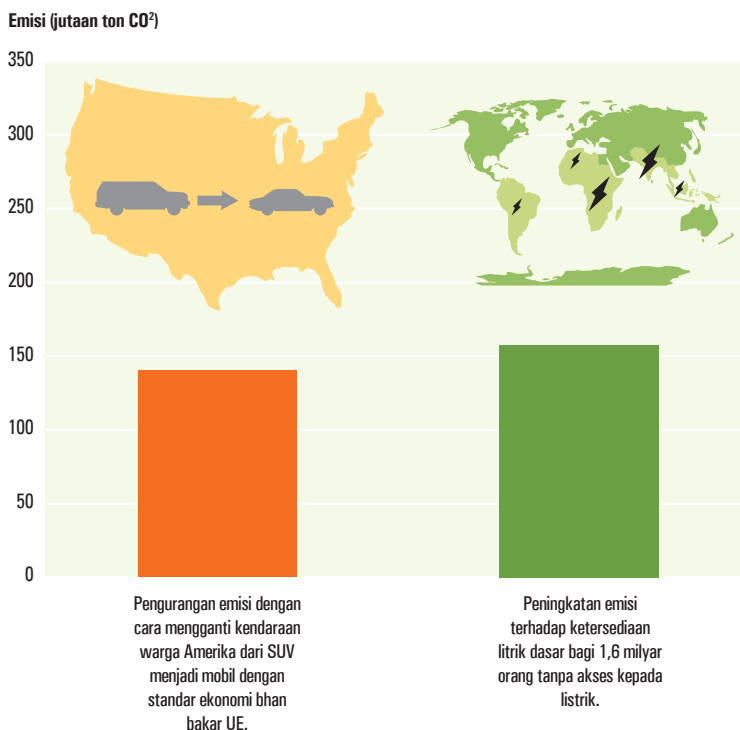
mekanisme pasar. Penetapan harga energi yang lebih baik dan pembiayaan sumber daya langka dapat mendorong individu untuk menjauh dari konsumsi padat karbon, mendorong mereka untuk melestarikan habitat yang hampir punah, dan mengelola ekosistem dengan lebih baik. Akan tetapi, pendorong konsumsi oleh individu dan kelompok bukan hanya harga. Banyak teknologi yang efisien energi berbiaya efektif telah tersedia selama bertahun-tahun. Investasi “tanpa penyesalan,” seperti meningkatkan insulasi bangunan, menangani kebocoran air, dan membatasi bangunan di area rawan banjir memberikan keuntungan tidak hanya untuk mitigasi dan adaptasi. Jadi, mengapa semua itu belum juga diadopsi? Hal itu dikarenakan kekhawatiran bukanlah pemahaman dan pemahaman tidak langsung berbuah tindakan.

Kekhawatiran bukanlah pemahaman

Selama dekade-dekade terakhir, kesadaran mengenai perubahan iklim telah tumbuh tanpa adanya tindakan individu.⁷ Walaupun, penerbangan, penggunaan mobil, wisata ke luar negeri, dan penggunaan peralatan rumah tangga telah meningkat secara global.⁸

Apa yang menyebabkan terputusnya persepsi dengan tindakan? Kekhawatiran mengenai perubahan iklim bukan berarti memahami pendorong dan dinamikanya atau respons yang diperlukan. Jajak pendapat menunjukkan bahwa masyarakat mengaku bingung mengenai penyebab dan solusi perubahan iklim.⁹ “Jurang hijau” dalam perilaku publik ini berasal antara lain dari bagaimana ilmu iklim dikomunikasikan dan bagaimana pikiran kita (salah) memahami dinamika iklim (Kotak 8.1).¹⁰

Figur 8.2 Sedikit penyesuaian lokal untuk kepentingan secara global: Pergantian kendaraan dari SUV menjadi mobil penumpang yang efisien bahan bakar di Amerika Serikat saja hampir menurunkan emisi yang dihasilkan dari penyediaan energi untuk lebih dari 1,6 milyar orang.



Sumber: Perhitungan tim Laporan Pembangunan Dunia berdasarkan BTS 2008.

Catatan: Perkiraan didasarkan pada 40 juta SUV (*sport utility vehicles*) di Amerika Serikat yang menempuh perjalanan total sejauh 480 miliar mil (mengasumsikan setiap mobil menempuh 12.000 mil) per tahun. Dengan rata-rata efisiensi bahan bakar 18 mil per galon, SUV mengonsumsi 27 miliar bensin per tahun dengan emisi 2.421 gram karbon per galon. Beralih ke mobil berbahan bakar efisien, dengan rata-rata efisiensi bahan bakar mobil penumpang baru di Uni Eropa (45 mil per galon; lihat ICCT 2007) menghasilkan pengurangan 142 juta ton CO₂ (39 ton karbon) per tahun. Konsumsi listrik rumah tangga miskin di negara-negara berkembang diperkirakan sebesar 170 kilowatt jam per orang-tahun dan listrik diasumsikan tersedia pada intensitas karbon dunia rata-rata sebesar 160 gram karbon per kilowatt-jam, setara dengan 160 juta ton CO₂ (44 juta ton karbon). Ukuran simbol listrik pada peta global berhubungan dengan jumlah penduduk yang tidak memiliki akses ke listrik.

Model defisit informasi yang standar mengasumsikan bahwa ketika masyarakat “mengetahui” lebih banyak, maka mereka akan melakukan tindakan yang berbeda.¹¹ Masyarakat saat ini terpapar begitu banyak informasi mengenai penyebab, dinamika, dan efek perubahan iklim. Informasi ini jelas telah meningkatkan kekhawatiran, namun tidak menimbulkan tindakan.¹² Mengapa? Hal ini dikarenakan informasi tersebut dapat menimbulkan perasaan yang salah mengenai “pemberian wewenang,” yang kemudian menjadi kehilangan kekuasaan yang bertentangan jika disatukan dengan pesan yang

KOTAK 8.1 *Miskomunikasi tentang kebutuhan tindakan iklim*

Melaporkan perubahan iklim dapat memiliki efek yang tidak produktif, yakni membuat mobilitas masyarakat berkurang. Analisis linguistik tentang cakupan media dan komunikasi kelompok lingkungan hidup mengenai perubahan iklim mendapati bahwa semakin banyak orang dibanjiri dengan kata-kata atau gambar-gambar kehancuran, efek pemanasan global yang mirip dengan yang digambarkan di kitab suci, semakin mungkin bagi mereka untuk tidak peduli dan memalingkan muka dari perubahan iklim. Menggambarkan perubahan iklim sebagai “cuaca mengerikan” dapat menimbulkan tindakan yang merusak karena masyarakat cenderung melihat

cuaca sebagai sesuatu yang berada di luar kendali manusia. Mereka tidak mencegah atau mengubahnya. Mereka bersiap menghadapinya, menyesuaikan diri dengannya, atau menjauhinya. Kemudian, memfokuskan diri terhadap waktu yang panjang dan skala pemanasan global akan mendorong mereka untuk berpikir “hal ini tidak akan terjadi ketika saya hidup” dan “tidak ada yang dapat kita lakukan.”

Menekankan besarnya skala dari pemanasan global sambil menginformasikan kepada masyarakat bahwa mereka dapat memecahkannya melalui tindakan-tindakan kecil (seperti mengganti lampu pijar) membangkitkan

suatu ketidaksesuaian yang menghambat kredibilitas dan mendorong masyarakat untuk berpikir bahwa tindakan tersebut tidak berguna. Berita pemanasan global yang biasa—tanpa menyertakan bukti ilmiah, akan memperburuk konsekuensi parah akibat tidak bertindak dan mengharuskan tindakan yang segera—dapat mendorong masyarakat untuk berpikir bahwa tindakan pencegahan tidak akan berguna.

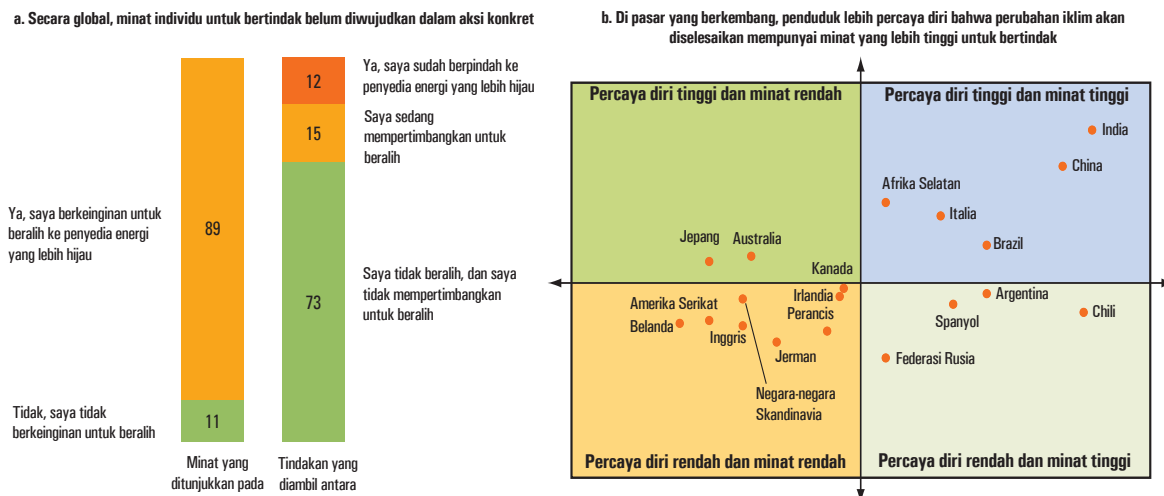
Sumber: Retallack, S., www.opendemocracy.net/globalization-climate_change_debate/anelohe_3550.jsp (diakses 17 Juli 2008).

lebih “realistis.” Menyampaikan urgensi dengan menekankan sifat dan skala yang tak pernah dialami sebelumnya dapat mengakibatkan kelumpuhan.¹³ Secara serupa, memainkan adaptasi yang melibatkan banyak pemangku kepentingan merupakan pengingat bahwa solusinya terletak bukan pada satu pelaku tunggal, yang mengakibatkan pemikiran umum mengenai ketidakberdayaan dan kekosongan kekuasaan.¹⁴ Hal ini mungkin menjelaskan mengapa di negara-negara maju di mana informasi perubahan iklim telah tersedia dengan benar, masyarakatnya kurang optimis mengenai solusi yang memungkinkan (Figur 8.3).

Untuk menghasilkan tindakan, kesadaran perlu didasarkan pada informasi yang jelas atau dari sumber-sumber terpercaya. Cara penyampaian ilmu perubahan iklim kepada masyarakat dapat memperumit semuanya. Debat ilmiah berevolusi melalui pengujian, pemeriksaan teori, dan penemuan. Cakupan berita dapat bergerak dari satu ekstrem ke ekstrem lainnya, mengakibatkan lebih banyak lagi kebingungan bagi

publik, yang dapat melihatnya bukan sebagai kemajuan ilmiah, namun sebagai banyak pendapat yang saling bertentangan.¹⁵ Terlebih lagi, kebutuhan media untuk mempersembahkan berita yang “seimbang” telah memberikan ulasan yang tidak berimbang dari para penentang ilmu iklim yang tidak memiliki keahlian ilmiah ataupun reputasi yang sebanding.¹⁶

Media, dalam rangka mencari berita yang menghebohkan, cenderung menghindari ucapan dari komunitas ilmuwan yang berhati-hati dalam menyatakan ketidakpastian. Pembaca kemudian menghadapi pesan yang kurang akan pemahaman ilmiah dan mengandung daya pikat yang kuat yang kemudian dapat ditentang oleh pernyataan kuat lainnya sehingga menghambat keandalan sumber informasi. Selain juga membingungkan publik (dan para pembuat kebijakan) mengenai penyebab, dampak, dan solusi yang potensial, penyampaian yang berbeda dapat membuat individu merasa dimusuhi dan menimbulkan perasaan bersalah serta pencemaran nama baik ketika masalah konsumsi

Figur 8.3 Keinginan individual untuk merespons perubahan iklim berbeda di semua Negara dan tidak selalu diwujudkan dalam aksi konkret

Sumber: Accenture 2009.

Catatan: 2209 Accenture Climate Change Survey diadakan dengan sampel 10.733 individu di 22 negara maju dan ekonomi berkembang. Sampelnya merepresentasikan populasi umum di negara maju dan populasi perkotaan di negara berkembang. Panel a: Responden ditanyai tentang keinginan mereka untuk beralih ke penyedia energi yang lebih hijau jika penyedia energi menawarkan layanan yang dapat membantu mengurangi emisi. Minat tidak diwujudkan dalam tindakan, dengan sebagian besar responden tetap bertahan dengan penyedia energi mereka yang lama. Panel b: Berdasarkan kuesioner yang diberikan, negara-negara dibagi dalam dua kriteria—percaya diri dan minat. Percaya diri mengukur optimisme individual tentang kemampuan individu, politisi, dan penyedia energi untuk mencari solusi. Responden di ekonomi berkembang umumnya lebih optimis dengan kemampuan umat manusia untuk bertindak menghadapi perubahan iklim global.

berubah menjadi masalah konsumen.¹⁷ Hal ini dapat membuat masyarakat menolak pesan tersebut, bukan malah menindaklanjutinya.

Tantangan tambahan untuk berpindah dari kekhawatiran menuju pemahaman berkaitan dengan bagaimana pikiran kita memahami masalahnya. Dinamika perubahan iklim memperluas kapasitas mental kita dalam beberapa cara.¹⁸ Penelitian psikologis menunjukkan bahwa individu tidak dilengkapi dengan cukup baik untuk menangani masalah dengan berbagai penyebab.¹⁹ Menyederhanakan kasusnya, dengan mengadopsi penjelasan dengan penyebab tunggal, pada gilirannya menimbulkan pencarian solusi individu dan fokus pada (sering kali tidak nyata) jalan pintas teknologi. Inersia yang memengaruhi respons-respons kita dapat dikaitkan dengan ketidakmampuan kita untuk memahami hubungan

simpanan-dan-aliran semacam itu yang memengaruhi konsentrasi, pembuangan, dan stabilisasi gas-gas rumah kaca. Fakta bahwa pengurangan emisi yang paling drastis dan paling segera pun tidak akan dapat mencegah terjadinya pemanasan lebih lanjut atau menghilangkan kebutuhan akan adaptasi pada jangka pendek dan menengah, adalah sesuatu yang harus kita hadapi dan, tanpa penjelasan yang tepat, tidak kita pahami (Kotak 8.2).²⁰

Pemahaman Tidak Langsung Menghasilkan Tindakan

Pengetahuan dimediasikan melalui sistem nilai yang dibentuk oleh faktor psikologis, budaya, dan ekonomis yang menentukan apakah kita akan bertindak atau tidak. Sekali lagi, intinya adalah kita bukannya tidak rasional, namun kita perlu memahami lebih baik bagaimana kita membuat keputusan. Evolusi kita sebagai

KOTAK 8.2 *Kesalahpahaman mengenai dinamika perubahan iklim mendorong kepuasan diri*

Dukungan untuk kebijakan yang mengendalikan emisi gas rumah kaca dihambat oleh pemahaman terbatas masyarakat mengenai dinamika. Eksperimen menunjukkan bahwa mayoritas masyarakat salah memahami sifat dasarnya, yakni simpanan-dan-aliran: mereka percaya bahwa menstabilkan emisi mendekati laju saat ini akan menstabilkan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer dan menghentikan perubahan iklim. Sebaliknya, aliran emisi paling baik dibandingkan dengan aliran air yang memasuki bak mandi: selama alirannya lebih besar daripada keluarannya, tinggi permukaan air di bak akan terus naik. Selama emisi melebihi jumlah yang dapat

diserap oleh sistem tanah dan air, konsentrasi gas rumah kaca akan terus naik. Bahkan, bagi mereka yang menganggap perubahan iklim merupakan prioritas, salahpahaman mengenai simpanan-dan-aliran tetap lebih memilih kebijakan “tunggu dan lihat nanti” sehingga membatasi tekanan publik dan niat politik untuk mendukung kebijakan yang menstabilkan iklim secara aktif. Kesalahpahaman ini dapat diperbaiki melalui strategi komunikasi yang menggunakan analogi, seperti contoh bak mandi di atas.

Sumber: Sternman dan Sweeney 2007; Moxnes dan Saysel 2009.

spesies telah membentuk bagaimana otak kita bekerja. Kita khususnya bagus ketika mengatasi ancaman yang dapat dihubungkan dengan wajah manusia. Ancaman tersebut hadir secara tak terduga, dramatis, dan segera, yang melibatkan hubungan yang jelas dengan kesehatan manusia dan merupakan tantangan terhadap kerangka kerja moral kita yang melibatkan reaksi mendalam atau yang ditimbulkan oleh pengalaman pribadi baru-baru ini.²¹ Kualitas iklim yang berubah dengan perlahan dan juga tertunda, nyata, dan risikonya yang bersifat statistik, jelas tidak “menggerakkan kita” (Kotak 8.3).

Ekonomi keperilakuan menunjukkan bahwa fitur-fitur pengambilan keputusan manusia di bawah ketidakpastian membatasi insting kita untuk beradaptasi.²² Kita cenderung untuk memperkirakan terlalu rendah probabilitas kumulatif (jumlah probabilitas suatu kejadian dapat terjadi selama suatu periode waktu tertentu), yang menjelaskan mengapa bangunan terus dibangun di daerah yang rawan kebakaran, banjir, dan gempa. Orang-orang cenderung untuk memilih

keadaan status quo dan memilih untuk melakukan penyesuaian sedikit saja. Mereka tidak bisa apa-apa jika mengukur pencapaian merupakan hal yang sulit, seperti dalam kesiapan bencana di mana tidak ada hal-hal yang nyata dan jelas. Kita adalah “pengambil keputusan yang rabun jauh” yang ingin mengurangi nilai pentingnya suatu kejadian di masa depan untuk memberikan prioritas yang lebih tinggi untuk mengatasi masalah yang dekat secara ruang dan waktu. Sebagai contoh, publik cenderung dimobilisasi oleh masalah lingkungan yang “tampak” (polusi udara kota), namun tidak oleh masalah yang kurang tampak (kepunahan suatu spesies). Orang-orang memberikan peringkat kepada perubahan iklim lebih rendah daripada masalah lingkungan lainnya yang lebih dekat dengan tempat tinggalnya (Figur 8.4).²³

Bahkan, jika masyarakat benar-benar sepenuhnya rasional, pengetahuan tidak akan menghasilkan tindakan (Kotak 8.4). “Kolam kekhawatiran yang terbatas” mungkin menghalangi mereka untuk bertindak menurut informasi yang ada karena mereka menyesuaikan prioritas untuk kebutuhan dasar, seperti keamanan, perlindungan, dan sejenisnya.²⁴ Mereka juga menilai biaya keputusan pasar dan nonpasar. Biaya nonpasar untuk bertindak sesuai informasi yang menjadi tantangan sistem nilai inti (seperti keharusan relokasi ulang dan migrasi atau membatasi pola konsumsi) dapat menjadi tinggi. Memang, tindakan “memaknai” atau “memediasi” informasi tambahan dapat berbiaya tinggi. Bagi rumah tangga yang harus memutuskan apakah perlu membangun daerah tahan banjir atau bagi pegawai pemerintah lokal untuk merancang dan memperkuat kode bangunan di daerah pantai yang rendah, biaya “transaksi” dapat menjadi substansial. Terlebih,

KOTAK 8.3 *Bagaimana persepsi risiko dapat menurunkan kebijakan: Manajemen risiko banjir*

Impuls untuk mengatasi risiko secara fundamental berhubungan dengan persepsi keseriusan dan kemungkinan dampaknya.

Persepsi probabilitas dan metode yang cenderung digunakan masyarakat untuk memperkirakan probabilitas tersebut kemungkinan akan menimbulkan distorsi dalam persepsi. Sebagai contoh, masyarakat mengevaluasi probabilitas suatu kejadian di suatu tempat berdasarkan bagaimana perwakilan tempat tersebut dibandingkan tempat lainnya di mana biasanya kejadian tersebut terjadi.^a Adanya ingatan yang lebih segar dan lebih jelas juga cenderung menimbulkan probabilitas yang terlalu tinggi. Telah teramati bahwa masyarakat memperkirakan terlalu tinggi untuk probabilitas kejadian yang rendah dan memperkirakan terlalu rendah untuk probabilitas kejadian yang tinggi. Orang lebih cenderung takut menaiki pesawat daripada mobil (meskipun risiko terjadinya kecelakaan mobil yang mematikan secara signifikan lebih tinggi). Sama halnya dengan bencana alam yang jarang terjadi,

seperti tsunami, mendapatkan perhatian lebih dibandingkan bencana alam yang sering terjadi, seperti badai.^b

Pola-pola perilaku ini dapat diidentifikasi pada petani dan pembuat kebijakan di Mozambik setelah banjir tahun 2000 dan selama program relokasi ulang setelahnya yang diterapkan oleh pemerintah. Petani (lebih dari pembuat kebijakan) menunjukkan bias status quo: bagi petani, tindakan adaptasi terhadap faktor iklim sering kali disertai dengan suatu risiko akibat yang negatif. Keputusan untuk mengungsi ke daerah yang lebih aman di daerah yang lebih tinggi, contohnya, disertai dengan risiko kehilangan lapangan kerja atau komunitas. Keputusan untuk menanam tumbuhan yang tahan terhadap kekeringan disertai risiko menghasilkan panen yang lebih sedikit apabila curah hujan tinggi. Petani yang ingin menghindari tanggung jawab pribadi terhadap hasil negatif menyebabkannya tidak ingin membuat pilihan-pilihan baru. Sebaliknya, pembuat kebijakan tidak akan mendapatkan penghargaan jika menghindari hasil

negatif, namun hanya jika mereka mengambil tindakan—katakanlah, dengan membantu petani bertahan melalui relokasi ulang.

Pemangku kepentingan yang berbeda memandang probabilitas dengan cara yang berbeda pula. Pembuat kebijakan di Maputo cenderung menghubungkan lahan banjir Sungai Limpopo dengan risiko banjir. Akan tetapi, untuk orang-orang yang tinggal di sana, kehidupan di lahan banjir didefinisikan oleh lebih banyak faktor selain risiko iklim. Relatif terhadap petani, pembuat kebijakan memiliki kecenderungan untuk memperkirakan terlalu tinggi mengenai risiko yang berhubungan dengan iklim. Kecuali jika analisis risiko dan komunikasi diperhitungkan dengan tepat, maka perbedaan besar dalam persepsi risiko dapat menyebabkan masalah besar dalam rancangan kebijakan dan penerapannya.

Sumber: Patt dan Schroter 2008.

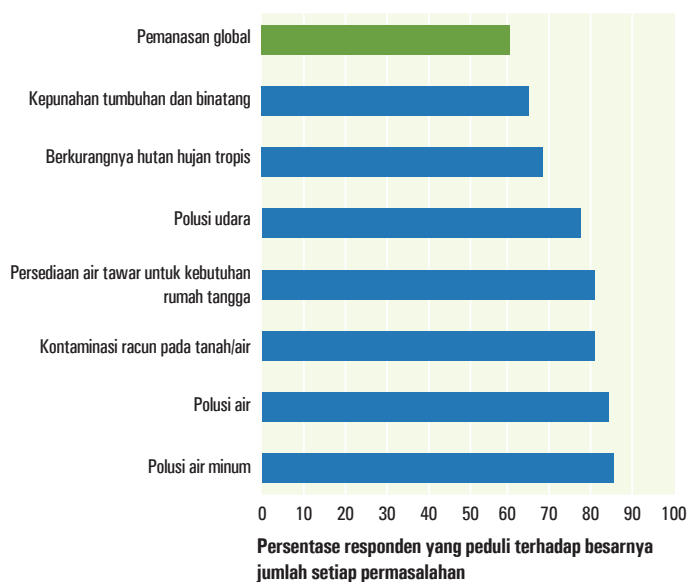
a. Tversky dan Kahneman 1974.

b. Kahneman dan Tversky 1979.

mitigasi—dan, sering kali, adaptasi—datang sebagai tragedi bagi orang-orang biasa dan membutuhkan tindakan kolektif. Individu yang rasional dan egois menghadapi disinsentif struktural untuk bekerja sama dalam memecahkan masalah-masalah ini.²⁵ Kerja sama dalam kondisi-kondisi ini membutuhkan timbal-balik yang jelas—jelas tidak akan seperti ini jika kasusnya adalah dampak dan respons perubahan iklim.²⁶

Memahami batasan terhadap perubahan perilaku juga membutuhkan pemahaman kita untuk melampaui penjelasan psikologis yang berdasarkan pada individu sebagai satuan analisis—dan merangkul cara faktor sosial memengaruhi persepsi, keputusan, dan tindakan. Orang-orang cenderung untuk menolak dan melawan informasi yang berlawanan dengan nilai-nilai budaya atau kepercayaan ideologi mereka,

Figur 8.4 Perubahan iklim belum menjadi prioritas



Sumber: Gallup Poll, www.gallup.com/poll/106660/Little-Increase-Americans-Global-Warming-Worries.aspx (Diakses 6 Maret 2009).

Catatan: Responden diminta untuk menjawab pertanyaan berikut: "Saya akan membacakan daftar masalah lingkungan kepada Anda. Setiap kali saya membaca satu masalah, mohon beritahu saya jika Anda secara personal memiliki kekhawatiran yang besar, cukup besar, sedikit, atau tidak sama sekali terhadap masalah tersebut." Hasil ini berdasarkan wawancara melalui telepon pada tanggal 5–8 Maret 2009. Sampel berjumlah 1.012 warga Amerika berusia 18 tahun ke atas.

seperti informasi yang bertentangan dengan pemikiran mengenai kepemilikan dan identitas, juga hak untuk kebebasan dan mengonsumsi. Pemikiran mengenai “kebutuhan” dan prioritas yang dihasilkan dari kebutuhan tersebut terbentuk secara sosial dan budaya.²⁷ Hal ini mungkin menjelaskan mengapa kesadaran mengenai masalah lingkungan biasanya meningkat seiring dengan kesejahteraan, namun tidak dengan kekhawatiran mengenai perubahan iklim (Figur 8.5).²⁸ Individu-individu (dan negara) dengan pendapatan lebih tinggi (dan emisi karbon dioksida lebih tinggi) sepertinya menimbulkan kecenderungan kognitif untuk mengabaikan pemanasan global sebagai cara untuk menghindari munculnya potensi biaya pada konsumsi tingkat rendah dan perubahan gaya hidup yang berhubungan dengan solusi yang memungkinkan.²⁹

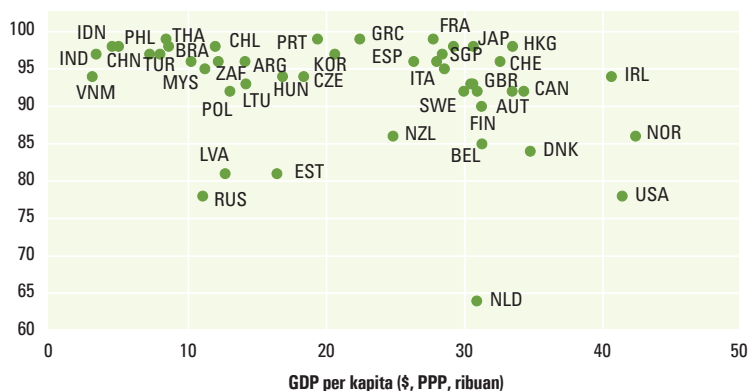
Orang juga membentuk dan merekonstruksi informasi agar lebih nyaman didengar sehingga menimbulkan strategi penyangkalan yang tertata secara sosial yang membentuk cara masyarakat

dan pemerintah dalam memaknai dan merespons perubahan iklim.³⁰ Evolusi narasi standar mengenai perubahan iklim menyediakan suatu contoh. Fokus pada emisi negara daripada emisi per kapita dapat mengarahkan orang-orang yang tinggal di luar negara-negara penghasil karbon yang besar untuk meminimalkan tanggung jawab dan merasionalisasi kegagalan mereka dalam bertindak. Perubahan drastis untuk kebutuhan respons internasional cenderung menurunkan fakta bahwa tindakan domestik akan dibutuhkan juga. Sementara itu, ketidakpastian mengenai dinamika dan dampak dapat dimainkan secara berlebihan untuk membenarkan tidak dilakukannya tindakan.

Bentuk-bentuk penolakannya tidaklah abstrak—tidak juga terkungkung oleh kebijakan iklim. Proses-proses yang serupa beroperasi pada berbagai tingkat dari pengambilan keputusan sehari-hari dan menanganinya merupakan bagian dari tantangan pembangunan yang krusial, seperti mengurangi penyebaran HIV-AIDS atau menyebarnya penyakit air dan sanitasi. Daripada dianggap sebagai penyimpangan, penolakan perlu dilihat sebagai strategi penanggulangan yang dilakukan oleh individu atau masyarakat yang menghadapi bencana yang tidak dapat dikelola dan tidak menyenangkan. Pertahanan terhadap perubahan bukan hanya disebabkan oleh ketidakpedulian—namun juga dari persepsi, kebutuhan, dan keinginan individu berdasarkan nilai-nilai material dan budaya.

Figur 8.5 Kekhawatiran mengenai perubahan iklim semakin menurun seiring meningkatnya kekayaan

Persentase responden yang menganggap perubahan iklim sebagai masalah yang serius



Sumber: Sandvik 2008.

Catatan: Kekhawatiran publik mengenai pemanasan global digambarkan menggunakan persentase berdasarkan responden yang menganggap perubahan iklim sebagai masalah yang serius. Hasil ini diperoleh dari survei global secara online yang dilakukan oleh ACNielsen pada tahun 2007 mengenai perilaku konsumen terhadap pemanasan global. Responden dari 46 negara yang berbeda diberi pertanyaan mengenai seberapa serius masalah pemanasan global bagi mereka (dalam skala 1 sampai 5). Populasi yang digunakan sebagai dasar adalah responden yang telah mendengar atau membaca mengenai pemanasan global.

Mendorong Perubahan Perilaku

Pembuat kebijakan perlu menyadari batasan-batasan tindakan ini dan memperlakukan pilihan kebijakan dengan tepat. Terdapat tiga area kebijakan yang

relevan di sini: komunikasi, peraturan institusional, dan norma-norma sosial.

Dari informasi ke komunikasi. Informasi, pendidikan, dan peningkatan kesadaran, seperti yang telah dilakukan hingga kini, tidaklah cukup dan sangat tidak produktif. Hal ini memerlukan pendekatan yang berbeda dalam lingkup perubahan iklim.³¹ Pertama, pendekatan yang didorong oleh informasi diganti menjadi pendekatan terpusat pada pembaca dalam mengomunikasikan perubahan iklim. Ilmuwan dan media perlu berkeja sama dalam meningkatkan kepentingan pesan yang mereka sampaikan. Kedua, seperti pada area kebijakan yang lain, misalnya pencegahan AIDS, diperlukan penggunaan pendekatan “pemasaran” untuk komunikasi, di mana individu bukan saja sebagai penerima informasi secara pasif, namun juga sebagai pelaku aktif, baik dalam penyebab maupun solusi (Kotak 8.4).

Kampanye komunikasi yang dirancang dengan baik yang menganggap individu sebagai anggota masyarakat lokal—dan bukan anggota tak berdaya dari kelompok besar yang tak terkendali—dapat memperkuat mereka untuk bertindak. Hal ini dapat membantu untuk membuat fenomena global jangka panjang secara personal dapat segera menjadi relevan dan pantas menjadi berita serta memberi tekanan pada kepemilikan solusi lokal dan individu. Kedua, batasi gerakan lingkungan hidup yang palsu dari bisnis dan pemerintah—jurang yang ada antara bersepakat secara publik mengenai realitas dari perubahan iklim dan tidak melakukan apa-apa untuk mengatasinya—untuk menghindari kebingungan publik dan serangan balik publik (Kotak 8.6).

Sebuah pertanyaan yang kontroversial adalah apakah pemahaman

KOTAK 8.4 *Perjanjian masyarakat ujung ke ujung untuk mengurangi risiko longsor di Karibia*

Cara baru untuk menghadirkan pengurangan risiko longsor yang nyata kepada masyarakat yang rentan dipelopori oleh MoSSaiC—sebuah program yang bertujuan meningkatkan manajemen lahan miring di masyarakat Karibia. MoSSaiC mengidentifikasi dan menerapkan pendekatan berdasarkan masyarakat yang berbiaya rendah untuk mengurangi risiko longsor. Masyarakat menunjukkan area yang mengalami masalah drainase sebelum menilai pilihan untuk mengurangi risiko longsor dengan mengelola air permukaan.

Aktivitasnya? Mengelola air permukaan dalam semua bentuknya (air atap, air kelabu, dan air aliran hujan di tanah), mengawasi kondisi air tanah yang dangkal, dan membangun sistem pengeringan berbiaya rendah. Semuanya dilakukan dengan melakukan tender kerja untuk kontraktor di masyarakat. Perjanjian masyarakat ujung ke ujung ini mendorong partisipasi dalam perencanaan, pelaksanaan, dan perawatan manajemen air permukaan di lahan miring

berisiko tinggi. Manajemen ini menghasilkan program yang dimiliki oleh masyarakat itu sendiri, daripada dimiliki oleh suatu badan atau pemerintah.

MoSSaiC telah menurunkan risiko longsor melalui perjanjian masyarakat dalam pengerjaan dan kesadaran risiko—dan pendekatan partisipasi untuk melaksanakan program tersebut pada masyarakat daerah lain. Pendekatan tersebut menunjukkan bahwa mengubah cara pandang masyarakat mengenai mitigasi bahaya dapat meningkatkan persepsi masyarakat mengenai risiko iklim. Pendekatan tersebut juga menghasilkan laporan balik antara input proyek dengan output proyek, dengan lebih dari 80 persen dana dihabiskan untuk masyarakat sehingga memungkinkan masyarakat dan pemerintah untuk menjalin hubungan yang jelas antara persepsi risiko, input, dan output yang tepat.

Sumber: Anderson dan Holcombe 2007.

publik yang terperinci mengenai masalah yang rumit seperti pemanasan global dapat membantu, bahkan diperlukan, dalam menciptakan kebijakan yang efektif. Jawabannya adalah tidak atau setidaknya tidak selalu tidak. Banyak pembuatan keputusan yang berdasarkan teknikalitas diabaikan sepenuhnya oleh publik. Hanya sedikit orang yang memahami seluk-beluk kebijakan perdagangan yang memengaruhi harga makanan yang mereka beli dan makan atau yang mereka produksi dan jual. Ketika pembelian menjadi kebutuhan, hal tersebut sering kali didorong oleh cara-cara lain.

Akan tetapi, menganggap bahwa informasi dan kesadaran publik tidaklah diperlukan adalah salah. Penelitian baru-baru ini menunjukkan bahwa informasi merupakan kunci bagi masyarakat untuk

KOTAK 8.5 *Mengomunikasikan perubahan iklim*

Bagaimana suatu masalah disampaikan—kata-kata, metafora, cerita, dan gambar untuk mengomunikasikannya—menentukan tindakannya. Penyampaian akan memicu cara pandang yang telah mendarah daging, asumsi yang telah diyakini secara luas, dan model-model budaya dalam menentukan pesan untuk menerima atau menolak masalah tersebut. Jika faktanya tidak sesuai dengan penyampaiannya, faktanya akan ditolak, bukan penyampaiannya. Berdasarkan pemahaman tersebut, dapat diputuskan apakah suatu penyebab sebaiknya ditangani dengan pengulangan atau memecah penyampaian dominan dari wacananya atau menyampaikan ulang masalah tersebut menggunakan konsep, bahasa, dan gambar yang berbeda untuk menimbulkan cara berpikir

yang berbeda serta memfasilitasi pilihan-pilihan alternatif. Penerapan pendekatan ini pada komunikasi perubahan iklim mengarah pada lima rekomendasi:

- Tempatkan masalah pada konteks nilai yang lebih tinggi, seperti tanggung jawab, pelayanan, kompetensi, visi, dan kecerdasan.
- Karakterisasikan tindakan untuk mencegah perubahan iklim dengan menjadikannya suatu pemikiran baru, teknologi baru, perencanaan ke depan, kepandaian, pemikiran ke depan, dan perawatan yang seimbang, efisien, serta bijak.
- Sederhanakan model, analogi, atau metaforanya untuk membantu publik

memahami bagaimana pemanasan global bekerja—pengait konseptual untuk memahami informasi dan membuat alasan yang tepat (daripada menyebutnya “efek rumah kaca” sebut saja “perangkap panas”).

- Fokuskan ulang komunikasinya menuju penyebab masalahnya, yaitu manusia dan solusi yang ada untuk mengatasinya dengan menyarankan bahwa manusia dapat dan harus bertindak untuk mencegah masalah tersebut sekarang.
- Bangkitkan keberadaan dan efektivitas solusi di muka.

Sumber: Lorenzoni, Nicholson-Cole, dan Whitmarsh 2007.

mendukung upaya-upaya berbiaya mahal. Keuntungan menyediakan informasi yang lebih akurat mengenai keputusan-keputusan konsumsi oleh masyarakat—katakanlah, melalui pelabelan karbon dan alat ukur cerdas—telah terbukti sejak dulu. Suatu survei di AS mendapati bahwa salah satu faktor utama yang bertanggung jawab terhadap persepsi negatif publik mengenai skema pembatasan dan perdagangan bukanlah rasa takut terhadap biaya tambahan, melainkan pengetahuan yang terbatas mengenai efektivitas sehingga mengurangi kepercayaan publik tentang hal tersebut.³² Begitu pula, oposisi terhadap pajak lingkungan terlihat menurun ketika publik sepenuhnya memahami bahwa hal-hal tersebut tidak hanya untuk mengumpulkan uang, namun juga untuk mengubah perilaku.³³

Upaya-upaya institusional. Di luar komunikasi, pertanyaan utama mengenai kebijakan iklim adalah untuk merancang intervensi yang memperhitungkan

batasan-batasan sosial dan psikologis pada tindakan positif. Intervensi adaptasi efektif seharusnya mengurangi biaya transaksi bagi individu dalam membuat keputusan dan meningkatkan kepemilikan informasi yang tersedia. Hal ini memerlukan strategi adaptasi untuk diinformasikan oleh persepsi masyarakat mengenai risiko, kerentanan, dan kapasitas (lihat Kotak 8.5). Menginstitusikan penilaian diri secara partisipatif untuk kesiapan bencana nasional dan lokal, perencanaan adaptasi, serta mitigasi, dapat bermanfaat.

Membatasi kecenderungan individu untuk memotong nilai masa depan adalah bidang lain yang perlu ditindaklanjuti. Meskipun memotong nilai masa depan merupakan kualitas mental diri, hal tersebut bervariasi sesuai dengan karakteristik sosial dan stimulus eksternal. Bukti dari Peru menunjukkan bahwa pemotongan yang lebih tinggi meningkatkan insentif individu terhadap deforestasi dan bahwa petani dengan akses terbatas pada kredit serta asuransi juga hak properti yang lemah

memiliki tarif pemotongan yang lebih tinggi.³⁴ Reformasi institusional untuk meningkatkan akses kredit dan hak properti dapat memengaruhi pendorong perilaku di dalam diri untuk melakukan pemotongan nilai. Begitu juga dengan pendidikan (Kotak 8.6).

Begitu pula, intervensi yang bergantung pada individu dan bisnis menghadapi biaya di muka dengan manfaat-manfaat jangka panjang (seperti yang biasa terjadi pada investasi efisiensi energi) harus mempertimbangkan untuk segera menyediakan penggantian dalam bentuk pengurangan pajak atau subsidi. Memberikan arah kebijakan jangka panjang kepada para pelaku swasta juga dapat bermanfaat. Sebuah survei internasional pada tahun 2007 terhadap para pemimpin bisnis menemukan bahwa 81 persen dari jajak pendapat tersebut percaya bahwa pemerintah perlu menyediakan sinyal kebijakan jangka panjang yang jelas untuk membantu perusahaan-perusahaan mendapatkan insentif untuk mengubah dan merencanakan investasi.³⁵ (Bagaimana pemerintah dapat memberikan sinyal pada arah jangka panjang akan dijelaskan berikut ini.)

Kebijakan iklim juga perlu menuruti kecenderungan individu untuk lebih memilih hasil lokal, yang tampak, dan secara swasta dapat dijamin. Tindakan mitigasi menghasilkan keuntungan secara global dan tersebar. Sementara itu, manfaat langsung dari pengukuran adaptasi bisa jadi segera tampak, berdasarkan pada tipe kejadian iklim yang sedang dipertimbangkan dan pada laju perubahannya. Bagi sebagian besar masyarakat, manfaat adaptasi dianggap terlalu jauh dan tidak pasti. Di sinilah peran institusi, yaitu untuk mengomunikasikan dengan jelas mengenai manfaat langsung dan manfaat

sampingan, baik dari adaptasi maupun mitigasi, terutama yang berhubungan dengan kesehatan manusia, suatu topik yang dapat menggerakkan masyarakat.

Mengubah perangkat-perangkat biaya-manfaat dapat mendorong para pengambil keputusan publik dan swasta untuk bertindak lebih tegas. Perkiraan biaya dan manfaat dari proyek-proyek efisiensi energi sering kali tidak menyertakan manfaat sampingan yang sifatnya nonenergi. Hal ini mencakup manfaat yang diperoleh terhadap kesehatan publik dari udara dan air yang lebih bersih, kenyamanan yang lebih baik bagi penghuni bangunan, dan produktivitas tenaga kerja yang lebih tinggi.³⁶ Beralih dari bahan bakar fosil ke energi terbarukan merupakan efek pengali dalam menciptakan lapangan kerja.³⁷ Studi kasus dalam manufaktur menyimpulkan bahwa manfaat-manfaat ini bisa saja ditimbulkan, bahkan terkadang ekuivalen dengan nilai penghematan energi itu sendiri.³⁸ Jadi, kerangka waktu bagi pembayaran kembali investasi dapat turun secara substansial sehingga menyediakan insentif yang lebih baik bagi investasi. Begitu pula bagi pendapatan hasil pajak dari pajak karbon atau energi dapat meningkatkan visibilitas keuntungan mitigasi. Meskipun pendapatan fiskal dinilai tidak efisien secara ekonomi, pendapatan fiskal dapat meningkatkan penerimaan politik akan pajak-pajak baru karena publik melihat dengan jelas ke mana uang mereka mengalir.

Norma-norma sosial. Norma-norma sosial merupakan pola perilaku yang disetujui oleh sebagian besar masyarakat—patokan yang mereka gunakan untuk menilai kepantasan perilaku mereka sendiri. Dalam membentuk perilaku manusia, mereka

KOTAK 8.6 *Memasukkan pendidikan iklim ke dalam kurikulum sekolah*

Pendidikan formal dapat mendorong perubahan perilaku. Di Filipina, sang Presiden mengesahkan National Environmental Awareness and Education Act 2008, yang mempromosikan integrasi pendidikan perubahan iklim dalam kurikulum sekolah pada semua jenjang. Reformasi pendidikan pada tahun 1998 di Libanon mengharuskan pengajaran tentang lingkungan, termasuk perubahan iklim, ke dalam kelas sains, kewarganegaraan, dan geografi. Pada tahun 2006, Environmental Protection Agency di AS menciptakan sumber pendidikan berbasis perubahan iklim bagi siswa SMU yang bertujuan agar mereka menghitung inventori emisi. Pada tahun 2007, propinsi-propinsi di Kanada berkomitmen untuk memasukkan perubahan iklim ke dalam kurikulum sekolah mereka. Di bawah Third National Communication on Climate Change, pemerintah Australia memberikan dukungan dan mengembangkan materi untuk mempromosikan pendidikan tentang rumah

kaca, misalnya perangkat sumber daya sekolah yang dikembangkan oleh Greenhouse Office Australia.

Mengajarkan tentang perubahan iklim dalam kurikulum sekolah barulah langkah pertama. Mengembangkan para profesional baru untuk mengatasi permasalahan yang kompleks akibat perubahan iklim merupakan hal yang paling utama (lihat Bab 7). Pada akhirnya, warga negara yang berpendidikan sangat dibutuhkan untuk memfasilitasi perubahan. Penelitian menunjukkan bahwa pelajar dan masyarakat umum memiliki pemahaman yang salah mengenai berbagai aspek perubahan iklim, efek rumah kaca, dan hilangnya lapisan ozon.⁴⁰ Untuk mengatasi masalah ini, publik harus diberikan informasi yang akurat dan sistematis mengenai perubahan iklim.

Sumber: Hungerford dan Volk 1990; Kastens dan Turrin 2006.

a. Gautier, Deutsch, dan Rebich 2006.

dapat mencapai hasil-hasil yang baik secara sosial, pada umumnya dengan biaya yang relatif rendah. Ide dasarnya adalah bahwa masyarakat ingin bertindak dengan cara yang dapat diterima secara sosial dan cenderung mengikuti teladan dari yang lain, terutama ketika banyak orang bisa menjadi teladan dan semuanya tampak sama.

Norma-norma sosial memiliki dampak yang kuat pada para penerimanya dalam kondisi ketidakpastian.³⁹ Ketika mencari petunjuk mengenai bagaimana harus berperilaku, masyarakat cenderung bergantung pada yang dilakukan orang lain. Keinginan untuk menampakkan perilaku yang prolingkungan berdasarkan norma-norma sosial lebih kuat dibandingkan dengan bujukan secara tradisional. Tidak membuang sampah sembarangan merupakan salah satu contohnya.

Sebuah contoh yang relevan dengan iklim berasal dari suatu eksperimen psikologis yang melibatkan penduduk California untuk memeriksa dampak norma sosial terhadap konsumsi energi.⁴⁰ Konsumsi energi rumah tangga rata-rata disampaikan melalui tagihan energi kepada satu kelompok rumah tangga yang penggunaan energinya tinggi dan dua kelompok rumah tangga yang penggunaan energinya rendah. Hal inilah yang menentukan norma sosialnya. Satu kelompok rumah tangga berenergi rendah menerima umpan balik positif untuk pernyataan konsumsi energi mereka (sebuah gambar wajah tersenyum), yang mengartikan persetujuan terhadap jejak karbon mereka. Rumah tangga berenergi tinggi ditunjukkan pada besarnya penggunaan energi mereka dengan umpan balik yang negatif (sebuah gambar wajah sedih) untuk memperlihatkan ketidaksetujuan atas pemakaian energi mereka yang sangat besar. Hasilnya: rumah tangga berenergi tinggi mengurangi konsumsinya dan rumah tangga berenergi rendah mempertahankan konsumsinya di bawah rata-rata. Kelompok ketiga—rumah tangga berenergi rendah yang awalnya terpapar norma sosial, namun tidak menerima umpan balik positif atas perilaku mereka—meningkatkan konsumsi mereka untuk mencapai rata-rata. Perusahaan listrik yang sangat ingin mengurangi penggunaan energi telah mengadopsi pendekatan tersebut di 10 daerah metropolitan di Amerika Serikat, termasuk Chicago dan Seattle.

Memanfaatkan kekuatan norma-norma sosial berarti meningkatkan visibilitas perilaku dan berbagai implikasinya. Keputusan dan tindakan individual yang berpengaruh terhadap konsumsi energi saat ini sebagian besar

tidaklah dapat dilihat oleh publik, bahkan oleh lingkungan keluarga dan kerabat. Dalam kasus seperti ini, tindakan manusia tidak dapat memperoleh manfaat dari pola-pola timbal-balik, tekanan sebaya, dan perilaku kelompok yang biasanya secara normal terdapat pada kasus-kasus perubahan perilaku dan ketaatan yang lebih tampak, misalnya pengendalian arus lalu lintas.

Penelitian mengenai kerja sama menghasilkan kesimpulan yang serupa. Kecuali informasi mengenai perilaku pelaku yang lainnya tersedia, masyarakat cenderung tidak ingin melakukan kerja sama.⁴¹ Petani di daerah aliran sungai seharusnya menerima informasi tidak hanya mengenai penggunaan air mereka, namun juga mengenai apakah mereka berada di atas atau di bawah standar yang diterima oleh masyarakat. Penduduk daerah rawan banjir dapat didorong untuk mengadopsi langkah-langkah perlindungan dengan memaparkan mereka pada pemahaman mengenai langkah-langkah tersebut pada komunitas mereka. Sebaliknya, permohonan yang menekankan bahwa banyak orang yang belum melaksanakan langkah-langkah efisiensi energi yang mendasar pada akhirnya akan berujung pada sedikit orang yang mau mengadopsi langkah-langkah semacam itu dan bukannya lebih banyak.

Norma-norma sosial dapat melengkapi beragam pendekatan dan peraturan kebijakan publik yang tradisional, seperti undang-undang, perpajakan, dan penetapan harga. Berpikir tentang perilaku kelompok dapat meningkatkan dampak dari peraturan-peraturan tersebut dan membuka kesempatan untuk menggabungkan instrumen-instrumen yang berbeda. Akan tetapi, beberapa kebijakan yang

berbasis insentif ekonomi dapat lebih membahayakan daripada membawa manfaat apabila memperlemah dampak dari norma-norma sosial. Menetapkan harga pada polusi dan emisi dapat memberikan kesan kepada para pembuat polusi bahwa tidak masalah untuk menghasilkan polusi. Begitu pula, peraturan yang diterapkan dengan tidak sempurna atau persepsi bahwa aturan formal dapat diabaikan, dapat mengakibatkan perilaku egois dan melemahkan semangat kerja sama.⁴²

Kebutuhan akan norma sosial yang lebih radikal terfokus pada parameter kemajuan alternatif, misalnya menekankan suatu pergeseran ke arah pandangan bahwa kesejahteraan terpisah dari konsumsi.⁴³ Sementara itu, perlawanan politis mengenai instrumen, seperti pajak hijau dapat diatasi melalui skema pemotongan pajak—di Swedia, contohnya, tingginya kisaran pajak untuk emisi nitrogen oksida dari produsen energi secara politis dapat diterima karena produsen mendapatkan potongan pajak berdasarkan berapa banyak listrik yang mereka hasilkan.⁴⁴

Langkah-langkah ini jelas tidaklah memadai untuk memastikan keberhasilan kebijakan iklim. Akan tetapi, mereka mungkin akan terbukti diperlukan. Untuk mendorong perubahan perilaku mitigasi dan adaptasi dibutuhkan lebih dari sekadar ketersediaan informasi, pendanaan, dan teknologi tambahan. Langkah-langkah tradisional dapat digantikan dengan intervensi alternatif, sering kali dengan biaya rendah. Daripada hanya menganggap pendorong-pendorong sosial dan psikologis perilaku ini sebagai hambatan bagi adaptasi dan mitigasi, pembuat kebijakan dapat menggunakannya untuk membangun kebijakan yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Mengembalikan peranan negara

Selama 30 tahun terakhir, peranan negara telah dikurangi pada berbagai area utama dalam mengatasi tantangan iklim, seperti penelitian energi. Kemunduran dari intervensi langsung ini terjadi ketika ada peralihan dari “pemerintahan” menuju “tata kelola” dan penekanan terhadap peran negara dalam menggerakkan serta membuka jalan bagi sektor swasta.⁴⁵ Tren umum ini menyembunyikan suatu gambaran yang rumit. Eropa pada abad ke-20 telah melihat berbagai bentuk dan derajat kapitalisme kenegaraan. Berkembangnya perekonomian Asia Timur, termasuk China, menunjukkan hebatnya kemampuan negara dalam “mengelola pasar” untuk mendemonstrasikan contoh paling sukses dalam perkembangan yang dipercepat.⁴⁶ Baru-baru ini, krisis keuangan tahun 2008 menunjukkan jurang-jurang dari deregulasi dan pasar yang tidak dibatasi—dan memicu penekanan yang baru untuk mengembalikan peran negara.

Perubahan iklim membutuhkan intervensi publik untuk menjawab banyaknya kegagalan pasar yang menjadi pendorong perubahan iklim tersebut—kegagalan penetapan harga, penelitian dan pengembangan teknologi, serta koordinasi dan tindakan kolektif, global, nasional, juga lokal.⁴⁷ Sebagai penyedia barang-barang publik dan korektor dari eksternalitas, pemerintah diharapkan mampu mengatasi kegagalan-kegagalan pasar ini. Akan tetapi, terdapat pendorong yang lebih spesifik lagi dari intervensi pemerintah.

Pertama, peran sektor swasta dalam menyelesaikan tantangan iklim adalah krusial, namun apabila berlebihan hal itu akan menjadi buruk. Walaupun ada

antusiasme mengenai kontribusi sektor swasta bagi proyek-proyek investasi besar pada tahun 1980-an dan 1990-an, partisipasi swasta dalam infrastruktur tetap terbatas. Meskipun bagian terbesar dari investasi dan pendanaan tambahan yang dibutuhkan untuk mitigasi dan adaptasi perubahan iklim diharapkan datang dari sektor swasta, kebijakan dan insentif pemerintah akan menjadi fundamental.⁴⁸ Terlebih lagi, para penyedia energi dan perusahaan listrik biasanya dimiliki oleh pemerintah atau perusahaan swasta yang teregulasi. Mengubah bauran fasilitas pembangkit listrik akan memerlukan subsidi dan uang muka investasi dengan modal tetap. Bisnis jelas-jelas memiliki insentif dalam memastikan imbal hasil yang menarik dari investasi efisiensi energi, namun hambatan-hambatan di pasar kemungkinan akan membutuhkan tindakan pemerintah. Tingginya biaya untuk teknologi baru (seperti kendaraan beremisi rendah dan generasi listrik tenaga surya) membatasi permintaan dan penawaran sehingga dibutuhkan beberapa insentif dari pemerintah untuk memperluas pasar.

Kedua, baik mitigasi maupun adaptasi kemungkinan akan meningkatkan pembelanjaan publik. Melelang izin emisi atau memungut pajak atas karbon akan menciptakan pendapatan. Menjaga pengeluaran agar tetap akan mengharuskan pemerintah untuk menyampaikan pengembalian pajak penuh atau daur ulang pendapatan pajak sepenuhnya. Akan tetapi, netralitas fiskal seperti itu dapat dipandang sebagai barang mewah di negara-negara yang mencari uang untuk mendanai investasi publik baru bagi adaptasi dan berinvestasi pada infrastruktur energi baru sambil memperhatikan defisit fiskalnya. Seperti

dibahas dalam Bab 7, pemerintah perlu memperluas peran yang sudah signifikan dalam penelitian, pengembangan, dan demonstrasi teknologi ini. Pemerintah dapat mengubah insentif, baik melalui subsidi investasi dengan manfaat sosial yang lebih luas yang diharapkan pasar berada di bawah penawaran (seperti penelitian dan pengembangan energi yang berisiko) maupun melalui pemungutan pajak atau pengaturan tindakan yang membahayakan secara sosial.

Ketiga, frekuensi yang lebih tinggi dan kerusakan yang lebih parah yang disebabkan oleh bencana cuaca yang ekstrem akan menekan pemerintah untuk meningkatkan fungsi asuransinya. Seperti dibahas di Bab 2, pasar asuransi tidak dapat sepenuhnya menjamin risiko-risiko iklim. Sistem asuransi di negara-negara maju telah dipaksa sampai batas kemampuannya dalam mengatasi tingkat bahaya yang semakin tinggi di sepanjang pesisir AS dan Jepang, di kepulauan Karibia yang berpendapatan menengah ke atas, dan di dataran rawan banjir di Eropa Utara. Perubahan iklim diperkirakan akan memperburuk masalah insurabilitas sehingga dibutuhkan negosiasi ulang mengenai batasan antara sistem asuransi swasta dan publik. Pemerintahan akan menghadapi tekanan untuk menjadi penjamin akhir bagi populasi yang lebih besar dan kerusakan yang lebih parah. Secara bersamaan, mereka perlu menjawab bahaya-bahaya moral yang mendorong masyarakat untuk mengambil pilihan-pilihan yang buruk karena adanya asuransi.

Keempat, pemerintahan perlu menjadi pijakan pengetahuan dan pembelajaran, terutama dalam adaptasi.⁴⁹ Seperti dibahas di Bab 7, akan dibutuhkan lebih banyak investasi dalam penelitian

dan pengembangan serta pasar yang lebih efektif bagi inovasi teknologi. Selain itu, dibutuhkan transformasi dalam layanan-layanan meteorologis menjadi layanan-layanan iklim, mengawasi distribusi informasi pada tingkatan yang berbeda-beda, dan menggunakan rezim-rezim serta organisasi-organisasi internasional sebagai arena pembelajaran kebijakan bagi banyak pemerintahan untuk saling belajar dan mengadaptasi kebijakan ke kondisi-kondisi lokal.

Kelima, sebagai penyimpanan utama dari legitimasi politik, pemerintahan akan diharapkan untuk mengendalikan sektor swasta, memfasilitasi tindakan masyarakat, dan menetapkan desentralisasi pengambilan keputusan serta tindakan adaptasi dan mitigasi yang optimal. Selain mengendalikan, pemerintah juga diharapkan untuk menjalankan fungsi “memastikan”: menjamin bahwa sasaran dan tujuan tercapai melalui penekanan baru mengenai peraturan, perpajakan, perencanaan jangka panjang, dan komunikasi.⁵⁰

Semuanya ini bukan berarti bahwa ukuran dari negara harus diperluas—ukuran pemerintahan tidak selalu berhubungan dengan penyediaan barang publik secara lebih baik.⁵¹ Bahkan, seperti ditunjukkan di Bab 2, yang harus diketahui adalah bahwa tantangan tambahan dari perubahan iklim juga akan meningkatkan biaya dari kegagalan pemerintah. Untuk mengatasi kegagalan-kegagalan tersebut, dibutuhkan perluasan sasaran-sasaran dan agenda pemerintah serta meningkatkan jenis, cakupan, dan kualitas dari intervensi-intervensi pemerintah.

Menuju pemerintah cerdas iklim

Untuk mengatasi tantangan iklim, dibutuhkan perubahan mengenai

bagaimana pemerintah beroperasi. Ketika perhatian bergeser dari identifikasi penyebab dan dampak perubahan iklim menuju pembentukan respons, persiapan pemerintah perlu disesuaikan ulang.⁵²

Di sebagian besar negara, tidak ada badan tunggal pemerintahan yang dapat sepenuhnya mengendalikan kebijakan perubahan iklim karena setiap kementerian memiliki mandat, tanggung jawab, dan konstituensi masing-masing yang spesifik. Akan tetapi, hanya sedikit pemerintahan yang memiliki badan yang mampu membuat anggaran karbon. Sebagai tambahan, kerangka waktu dari dampak-dampak iklim dan respons-respons yang dibutuhkan jauh melampaui kerangka waktu pemerintahan terpilih manapun. Sementara itu, birokrasi bukanlah pembelajar yang cepat.⁵³ Oleh karena perubahan iklim sebagai domain kebijakan publik dan urgensi tindakannya adalah sesuatu yang baru, maka pembuat kebijakan perlu bersiap-siap terhadap kegagalan pada tingkat tertentu—dan belajar dari kegagalan tersebut. Masalah-masalah ini telah diidentifikasi dalam literatur sebagai penggerak utama dari kegagalan dalam bertindak di berbagai organisasi.⁵⁴

Efektivitas pemerintah akan menjadi penting dalam memperbesar dampak dari pendanaan adaptasi. Seperti ditunjukkan di Bab 6, sebagian besar aktivitas adaptasi saat ini diterapkan melalui “proyek-proyek” yang berdiri sendiri dan terpisah-pisah. Pendanaan adaptasi yang terfragmentasi menghambat proses pengutamaan dan peningkatan skala dari proses perencanaan dan pengembangan, meningkatkan biaya transaksi bagi penerima dan donor, dan mengalihkan waktu serta perhatian para politisi juga pegawai pemerintah dari prioritas domestik untuk mengelola aktivitas-aktivitas yang berhubungan dengan

bantuan. Puluhan miliar dolar yang diperlukan untuk adaptasi kemungkinan akan memberikan beban tambahan pada negara-negara berkembang yang kapasitas penyerapannya telah terbatas. Banyak negara berkembang yang paling membutuhkan dukungan adaptasi adalah negara-negara yang memiliki kapasitas yang lebih lemah untuk mengelola dan menyerap pendanaan. Ketika kapasitas pihak penerima untuk mengelola dana telah terbatas, donor-donor melibatkan diri dalam mengendalikan dana dan modalitas berbasis proyek secara lebih ketat sehingga memberikan lebih banyak tekanan pada sistem-sistem negara, yang berujung pada lingkaran setan berupa kapasitas yang lebih rendah, kondisi fiskal yang lebih lemah, dan fragmentasi.⁵⁵

Meningkatkan kapasitas pemerintah pusat

Ketika para pemimpin politik mengambil kepentingan secara aktif, memfokuskan pemikiran dari para pegawai pemerintahan, opini publik, dan para pemangku kepentingan eksternal, maka negara akan bergerak maju. Sebaliknya, ketika pemimpinnya gagal bertindak, maka negaranya akan tertinggal. Hal ini merupakan hal yang wajar. Pengambil keputusan merupakan individu dan kegagalan dalam cara-cara individu mengambil keputusan akan memengaruhi cara kerja organisasi, termasuk cara kerja pemerintah.⁵⁶ Bagaimanapun juga, kepemimpinan bukan hanya merupakan masalah individual, tetapi juga institusional dan berhubungan dengan cara pengorganisasian tanggung jawab, koordinasi, serta akuntabilitas kebijakan iklim (Figur 8.6).

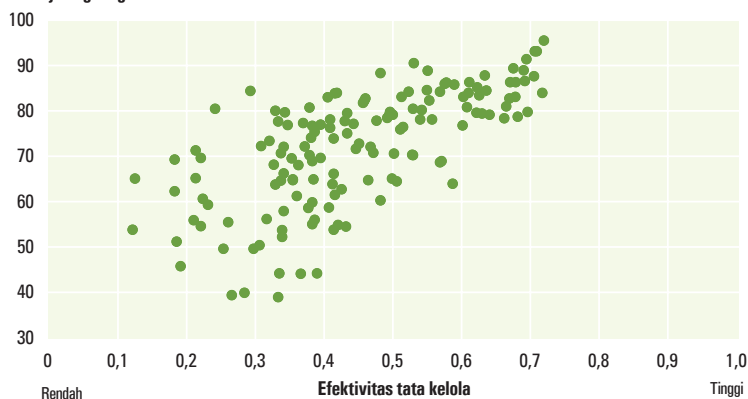
Menempatkan tanggung jawab bagi kebijakan iklim. Di banyak negara,

perubahan iklim masih merupakan urusan kementerian lingkungan. Akan tetapi, kebijakan iklim melebihi domain batasan perlindungan lingkungan dan menyertakan perdagangan, energi, transportasi, serta kebijakan ekonomi. Badan-badan lingkungan biasanya lebih lemah dibandingkan departemen keuangan, perdagangan, atau pembangunan ekonomi. Badan-badan tersebut cenderung memiliki sumber daya yang lebih sedikit dan diwakilkan dalam kabinet oleh politisi-politisi junior.

Meskipun tidak ada satupun resep untuk menugaskan penanganan iklim, rekonsolidasi tanggung jawab merupakan kuncinya (Kotak 8.8). Konsolidasi birokratis—mengandalkan kebebasan anggaran, pegawai ahli, dan otoritas untuk mengajukan dan menegakkan peraturan—memusatkan otoritas dan menghindari kegagalan bertindak akibat berbaurnya tanggung jawab. Tren menuju konsolidasi birokratis dalam kebijakan iklim adalah jelas pada badan setingkat kementerian yang dipimpin oleh menteri kabinet senior dalam menugaskan kebijakan iklim pada badan utama yang telah mapan.

Memfasilitasi integrasi dan koordinasi antarbadan. Konsolidasi birokratis, walaupun penting, tidaklah cukup. Sementara itu, penciptaan badan yang terpisah, bahkan dapat bersifat kontraproduktif. Koherensi kebijakan di seluruh jajaran pemerintahan membutuhkan integrasi perencanaan iklim pada seluruh pemerintahan. Di sini, tantangannya adalah mengatasi kompartementalisasi kinerja pemerintah yang biasa terjadi dan kecenderungan untuk memperlakukan masalah-masalah multidimensi dalam lumbung-lumbung organisasi. Pendekatan-pendekatan

Figur 8.6 Pemerintahan yang efektif sejalan dengan kinerja lingkungan yang baik
Kinerja lingkungan



Sumber: Kaufman, Kraay, dan Mastruzzi 2007; Esty dan lainnya 2008.

Catatan: Kinerja lingkungan diukur menggunakan indeks kinerja lingkungan (<http://epi.yale.edu/>). Kisaran keefektifan pemerintahan antara 0 dan 1 diperoleh dengan menggunakan transformasi logaritma dari indikator keefektifan pemerintahan yang berasal dari indikator data utama pemerintahan di dunia untuk 212 negara selama 1996–2007. Gambar ini merupakan tampilan gabungan sejumlah besar responden survei dari perusahaan, penduduk, dan para ahli dari negara maju dan negara berkembang.

untuk integrasi meliputi pembentukan unit-unit iklim di setiap kementerian atau badan yang dilengkapi oleh rencana-rencana sektoral pada tingkat nasional dan lokal untuk melakukan adaptasi dan mitigasi. Selain dari revisi terhadap mandat mereka, badan-badan publik yang relevan—seperti yang terlibat dalam kesehatan publik, energi, perencanaan guna lahan dan hutan, serta manajemen sumber daya alam—dapat mengoordinasi pekerjaan mereka di bawah kepemimpinan suatu badan perubahan iklim. Untuk mencapai koordinasi seperti ini, kemungkinan akan memerlukan pemikiran ulang mengenai peran layanan hidrometeorologis (lihat Bab 7).

Badan-badan koordinasi baru—seperti komite kabinet untuk perubahan iklim yang secara eksplisit menghubungkan iklim dengan area isu yang telah dikenali dan kritis, seperti “energi dan perubahan iklim” atau komite koordinasi intrapemerintah yang diketuai oleh badan yang memimpin—dapat menggabungkan pegawai-pegawai pemerintah yang bekerja untuk masalah perubahan iklim di antara pemerintah. Koordinasi kebijakan iklim juga dapat

KOTAK 8.7 *China dan India menuju reformasi institusional untuk tindakan iklim*

China menunjukkan bagaimana tanggung jawab kebijakan iklim telah beralih dari bagian tepi menuju bagian inti dari aktivitas pemerintah. Pemerintah China awalnya membuat berbagai institusi khusus untuk mengatasi perubahan iklim pada tahun 1990. Dengan menyadari relevansi dan sifat intersektoral dari masalahnya, mereka membangun National Coordination Committee on Climate Change pada tahun 1998.

Pada tahun 2007, komite tersebut diubah menjadi National Leading Group to Address Climate Change. Dikepalai oleh perdana menteri China, kelompok tersebut mengoordinasikan strategi, kebijakan, dan langkah-langkah untuk 28 anggotanya di dalam badan-badan pemerintah. Pada reformasi pemerintah tahun 2008, kantor pusatnya dipindahkan ke dalam National Development and Reform Commission, yang mengambil alih tugas utama perihal perubahan iklim, didukung oleh komite ahli yang menyediakan informasi ilmiah untuk menginformasikan pengambilan keputusan.

Salah satu negara berkembang yang juga menjadi contoh adalah India. Badan yang

bertanggung jawab untuk mengurus masalah perubahan iklim dikepalai oleh Perdana Menteri sendiri. Badan ini membuat Rencana Tindakan Nasional terhadap Perubahan Iklim dan bertanggung jawab mengawasi pelaksanaannya. Rencana tersebut berisi delapan Misi Nasional yang melibatkan beberapa kementerian karena rencana tersebut mencakup Energi Matahari, Peningkatan Efisiensi Energi, Habitat yang Berkelanjutan, Pelestarian Air, Menjaga Ekosistem Pegunungan Himalaya, menciptakan sebuah "India yang Hijau," Pertanian yang Berkelanjutan, dan pembentukan Pijakan Strategi Pengetahuan untuk Perubahan Iklim. Visi Rencana Tindakan Nasional adalah penggantian bahan bakar fosil menjadi bahan bakar nonfosil dan sumber energi terbarukan.

Reformasi langkah-langkah institusional yang serupa telah diadopsi oleh sejumlah negara, termasuk negara maju dan negara berkembang.

Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia.

menjadi tugas perdana menteri—katakanlah, dengan menciptakan fungsi pemberian saran secara langsung di dalam kantor perdana menteri.

Untuk integrasi dan koordinasi, perhatian khusus harus diberikan untuk mengembangkan sektor kebijakan dan strategi. Seperti ditunjukkan di Bab 4, kebijakan energi di banyak negara memberikan tekanan pada reformasi pasar dan penetapan harga, membawa masuk persaingan bagi sektor energi, dan mengembangkan institusi pengaturan untuk menghadirkan harga-harga yang rendah dan pasokan yang dapat diandalkan kepada konsumen.⁵⁷ Sebelumnya, mitigasi, bahkan tidak mendapat perhatian dalam kebijakan energi. Akan tetapi, ketika perubahan iklim mulai naik prioritasnya dalam

agenda politik, mandat-mandat dari badan-badan energi serta kebijakan dan strategi yang menuntunnya akan diperbarui agar mencantumkan pasokan karbon rendah dan efisiensi energi sebagai tanggung jawab inti.

Dokumen-dokumen strategi dapat meningkatkan koordinasi aktivitas-aktivitas adaptasi. Lihat *National Adaptation Programs of Action (NAPAs)* dari *Least Developed Countries* (negara-negara paling terbelakang). Dibangun sebagai latihan pengaturan prioritas secara teknis, NAPAs bertujuan untuk menentukan dampak spesifik terhadap suatu negara, merancang respons khusus secara lokal, serta berurusan dengan badan dan jajaran pemerintah yang berbeda juga dengan konstituensi bisnis dan para pelaku dalam komunitas sipil. Dengan cara ini, mereka dapat menyediakan kerangka kerja institusional untuk menempatkan adaptasi di tengah-tengah berbagai prioritas pemerintah. Akan tetapi, untuk mengonsolidasikan fungsi strategisnya, dibutuhkan lebih banyak perhatian dari pemangku kepentingan internal dan eksternal (Kotak 8.8).

Memperkuat akuntabilitas pemerintah.

Pemerintah dapat gagal bertindak pada masalah kebijakan tertentu ketika garis akuntabilitasnya tidak jelas, baik karena sifat masalah itu sendiri maupun karena cacat institusional. Ambillah contoh respons bencana. Kecuali suatu negara sering dihantam oleh bencana cuaca yang mematikan, penghindaran dan respons bencana tidak dimasukkan ke dalam agenda pemerintah. Para pemimpin merasa tidak perlu meneliti secara terperinci, menghargai, atau memberikan sanksi tindakan yang bahkan masyarakat pun tidak mengetahui apakah hal tersebut (menghindari bencana) perlu

KOTAK 8.8 *Program adaptasi aksi nasional (National adaptation programs of action)*

National Adaptation Programs of Action (NAPA) merupakan upaya nasional yang paling terkemuka oleh negara-negara paling terbelakang (*Least Developed Countries*—LDC) untuk mengidentifikasi area-area prioritas untuk beradaptasi terhadap perubahan iklim, telah menerima tiga kritik. Pertama, proses NAPA mengidentifikasi proyek-proyek yang serupa di berbagai negara, tanpa memperhatikan kebutuhan adaptasi spesifiknya. Kedua, banyak proyek adaptasi sulit untuk dibedakan dari proyek pembangunan standar. Ketiga, proses NAPA gagal melibatkan kementerian-kementerian besar dan pengambil keputusan di negara yang bersangkutan atau gagal memberikan perhatian kepada kebutuhan subnasional dan institusional lokal.

Dengan adanya kritik ini, tim Laporan Pembangunan Dunia mensponsori dua pertemuan petinggi NAPA di negara-negara Asia dan Afrika, satu pertemuan berlangsung di Bangkok pada Oktober 2008 dan satu lagi di Johannesburg pada November 2008. Pertemuan tersebut menunjukkan gambaran yang lebih rumit dan menunjukkan bahwa beberapa kritiknya kemungkinan salah sasaran.

Walaupun kebutuhan adaptasi dan proyek-proyek akan tampak serupa ketika dipandang secara kolektif, mereka sebenarnya bervariasi secara substansial di masing-masing negara, bergantung pada bahaya dan ancaman iklim yang teridentifikasi sebagai yang paling relevan. Panduan standar NAPA menjelaskan beberapa kesamaan dalam bahasa yang digunakan untuk mempertahankan proyek-proyek yang teridentifikasi sebagai yang paling membutuhkan adaptasi. Banyaknya proyek-proyek pertanian, sumber daya alam, dan manajemen bencana mencerminkan fakta bahwa dampak perubahan iklim akan dirasakan pertama-tama oleh sektor-sektor yang berhubungan dengan manajemen bencana dan barang-barang kebutuhan primer. Terakhir, NAPA dipersiapkan pada anggaran yang sedikit sehingga perencanaannya tidak dapat diperluas melebihi tingkat nasional atau lintas kementerian dan pengambil keputusan.

Akan tetapi, terdapat sisi lain dari kritik tersebut—bagaimana LDC memandang NAPA yang telah mereka persiapkan.

Sedikit dukungan pendanaan: Biaya total semua proyek yang diidentifikasi sebagai darurat di 38 dokumen NAPA adalah kurang

dari \$2 miliar. Walaupun biayanya rendah, sedikit sekali dukungan pendanaan yang tersedia sehingga meningkatkan kekhawatiran yang wajar mengenai bantuan donor dan memperlebar jurang kepercayaannya.

Arsitektur yang buruk: Penataan institusional untuk kebutuhan adaptasi harus lebih permanen dan lebih terkait dengan kementerian yang berbeda-beda dengan dukungan dari kementerian keuangan serta perencanaan dan keterkaitan yang lebih kuat dengan mekanisme-mekanisme provinsi dan distrik. Perencanaan dapat dilakukan oleh badan khusus, namun penerapannya haruslah melalui struktur institusional dan pemerintahan yang ada karena sebagian besar proyek bersifat sektoral.

Kapasitas yang rendah: Kapasitas perencanaan dan penerapan adaptasi masih sangat rendah di sebagian besar LDC. Diperlukan peningkatan dalam kapasitas teknis, pengetahuan, pelatihan, peralatan, dan pemodelan. Beberapa dari kapasitas tersebut dapat diperoleh dari berbagai universitas dan komunitas sipil.

Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia.

dilakukan. Jika hubungan antara upaya dan hasil tidak terlihat jelas oleh publik, pemerintah tidak akan mempunyai insentif untuk bertindak.

Akuntabilitas pemerintah untuk kebijakan iklim dapat ditingkatkan oleh akuntabilitas badan yang lebih baik kepada kementerian pemerintah yang inti, seperti departemen keuangan atau perdana menteri—dan oleh akuntabilitas yang lebih luas dari keseluruhan pemerintah pada parlemen, masyarakat, dan badan-badan otonom (Kotak 8.9). Parlemen dapat melaksanakan dengar pendapat, memantau kinerja, memberi pendidikan kepada publik, dan mengharuskan pemerintah untuk melakukan pelaporan secara berkala pada parlemen mengenai tujuan, kebijakan, dan pencapaian yang berkaitan

dengan iklim. Mencantumkan sasaran-sasaran dan tujuan-tujuan kebijakan iklim ke dalam undang-undang dapat menjadi perangkat yang potensial bagi akuntabilitas pemerintah yang lebih baik—dan memastikan kontinuitas tindakan melampaui kerangka waktu pemerintahan yang pendek. Badan ahli pertimbangan independen dapat memberikan rekomendasi kepada pemerintah dan melaporkannya kepada parlemen.

Memperkuat tindakan pemerintah lokal

Pemerintah lokal dan regional dapat menyediakan ruang politik dan administratif yang lebih dekat ke sumber emisi dan dampak perubahan iklim. Dituntut dengan penerapan dan artikulasi

KOTAK 8.9 *Meningkatkan akuntabilitas pemerintah untuk perubahan iklim di Inggris*

Dengan merestrukturisasi dan mendirikan mesin-mesin institusional untuk tindakan iklim, Inggris juga telah melaksanakan langkah-langkah yang meningkatkan akuntabilitas pemerintah untuk menunjukkan hasil-hasilnya. Inggris

- Mengeluarkan undang-undang perubahan iklim dan menyediakan yayasan yang sesuai undang-undang untuk sasaran emisi CO₂ resmi di Inggris dalam jangka pendek, menengah, dan panjang melalui anggaran karbon lima tahun yang mengatur tingkat emisi yang diizinkan per tahun. Tiga anggaran yang mencakup jangka waktu 15 tahun akan aktif kapanpun, memberikan perspektif jangka menengah bagi evolusi emisi karbon pada perekonomian.
- Membentuk suatu badan pemimpin untuk perubahan iklim—Department of Energy and Climate Change (Departemen Energi dan Perubahan Iklim).
- Memformalisasikan Public Sector Agreement no. 27 mengenai akuntabilitas

Department of Energy and Climate Change untuk berbagai tujuan kebijakan dan menetapkan sasaran pengantaran untuk mengukur kinerja dalam menerapkannya. Sasarannya termasuk pengurangan emisi total di Inggris Raya, peningkatan air berkelanjutan, dan pengurangan intensitas CO₂ pada perekonomian Inggris Raya.

- Mendirikan komite perubahan iklim sebagai badan ahli pertimbangan independen yang dapat merekomendasikan cara-cara untuk mencapai sasaran kepada pemerintah. Komite tersebut melapor secara tahunan kepada parlemen kemudian pemerintah perlu membalasnya secara formal. Setiap lima tahun, komite tersebut akan menawarkan penilaian yang lebih komprehensif mengenai kemajuan negara menuju sasaran jangka panjang.

Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia.

kebijakan nasional, pemerintah lokal dan regional memiliki fungsi pembuatan kebijakan, peraturan, dan perencanaan di sektor-sektor yang penting bagi mitigasi (transportasi, konstruksi, penyediaan layanan publik, dan advokasi tingkat lokal) dan adaptasi (perlindungan sosial, pengurangan risiko bencana, manajemen sumber daya alam). Oleh karena lebih dekat dengan penduduk, pemerintah lokal dan regional dapat meningkatkan kesadaran publik dan memobilisasi pelaku nonpemerintahan. Selain itu, pada titik pertemuan antara pemerintah dengan penduduk, pemerintah lokal dan regional menjadi ruang di mana berlangsung akuntabilitas pemerintah untuk respons-respons yang tepat.⁵⁸

Kemungkinan karena alasan-alasan inilah otoritas lokal sering kali mendahului pemerintah nasional dalam

mengambil tindakan iklim. Seperti ditunjukkan di Bab 2, tingkat lokal dan regional sering kali paling tepat untuk perancangan dan penerapan langkah-langkah adaptasi dalam pertanian, perencanaan infrastruktur, pelatihan, dan manajemen air. Akan tetapi, pemerintah lokal juga dapat memimpin mitigasi. Negara-negara bagian di kedua pesisir pantai AS telah mengembangkan strategi dan sasaran lokal kemudian menyatukannya dengan pasar karbon regional pilot (Kotak 8.10). Kota-kota di dunia memiliki rencana tindakan dan strategi iklimnya sendiri, mengadopsi sasaran Kyoto untuk mengompensasi tidak bertindak pemerintah nasional mereka dan menjadi anggota aktif inisiatif kota nasional dan transnasional, seperti jaringan C40 dari kota-kota terbesar di dunia yang berkomitmen untuk mengantisipasi perubahan iklim.

Relevansi pemerintah lokal membutuhkan artikulasi dan koordinasi kebijakan iklim secara vertikal. Desentralisasi kebijakan iklim menuai pro dan kontra, sedangkan tingkat optimal dan cakupan spesifiknya bergantung juga pada konteksnya.⁵⁹ Pemerintah lokal menderita akibat pembatasan yang sama seperti yang dialami pemerintah pusat, walaupun biasanya lebih parah. Kebijakan iklim yang dilaksanakan pada tingkat lokal biasanya dilakukan dengan unit lingkungan, dengan masalah integrasi dan koordinasi. Pemerintah subnasional biasanya menghadapi jurang sumber daya dan keahlian serta memiliki kekuasaan fiskal yang rendah, yang membuat pemerintah sulit menggunakan pajak lingkungan. Walaupun dekat dengan penduduk, pemerintah lokal sering kali kekurangan legitimasi, dibandingkan pemerintah nasional, akibat dari hasil pemilu lokal yang rendah dan mandat pemilu yang

lemah atau kapasitas pengantaran yang lemah. Semua ini membuat devolusi kebijakan iklim menjadi sulit.

Untuk meningkatkan kolaborasi vertikal, pemerintah nasional dapat melibatkan diri dalam upaya-upaya pembukaan jalan, penyediaan, dan otoritas. Langkah-langkah pembukaan jalan meliputi transfer pengetahuan dan praktik-praktik terbaik. Hal yang penting di sini adalah inisiatif perbandingan yang dikaitkan dengan persaingan dan penghargaan untuk otoritas lokal yang kinerjanya terbaik—indeks kompetitivitas provinsi di Vietnam merupakan contoh yang baik dari perbandingan skala subnasional semacam itu. Langkah-langkah penyediaan mencakup perjanjian sektor publik berbasis kinerja yang mengaitkan pendanaan tidak hanya dengan jumlah penduduk dan cakupan geografis otoritas, melainkan juga dengan pencapaian sasaran. Langkah-langkah otoritas mencakup undang-undang nasional yang mengharuskan pemerintah lokal untuk mengembangkan rencana-rencana strategis pada sektor-sektor yang relevan atau skema-skema peraturan untuk membuat para pegawai pemerintah lokal akuntabel kepada pemerintah pusat, sama halnya dengan perencanaan tata guna lahan.

Berpikir politis mengenai kebijakan iklim

Hal-hal yang membentuk rancangan dan hasil dari kebijakan publik manapun adalah kekuatan, kepadatan, juga jangkauan komunitas sipil, budaya birokrasi dan undang-undang anggaran, serta faktor yang mendorong artikulasi dan organisasi dari kepentingan-kepentingan politik.⁶⁰ Bahan bakar fosil, selain memberikan tenaga kepada perekonomian negara-negara maju dan

berkembang, juga menjalankan berbagai kepentingan yang terus menggerakkan isu-isu politiknya. Di banyak negara berkembang, karbon tidak hanya diberi harga, namun juga disubsidi (lihat bab 4). Pada akhir tahun 2007, sekitar seperlima dari seluruh jumlah negara di dunia menyubsidi bensin dan sekitar sepertiganya menyubsidi solar. Lebih dari dua pertiga dari negara berpendapatan rendah dan lebih rendah menyubsidi minyak tanah.⁶¹ Dengan demikian, jelas bahwa negara-negara dengan sektor energi berdasarkan fosil yang besar atau ekonomi intensif energi yang tinggi menghadapi ketahanan yang tinggi terhadap perubahan.⁶² Akibatnya terasa di seluruh dunia, sumber dan pendorong emisi karbon sering kali dikaitkan dengan legitimasi politik pemerintah.

Setiap sistem politik menghadirkan berbagai keunggulan dan hambatan dalam mengatasi perubahan iklim. Contohnya adalah demokrasi. Bukti-bukti kuat menunjukkan bahwa

Akan tetapi, demokrasi terkadang lebih baik dalam menghasilkan output kebijakan (ikut dalam komitmen internasional) dibandingkan hasil-hasil kebijakan (pengurangan emisi yang sebenarnya), sama halnya dengan Kyoto.⁶⁷ Sama seperti konsumen dan pemilih individu, demokrasi terbukti lebih responsif dalam berkomitmen daripada dalam memecahkan masalah, dengan “jurang hijau” dalam sikap konsumen yang diartikan menjadi jurang kata-kata dalam perilaku pemerintah (Figur 8.7).⁶⁸ Walaupun menyebabkan kekhawatiran publik tentang perubahan iklim, politikus tetap “takut dengan pemilih” karena mereka berasumsi bahwa pemilih akan kurang mendukung tindakan iklim jika kebijakan mulai memengaruhi mereka secara langsung, melalui biaya pribadi yang langsung dan tampak (pajak karbon

KOTAK 8.10 *Federalisme hijau dan kebijakan perubahan iklim*

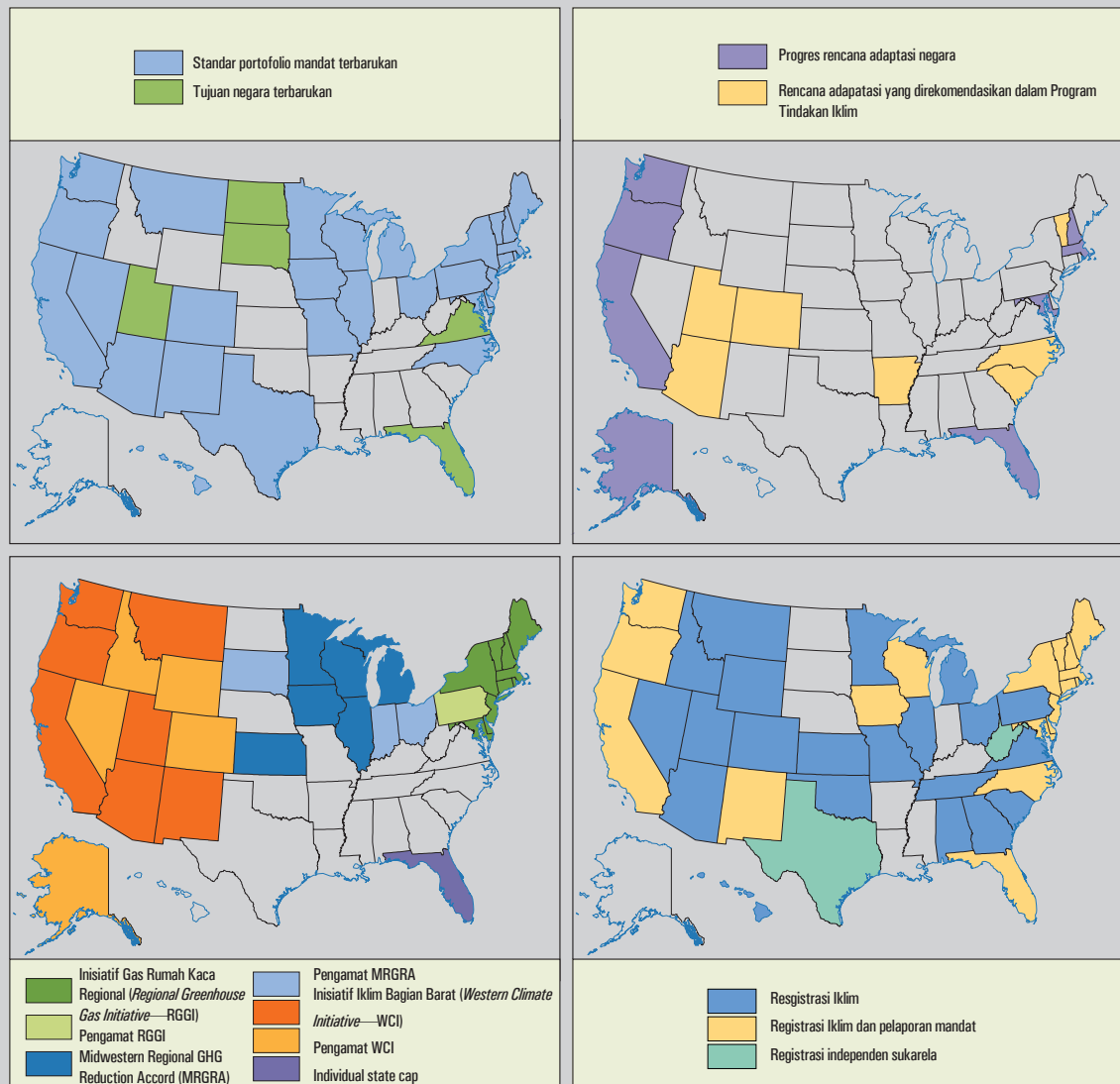
Yuridiksi subnasional dalam sistem federal telah lama dianggap sebagai laboratorium percobaan kebijakan dan reformasi.^a Pemerintah lokal, provinsi, dan negara bagian telah merasakan berbagai derajat keberhasilan mengenai efisiensi dan efektivitas kebijakan “federalisme hijau” —kebijakan-kebijakan ketika kepemimpinan dipegang oleh pemerintah subnasional.^b

Argumen yang mendukung tindakan federalisme hijau termasuk kemampuan pemerintah di tingkat yang lebih rendah untuk

mengatur kebijakan untuk lebih menyesuaikan dengan sumber daya dan demografisnya yang unik, begitu juga dengan kesempatan untuk mendorong kebijakan nasional yang lambat dengan percobaan dan pembelajaran subnasional yang efektif.^c Kritik terhadap federalisme hijau mengutip masalah kebocoran karbon, seperti insentif bisnis untuk merelokasi ke yurisdiksi yang kurang ketat. Proses ini sering kali dilakukan dari atas ke bawah karena mengurangi kualitas lingkungan dan kurang

menyediakan barang-barang dan layanan publik.^d

Sementara itu, untuk kebijakan iklim, federalisme hijau telah menunjukkan hasil yang menjanjikan. Salah satu contoh yang paling jelas adalah Amerika Serikat (peta dalam kotak). Walaupun keputusan pemerintah nasionalnya tidak mengikuti Protokol Kyoto dan dengan absennya kebijakan perubahan iklim federal yang berlebihan, pemerintah subnasional telah mengambil alih kepemimpinan.^e Banyak daerah

Federalisme hijau di Amerika Serikat: Tindakan Negara dan regional


(Bersambung)

KOTAK 8.10 *Lanjutan*

telah mempunyai pemantau dan program registrasi gas rumah kaca sebaik tujuan pengurangan emisi. Dan lusinan individu menyatakan telah ahli dan menerapkan rencana mitigasi dan adaptasi atau melembagakan standar portofolio terbarukan dan target pengurangan. Kota-kota dan ibu kota juga telah memulai program audit dan perencanaan perubahan iklim yang komprehensif, mengatur

sasaran pengurangan emisinya sendiri.

Aksi-aksi ini menambahkan sampai dengan pengurangan yang signifikan, dan beberapa klaim bahwa upaya-upaya tersebut telah menyebabkan perlombaan menuju puncak.^f Jika beberapa negara dengan target emisi perusahaan mencapai sasaran 2020-nya, emisi nasional A.S. akan stabil pada tingkat 2010 pada 2020.^g

Sumber: Tindakan negara dilacak oleh Pew Center on Global Climate Change (www.pewclimate.org).
a. Osborne 1988.

b. Oats dan Portney 2003.

c. Lutsey dan Sperling 2008.

d. Kuncze dan Shogren 2005.

e. Rabe 2002.

f. Rabe 2006.

g. Lutsey dan Sperling 2008.

dan energi, kenaikan harga-harga, serta kehilangan lapangan kerja).⁶⁹ Hal ini mungkin menjelaskan mengapa lebih sulit untuk mencapai pengurangan emisi melalui pelarangan kebebasan individu. Menerapkan batasan pada mobilitas pribadi secara politis akan lebih sulit daripada membidik pembangkit-pembangkit listrik.⁷⁰

Dalam istilah politik, tindakan iklim berhadapan dengan “batas kedekatan.” Kecenderungan masyarakat untuk pertama-tama menghadapi masalah yang tampak dan langsung menjadi bias politik yang cenderung memilih solusi masalah lingkungan lokal (infrastruktur sanitasi, kualitas air dan udara, risiko pelepasan bahan beracun, serta jaminan habitat lokal) dibandingkan masalah-masalah lintas batas (seperti hilangnya keragaman hayati, pengambilan ikan secara berlebihan, atau perubahan iklim).⁷¹ Batas kedekatannya juga memiliki dimensi temporal. Permasalahan dengan horizon jangka panjang, terutama yang melibatkan barang-barang publik, sulit untuk diatasi. Perubahan iklim masih jauh dari pengecualian.⁷² Kebaikan (atau keburukan) antargenerasi membutuhkan kerangka kerja kebijakan jangka panjang bertentangan dengan kerangka waktu pemerintah dan siklus pemilihan.

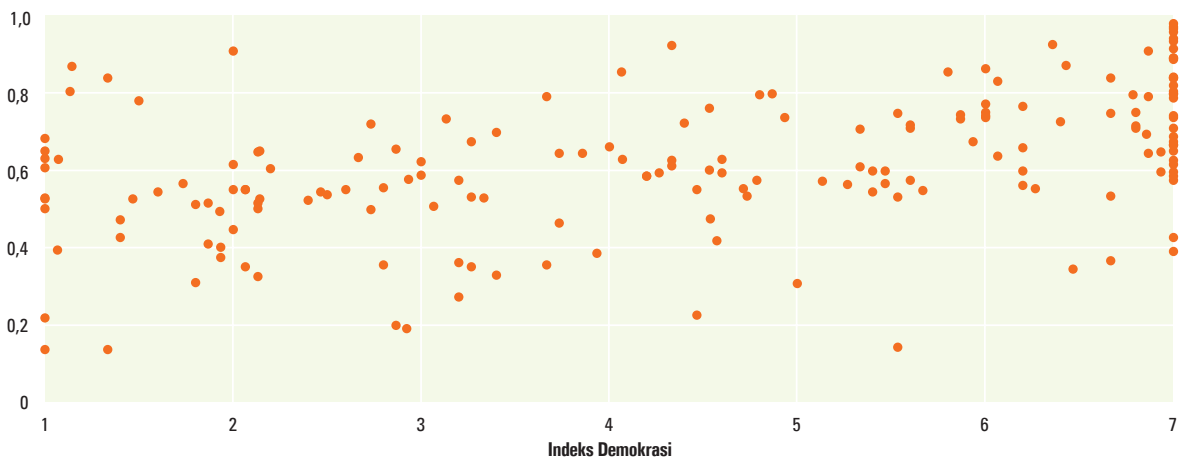
Ketika masalah kebijakan tidak berhadapan dengan publik, jarak pandang yang terlalu pendek dapat menghasilkan insentif-insentif yang berlawanan.

Manajemen risiko bencana merupakan contoh bagaimana langkah-langkah adaptasi standar dapat mengalami kegagalan karena publik (pemilih) sering kali gagal untuk berpikir tentang pencegahan. Jadi, pengambil keputusan mengabaikan usaha pencegahan dan kesiapan hanya karena isu tersebut tidak memenangkan suara pemilih. Sebaliknya, realisasi pengambilan keputusan bahwa pemulihan bencana memiliki imbalan politis yang lebih tinggi daripada kesiapan, menutup lingkaran bahaya moralnya. Hal ini jauh dari teori yang sebenarnya. Jika biaya bencana meningkat secara drastis, hal ini sebagian dikarenakan pemerintah menyadari bahwa menyediakan kompensasi kepada kelompok dan area yang terserang cuaca ganas menghasilkan keuntungan yang besar untuk pemilihan.⁷³ Hal ini tidak baik bagi perubahan kebijakan dan memperkuat kebijakan yang buruk. Asuransi tanaman dari pemerintah mengurangi insentif petani untuk menghindari kerusakan akibat cuaca. Pemulihan bencana membuat penduduk dan pemerintah lokal mengharapkan kompensasi sebagai suatu hak, daripada mengambil tindakan pencegahan.⁷⁴

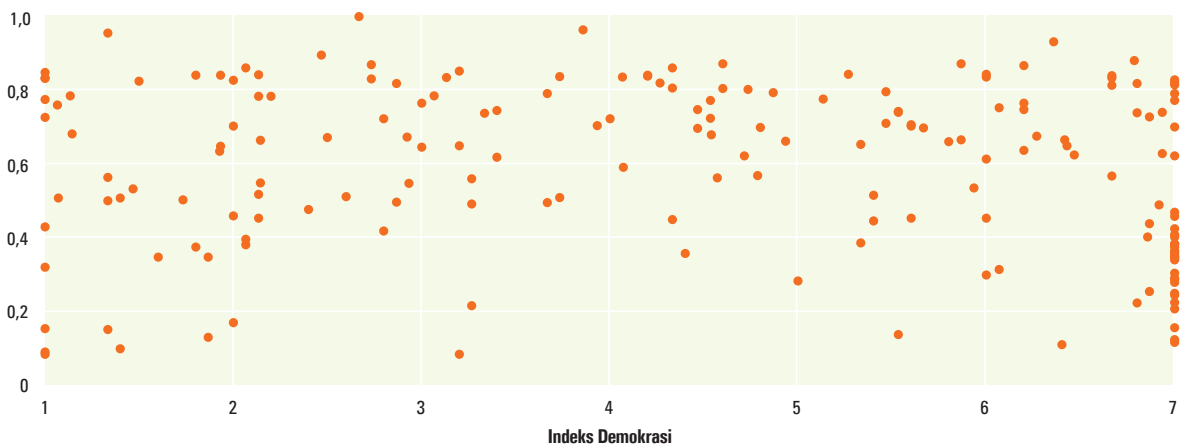
Reformasi iklim bergantung pada dukungan politik. Perubahan kebijakan apa pun secara umum menghadapi perlawanan, terutama ketika melibatkan biaya yang tampak bagi banyak pelaku besar. Kebijakan iklim merupakan contoh

Figur 8.7 Demokrasi lebih baik dalam hal mengeluarkan kebijakan iklim daripada hasil dari kebijakan itu sendiri.

Output: kebijakan, hukum-hukum, dan perjanjian internasional



Hasil: pengurangan emisi



Sumber: Battig dan Bernauer 2009.

Catatan: Output merupakan suatu indeks dari perilaku kooperatif dalam kebijakan perubahan iklim, mulai dari ratifikasi perjanjian, pelaporan, dan pendanaan—yang berkisar antara 0 dan 1, dengan nilai yang lebih tinggi menunjukkan kerja sama yang lebih. Hasil merupakan suatu indeks dari perilaku kooperatif dalam kebijakan perubahan iklim, mulai dari tren emisi dan tingkat emisi—yang berkisar antara 0 dan 1, dengan nilai yang lebih tinggi menunjukkan kerja sama yang lebih. Indeks Hak Politik (The Political Rights Index) menurut Freedom House adalah ukuran dari demokrasi meliputi derajat kebebasan dalam proses pemilu, pluralisme dan partisipasi politis, serta fungsi pemerintahan. Secara numerik, Freedom House memberikan peringkat terhadap hak politis pada skala 1 sampai 7, dengan skala 1 mewakili yang paling bebas dan 7 mewakili yang paling tidak bebas. Akan tetapi, dalam figur ini, skala dari data asli telah dibalik dan nilai-nilai yang lebih tinggi menunjukkan tingkat yang lebih tinggi dalam demokrasi. Data berasal dari tahun 1990–2005. Figur ini juga menunjukkan bahwa terdapat hubungan positif antara output dan tingkat demokrasi, yang diwakili oleh Freedom House political rights index; negara demokratis, secara umum, memiliki hasil yang lebih baik. Sebaliknya, tidak ada hubungan yang signifikan antara tingkat demokrasi dan hasil iklim dalam bentuk pengurangan emisi (menggunakan pengurangan emisi pada tahun 2003 dibandingkan dengan tingkat pada tahun 1990).

sempurna karena biayanya akan terlihat jelas oleh berbagai kelompok ekonomi dan populasi umum. Untuk membangun dukungan publik terhadap kebijakan iklim, berbagai jalan dapat ditempuh.

Menciptakan intervensi yang dapat disetujui oleh pelaku politik (utama) dalam jumlah maksimal

Merancang kebijakan yang memberikan keuntungan sampingan. Negara yang

mematuhi dan menerapkan kewajiban-kewajiban lingkungan internasional cenderung merancang kebijakan yang memberikan keuntungan sampingan karena insentif lokal: polusi udara, degradasi kualitas air, serta ancaman lingkungan yang langsung dan jelas.⁷⁵ Individu yang berkontribusi terhadap barang-barang publik mudah bergerak ketika melihat keuntungan langsung. Secara aktif mencari tujuan dan keuntungan berlebih seharusnya

menjadi bagian inti dari kebijakan iklim yang berkelanjutan secara politik.⁷⁶ Tidak semua kebijakan perkembangan cerdas iklim bersifat spesifik iklim dan serangkaian tindakan dapat mengatasi pertukaran (yang diperkirakan) antara pembangunan ekonomi dengan tindakan iklim. Tantangannya adalah untuk membungkus tindakan iklim dalam tujuan dan keuntungan sampingan yang lebih dekat secara lokal, swasta, dan temporal—seperti jaminan energi, efisiensi energi, kesehatan publik, polusi tambahan, dan pengurangan risiko bencana.

Sasaran utama konstituensi-konstituensi. Keuntungan sampingan dari kebijakan iklim dapat memenangkan pihak-pihak berkepentingan yang melawan kebijakan tersebut. Sebagai contoh adalah tenaga kerja. Ketika efek pekerjaan jangka pendek dari kebijakan iklim adalah negatif, maka menghilangkan pertukaran bagi tenaga kerja terorganisasi seharusnya dibuat lebih jelas. Serikat kerja dapat dimenangkan dengan cara mendemonstrasikan bagaimana ekonomi rendah karbon akan lebih intensif tenaga kerja daripada ekonomi yang konvensional; bagaimana penghematan energi dapat diubah menjadi pengeluaran yang intensif tenaga kerja; bagaimana investasi dalam perkembangan dan penyebaran teknologi akan menciptakan lapangan kerja, dan bagaimana hasil pajak energi dapat menutupi pajak tenaga kerja, meningkatkan permintaan akan tenaga kerja. Penting untuk berhati-hati menilai apakah kebijakan menguntungkan salah satu pihak kelompok utama atau tidak. Dukungan terhadap kebijakan iklim sangatlah kuat di antara kelompok yang melihat ekonomi rendah karbon sebagai

kesempatan bisnis, namun perusahaan-perusahaan energi tetap menentanginya. Mewariskan izin-izin emisi sering kali disebut sebagai langkah strategis untuk mendapatkan jangka waktu keterlibatan yang lebih lama dalam bisnis, namun skema tersebut juga menghasilkan perlawanan dari publik (Kotak 8.11).

Bergantung pada proses dan instrumen konsensus. Mendapatkan perjanjian awal dari pemangku kepentingan utama pada upaya-upaya spesifik dapat mengurangi kerusakan politik. Selain mengidentifikasi keuntungan sampingannya, kebijakan konsensus melibatkan penetapan sistem konsultatif dan skema sukarela, mengikat para pelaku utama, seperti kelompok industri ke prinsip-prinsip kebijakan iklim. Sistem politik konsultatif terlihat lebih efektif dalam kebijakan lingkungan.⁷⁷

Meningkatkan penerimaan publik terhadap reformasi

Mengupayakan kesetaraan, keadilan, dan inklusi. Penolakan pengambil keputusan terhadap ketidaksetaraan merupakan akibat dari etika dan politik, ketika hasil redistribusi mengarah pada

KOTAK 8.11 *Mengumpulkan dukungan untuk pembatasan dan perdagangan*

Uni Eropa baru-baru ini menciptakan sistem perdagangan emisi untuk memenuhi kewajiban yang ditentukan oleh Protokol Kyoto. Secara keseluruhan, sistem tersebut memiliki banyak kebaikan. Salah satunya adalah bahwa negara diharuskan mewariskan kepada perusahaan meskipun adanya biaya pinjaman besar yang potensial berkaitan dengannya dan hasil ekonomi yang jelas dari pelelelangan kredit. Sebagian akibat dari aturan pewarisan ini dan pengenalan implisit akan pinjaman besar yang berkaitan dengannya adalah mekanisme alokasinya ditetapkan hanya untuk periode lima tahun.

Hal ini dilakukan untuk menghindari terlalu banyak pemberian kesejahteraan melalui penciptaan dan penangkapan pinjaman. Akan tetapi, kerugian besar yang dihadapi pembuat polusi besar adalah meningkatnya perhatian media dan pengasingan oleh publik. Sistem lima tahun ini juga menciptakan insentif yang bertentangan bagi perilaku strategis untuk memengaruhi aturan alokasi selanjutnya yang diprotes oleh perusahaan-perusahaan yang ingin memasuki industri tersebut.

Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia.

pertukaran politik atau sanksi dari para pemilih. Publik lebih dimungkinkan untuk menerima perubahan kebijakan jika hal itu dilihat dapat mengatasi masalah yang berat, dan jika biaya dan manfaatnya dianggap terdistribusi secara merata. Untuk itu, diperlukan perancangan kebijakan iklim yang progresif dan setara yang melibatkan langkah-langkah kompensasi transparan bagi yang termiskin. Kebijakan fiskal hijau dapat memainkan peran setara dan progresif yang kuat.⁷⁸ Daur ulang pendapatan dari pajak karbon atau lelang izin dapat mendukung pemotongan pajak dan menyediakan stimulus ekonomi. Menandai hasil-hasil ekonomi dari izin dan pajak karbon untuk skema perlindungan sosial dapat meningkatkan penerimaan reformasi penetapan harga pada energi. Di beberapa negara Eropa, pendapatan yang dikumpulkan dari pajak polutan udara, limbah berbahaya, dan bahan kimia beracun mengurangi pajak pendapatan dan kontribusi jaminan sosial.

Memimpin dengan menjadi teladan.

Pembuat kebijakan dapat menetapkan norma-norma sosial dengan mengubah perilaku pemerintah. Penghijauan pemerintah dapat memainkan peran komunikasi yang penting, sebagai tambahan terhadap penyediaan keuntungan yang segera dalam mengurangi emisi dan memicu penelitian serta investasi dalam teknologi baru. Jika memungkinkan, pemerintah juga dapat meningkatkan instrumen, seperti pengadaan publik untuk mencapai tujuan hijau.

Menggunakan bencana alam akibat cuaca sebagai momen pembelajaran.

Bencana dapat menyediakan “efek-efek fokus” yang mengakibatkan perubahan

kebijakan dengan segera, walaupun jendela kesempatan ini umumnya hanya sebentar.⁷⁹ Gelombang panas pada tahun 2003 di Eropa, Badai Katrina, dan kebakaran di Australia pada tahun 2009 telah meningkatkan perhatian terhadap perubahan iklim. Perhatian media terhadap peristiwa cuaca dan spekulasi mengenai hubungannya dengan perubahan iklim dapat menyediakan sebuah jendela bagi pemerintah untuk mengambil tindakan yang tidak populer pada masa-masa normal.⁸⁰ Rekonstruksi pascabencana juga menyediakan kesempatan untuk meninggalkan praktik-praktik lama serta membangun lebih banyak komunitas dan masyarakat yang tahan bencana.

Meningkatkan akseptabilitas kebijakan.

Tindakan pemerintah yang gesit dan mendadak dapat mengalahkan kelompok-kelompok industri energi dan menciptakan perasaan tidak terelakkan, jika momentumnya tetap dijaga.⁸¹ Akan tetapi, gradualisme juga dapat meningkatkan akseptabilitas kebijakan karena perubahan kebijakan tambahan biasanya kurang menarik perhatian dan cenderung tidak mendapatkan perlawanan. Hal ini dapat menjelaskan mengapa ekonomi-ekonomi besar memulai “dengan lambat” untuk mengurangi emisi. Perubahan tambahan yang kecil dapat menciptakan pijakan bagi perubahan yang lebih besar nantinya. Di sini, menciptakan keteramalan—menetapkan orientasi jangka panjang dari kebijakan pemerintah—memungkinkan para pemangku kepentingan (di dalam dan di luar pemerintah) untuk mengidentifikasi insentif yang diperlukan untuk mengorientasi ulang aktivitas-aktivitas mereka.⁸²

Memperbaiki komunikasi. Strategi komunikasi yang dirancang dengan baik tidak hanya akan membantu mengubah perilaku—strategi tersebut juga dapat memobilisasi dukungan politik untuk reformasi. Kampanye informasi publik telah menjadi kunci keberhasilan reformasi subsidi, bahkan ketika kelompok yang memperoleh subsidinya terorganisasi lebih baik dan lebih kuat daripada penikmat keuntungan reformasi (konsumen dan pembayar pajak). Komunikasi seharusnya difokuskan pada pengisian jurang pengetahuan dan mengatasi pertentangan yang rasional terhadap reformasi. Misalnya, menghilangkan kebingungan dari beberapa persepsi yang tidak beralasan mengenai sisi-sisi negatif dari kebijakan iklim sehingga dapat mengurangi ketidakpastian dan perlawanan. Penelitian menunjukkan bahwa rasa takut akan jatuh ke dasar dan kehilangan kemampuan untuk bersaing sering kali dilebih-lebihkan dan bahwa investasi dalam teknologi hijau yang baru dapat memicu perkembangan pasar lingkungan.⁸³ Sama halnya dengan menekankan bahwa pajak lingkungan bukanlah sekadar sumber penghasilan bagi negara, namun juga bertujuan untuk mengubah perilaku, yang merupakan kunci untuk meningkatkan penerimaan publik.

Mengatasi defisiensi struktural dari sistem politik

Memperkuat pluralisme politik. Pihak-pihak yang berkepentingan, termasuk di dalamnya industri dan perusahaan energi, dapat berperan dalam membatasi cakupan dan dampak kebijakan iklim. Langkah-langkah untuk mengurangi aktivitas pihak berkepentingan yang bertujuan untuk menangkap atau membajak kebijakan iklim, antara lain

adalah memperkuat pluralisme politik. Hal ini dapat membawa berbagai dampak terhadap perubahan kebijakan. Sejumlah besar pelaku veto dapat mengunci majunya suatu kebijakan.⁸⁴ Akan tetapi, pluralisme politik secara umum telah mengurangi lobi dan korupsi di belakang layar dengan memberikan akses dan suara kepada para pemangku kepentingan yang bertentangan.⁸⁵ Kepentingan-kepentingan lingkungan telah membanjiri kepentingan-kepentingan bisnis yang berusaha untuk membatasi ketatnya kebijakan lingkungan dalam hal keamanan makanan, standar portofolio terbarukan, dan peraturan limbah.⁸⁶ Pluralisme politik juga dapat membantu perkembangan koalisi “hijau dan serakah” dari kepentingan lingkungan serta kepentingan bisnis sebagai pendorong perubahan.

Mendorong transparansi.

Mengklarifikasi biaya energi dan komponen-komponennya (produksi, impor, subsidi distribusi, dan pajak) dapat menarik dukungan untuk reformasi pasar energi. Dalam kebijakan mitigasi, salah satu keuntungan besar dari transparansi laporan biaya energi adalah bahwa laporan tersebut membuat biaya tambahan karbon menjadi relatif terjangkau. Transparansi terutama telah berguna untuk mengumpulkan kesadaran publik mengenai biaya subsidi energi, menilai pertukarannya, dan mengidentifikasi siapa yang menang dan siapa yang kalah. Beberapa negara memiliki sistem pelaporan subsidi untuk meningkatkan pemahaman publik mengenai biaya dan manfaatnya.⁸⁷

Mempersulit pembalikan kebijakan.

Penataan politik dan institusional dapat membantu menggeser masalah perubahan iklim dari yang masih hidup

ke yang belum lahir dengan mempersulit pembalikan kebijakan iklim pada semua situasi, kecuali situasi darurat, seperti amandemen konstitusional atau undang-undang perubahan iklim.¹⁸⁸ Akan tetapi, mereka juga dapat melibatkan pendirian institusi-institusi independen dengan pandangan yang berjangka waktu lebih panjang, sama seperti institusi moneter ketika mengendalikan inflasi.

Pembangunan cerdas iklim dimulai dari rumah

Sejak dahulu, upaya untuk mendapatkan respons-respons yang tepat terhadap perubahan iklim telah difokuskan pada perlunya suatu kesepakatan internasional—suatu perjanjian global. Meskipun penting, hal ini hanyalah sebagian dari jawabannya. Perubahan iklim jelas-jelas merupakan kegagalan pasar global, namun merupakan pasar yang terartikulasi dengan tepat secara lokal yang mendefinisikan sebab-akibat dan termediasi oleh keadaan yang spesifik secara konteks.

Hal ini berarti bahwa kebijakan iklim—untuk mitigasi maupun adaptasi—memiliki determinan lokal. Sebuah penelitian terhadap standar portofolio terbarukan di Amerika Serikat menunjukkan bahwa liberalisme politis, potensial energi terbarukan, dan konsentrasi polutan udara lokal telah meningkatkan probabilitas negara tersebut untuk mengadopsi standar semacam itu. Sebaliknya, intensitas karbon akan menurunkan probabilitas tersebut.⁸⁹ Rezim internasional memengaruhi kebijakan domestik, begitu pula sebaliknya kebijakan domestik memengaruhi rezim internasional. Perilaku negara dalam membentuk, mematuhi, dan menerapkan suatu perjanjian iklim bergantung pada insentif domestiknya. Norma-

norma politik, struktur institusional, dan kepentingan-kepentingan memengaruhi penerjemahan norma-norma internasional menjadi dialog dan kebijakan politik domestik, sambil membentuk rezim internasional dengan mendorong tindakan nasional.⁹⁰ Kesejahteraan negara, bauran energinya, dan preferensi ekonominya—seperti kecenderungan untuk merespons yang digerakkan oleh negara atau oleh pasar—akan membentuk kebijakan mitigasi. Tradisi budaya dan politik ditambahkan kepada pertimbangan ekonomi dan administratif dalam menentukan pajak atau pembatasan dan perdagangan. Sementara itu, karena kurangnya mekanisme sanksi internasional, insentif untuk memenuhi komitmen global perlu didapatkan secara domestik melalui keuntungan lokal yang terkonsentrasi, seperti udara yang lebih bersih, transfer teknologi, dan ketahanan energi.

Tindakan iklim sedang berlangsung. Berbagai negara telah menunjukkan tingkat komitmen dan kinerja yang berbeda-beda dalam mengurangi emisi. Negara-negara kecil—yang secara teoretis seharusnya memiliki insentif untuk “menumpang secara gratis” karena peran mereka yang sangat sedikit dalam pengurangan emisi global—sejauh ini telah melakukan tindakan yang lebih agresif daripada para pemain besar. Di beberapa negara, langkah-langkah subnasional dan respons kebijakan yang dibuat sendiri telah memengaruhi kebijakan nasional dan posisi negara tersebut di arena internasional. Sementara itu, sektor swasta menunjukkan bahwa praktik-praktik lama dapat memberi jalan kepada visi baru (Kotak 8.12).

Membalikkan inersia institusional yang membatasi kebijakan iklim membutuhkan perubahan-perubahan fundamental dalam menerjemahkan

KOTAK 8.12 *Sektor swasta sedang mengubah praktik-praktik, meskipun tanpa legislasi nasional sekalipun*

Pelaku sektor swasta telah meningkatkan tindakan mereka untuk mengurangi emisi gas rumah kaca, bahkan di negara yang kekurangan legislasi perubahan iklim yang komprehensif. Meningkatnya jumlah perusahaan telah mengakibatkan sasaran emisi dan standar pelaporan sukarela. Pada tahun 2008, sebanyak 57 resolusi pemangku kepentingan yang terkait iklim disahkan di ruang rapat AS—sesuatu yang telah berlipat ganda selama lima tahun terakhir ini. Dukungan terhadap langkah-langkah ini secara rata-rata telah mencapai lebih dari 23 persen di antara para pemangku kepentingan—lagi-lagi menjadi rekor tertinggi.

Perusahaan-perusahaan intensif karbon juga telah berkumpul untuk membahas strategi untuk memitigasi perubahan iklim. Pada awal

tahun 2009, Climate Action Partnership AS, aliansi yang terdiri dari lebih dari dua lusin perusahaan penyumbang gas rumah kaca terbanyak dan beberapa organisasi nonpemerintah, menetapkan rencana bersama untuk tindakan legislatif federal yang mengharuskan pengurangan 80 persen dari tingkat emisi 2005 pada tahun 2050. Business Roundtable, asosiasi perusahaan-perusahaan besar AS, telah membuat panduan untuk meningkatkan produksi energi konservasi, efisiensi, dan domestik antara sekarang dan 2025. Prince of Wales International Business Leaders Forum, organisasi independen yang mendukung lebih dari 100 pebisnis besar dunia, meluncurkan program Business dan Environment dalam upaya memecahkan dampak perubahan iklim pada operasi dan liabilitas bisnis.

Hal ini mendorong semua industri untuk mengubah praktik-praktiknya. Pada Maret 2009, asosiasi asuransi AS menerapkan persyaratan yang baru pernah ada bahwa semua penjamin harus mengevaluasi risiko perubahan iklim yang terdapat pada perusahaan yang mereka jamin dan memperlihatkan rencana untuk mengelola risiko yang berhubungan dengan perubahan iklim tersebut. Secara serupa, industri investasi pendanaan sedang bergerak untuk meningkatkan keterbukaan risiko iklim pada perusahaan yang diperdagangkan secara publik, sambil mempromosikan investasi cerdas iklim.

Sumber: Tim Laporan Pembangunan Dunia.

informasi dan mengambil keputusan. Serangkaian tindakan dapat dilakukan secara domestik oleh pemerintah nasional dan subnasional, begitu juga oleh sektor swasta, media, dan komunitas ilmiah. Walaupun menetapkan rezim iklim internasional yang efektif merupakan pekerjaan yang ada justifikasinya, hal ini tidak seharusnya menimbulkan sikap tunggu-dan-lihat—sehingga menambah inersia dan membatasi respons.

Catatan

1. North 1990.
2. Soderholm 2001.
3. Sehring 2006.
4. Foa 2009.
5. Gardner dan Stern 2008.
6. Gardner dan Stern 2008.
7. Bannon dkk. 2007; Leiserowitz 2007; Brechin 2008; Sternman dan Sweeney 2007.
8. IPPR2008; Retallack, Lawrence, dan Lockwood 2007.
9. Wimberly 2008; Accenture 2009.
10. Norgaard 2006; Jacques, Dunlap, dan Freeman 2008.
11. Bulkeley 2000.
12. Kellstedt, Zahran, dan Vedlitz 2008.
13. Immerwahr 1999.

“Pernah memikirkan untuk emigrasi ke luar dunia? Ke Bulan, Mars, atau Venus? Akan tetapi, Bumi kita dikenal sebagai planet terindah dari semua planet yang ada. Saya masih ingin hidup di tempat yang indah ini—dengan burung-burung bernyanyi di mana-mana, aroma bunga di udara, pegunungan yang hijau, dan birunya gunung es. Jadi semuanya, marilah bekerja sama untuk melestarikan keindahan Ibu Pertiwi. Bergabunglah dengan saya sekarang untuk membuat dunia menjadi lebih baik.”

— Gisselle Lau Ching Yue, China, umur 9



14. Krosnick dkk. 2006.
15. Boykoff dan Mansfield 2008.
16. Oreskes 2004; Krosnick 2008.
17. Miller 2008.
18. Bostrom dkk. 1994.
19. Bazerman 2006.
20. Sternman dan Sweeney 2007.
21. Ornstein dan Ehrlich 2000; Weber 2006.
22. Repetto 2008.
23. Moser dan Dilling 2007; Nisbet dan Myers 2007.
24. Maslow 1970.
25. Olson 1965; Hardin 1968; Ostrom 2009.
26. Irwin 2009.
27. Winter dan Koger 2004.
28. Sandvik 2008.
29. O'Connor dkk. 2002; Kellstedt, Zahran, dan Vedlitz 2008; Norgaard 2006; Moser dan Dilling 2007; Dunlap 1998.
30. Norgaard 2009.
31. Ward 2008.
32. Krosnick 2008.
33. Kallbekken, Kroll, dan Cherry 2008.
34. Swallow dkk. 2007.
35. Clifford Chance 2007.
36. Romm dan Ervin 1996.
37. Roland-Holst 2008.
38. Laitner dan Finman 2000.
39. Cialdini dan Goldstein 2004; Griskevicius 2007.
40. A. Corner, "Barack Obama's Hopes of Change Are All in the Mind." *The Guardian*, 27 November 2008.
41. Irwin 2009.
42. Irwin 2009.
43. Layard 2005.
44. Sterner 2003.
45. World Bank 1992; World Bank 1997; World Bank 2002.
46. Wade 1990.
47. Stern 2006.
48. Haites 2008.
49. Janicke 2001.
50. Giddens 2008.
51. Bernauer dan Koubi 2006.
52. Meadowcroft 2009.
53. Birkland 2006.
54. Bazerman 2006.
55. OECD 2003.
56. Bazerman 2006.
57. Doern dan Gattinger 2003.
58. Alber dan Kern 2008.
59. Estache 2008.
60. Kunkel, Jacob, dan Busch 2006.
61. IMF 2008.
62. Kunkel, Jacob, dan Busch 2006.
63. Congleton 1992; Congleton 1996.
64. Barrett dan Graddy 2000.
65. Torras dan Boyce 1998.
66. Congleton 2001; Schneider, Leifeld, dan Malang 2008.
67. Rowell 1996; Vaughn-Switzer 1997.
68. Bättig dan Bernauer 2009.
69. Compston dan Bailey 2008.
70. Bättig dan Bernauer 2009.
71. Bättig dan Bernauer 2009.
72. Sprinz 2008.
73. Schmidlein, Finch, dan Cutter 2008; Garrett dan Sobel 2002.
74. Birkland 2006.
75. Dolsak 2001.
76. Agrawala dan Fankhauser 2008.
77. Compston dan Bailey 2008.
78. Ekins dan Dresner 2004.
79. Birkland 2006.
80. Compston dan Bailey 2008.
81. Kerr 2006.
82. "A Major Setback for Clean Air," *New York Times*, July 16, 2008.
83. Janicke 2001.
84. Tsebelis 2002.

85. Dolsak 2001.
86. Vogel 2005; Bernauer dan Caduff 2004; Bernauer 2003.
87. IMF 2008.
88. Kydland dan Prescott 1977; Sprinz 2008.
89. Matisoff 2008.
90. Davenport 2008; Kunkel, Jacob, dan Busch 2006; Dolsak 2001; Cass 2005.

Referensi

- Accenture. 2009. *Shifting the Balance from Intention to Action: Low Carbon, High Opportunity, High Performance*. New York: Accenture.
- Agrawala, S., and S. Fankhauser. 2008. *Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Costs, Benefits and Policy Instruments*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Alber, G., and K. Kern. 2008. "Governing Climate Change in Cities: Modes of Urban Climate Governance in Multi-level Systems." Paper presented at the OECD Conference on Competitive Cities and Climate Change, Milan, October 9–10.
- Anderson, M. G., and E. A. Holcombe. 2007. "Reducing Landslide Risk in Poor Housing Areas of the Caribbean: Developing a New Government-Community Partnership Model." *Journal of International Development* 19: 205–21.
- Bannon, B., M. DeBell, J. A. Krosnick, R. Kopp, and P. Aldous. 2007. "Americans' Evaluations of Policies to Reduce Greenhouse Gas Emissions." Technical paper, Stanford University, Palo Alto, CA.
- Barrett, S., and K. Graddy. 2000. "Freedom, Growth and the Environment." *Environment and Development Economics* 5 (4): 433–56.
- Bättig, M. B., and T. Bernauer. 2009. "National Institutions and Global Public Goods: Are Democracies More Cooperative in Climate Change Policy?" *International Organization* 63 (2): 1–28.
- Bazerman, M. 2006. "Climate Change as a Predictable Surprise." *Climatic Change* 77: 179–93.
- Bernauer, T. 2003. *Genes, Trade, and Regulation: The Seeds of Conflict in Food Biotechnology*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Bernauer, T., and L. Caduff. 2004. "In Whose Interest? Pressure Group Politics, Economic Competition and Environmental Regulation." *Journal of Public Policy* 24 (1): 99–126.
- Bernauer, T., and V. Koubi. 2006. "States as Providers of Public Goods: How Does Government Size Affect Environmental Quality?" Working Paper 14, Center for Comparative and International Studies, Zurich.
- Birkland, T. A. 2006. *Lessons from Disaster: Policy Change after Catastrophic Events*. Washington, DC: Georgetown University Press.
- Bostrom, A., M. G. Morgan, B. Fischhoff, and D. Read. 1994. "What Do People Know about Global Climate Change? Mental Models." *Risk Analysis* 14 (6): 959–70.
- Boykoff, M., and M. Mansfield. 2008. "Ye Olde Hot Aire: Reporting on Human Contributions to Climate Change in the U.K. Tabloid Press." *Environmental Research Letters* 3: 1–8.

- Brechin, S. R. 2008. "Ostriches and Change: A Response to Global Warming and Sociology." *Current Sociology* 56 (3): 467–74.
- BTS (Bureau of Transportation Statistics). 2008. *Key Transportation Indicators November 2008*. Washington, DC: U. S. Department of Transportation.
- Bulkeley, H. 2000. "Common Knowledge? Public Understanding of Climate Change in Newcastle, Australia." *Public Understanding of Science* 9: 313–33.
- Cass, L. 2005. "Measuring the Domestic Salience of International Environmental Norms: Climate Change Norms in German, British, and American Climate Policy Debates." Paper presented at the International Studies Association, Honolulu.
- Cialdini, R. B., and N. J. Goldstein. 2004. "Social Influence: Compliance and Conformity." *Annual Review Psychology* 55: 591–621.
- Clifford Chance. 2007. *Climate Change: A Business Response to a Global Issue*. London: Clifford Chance.
- Compston, H., and I. Bailey. 2008. *Turning Down the Heat: The Politics of Climate Policy in Affluent Democracies*. Basingstoke, UK: Palgrave Macmillan.
- Congleton, R. D. 1992. "Political Regimes and Pollution Control." *Review of Economics and Statistics* 74: 412–21.
- . 1996. *The Political Economy of Environmental Protection*. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press.
- . 2001. "Governing the Global Environmental Commons: The Political Economy of International Environmental Treaties and Institutions." In *Globalization and the Environment*, ed. G. G. Schulze and H. W. Ursprung. New York: Oxford University Press.
- Davenport, D. 2008. "The International Dimension of Climate Policy." In *Turning Down the Heat: The Politics of Climate Policy in Affluent Democracies*, ed. H. Compston and I. Bailey. Basingstoke, UK: Palgrave Macmillan.
- Doern, G. B., and M. Gattinger. 2003. *Power Switch: Energy Regulatory Governance in the 21st Century*. Toronto: University of Toronto Press.
- Dolsak, N. 2001. "Mitigating Global Climate Change: Why Are Some Countries More Committed than Others?" *Policy Studies Journal* 29 (3): 414–36.
- Dunlap, R. E. 1998. "Lay Perceptions of Global Risk: Public Views of Global Warming in Cross-National Context." *International Sociology* 13: 473–98.
- EIA (Energy Information Administration). 2009. *Annual Energy Outlook 2009*. Washington, DC: EIA.
- Ekins, P., and S. Dresner. 2004. *Green Taxes and Charges: Reducing their Impact on Low-income Households*. York, UK: Joseph Rowntree Foundation.
- EPA (Environmental Protection Agency). 2009. *Draft Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990–2007*. Washington, DC: EPA.
- Estache, A. 2008. "Decentralized Environmental Policy in Developing Countries." World Bank, Washington, DC.
- Esty, D. C., M. A. Levy, C. H. Kim, A. de Sherbinin, T. Srebotnjak,

- and V. Mara. 2008. *Environmental Performance Index*. New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law and Policy.
- Foa, R. 2009. "Social and Governance Dimensions of Climate Change: Implications for Policy." Policy Research Working Paper 4939, World Bank, Washington, DC.
- Gardner, G. T., and P. C. Stern. 2008. "The Short List: The Most Effective Actions U.S. Households Can Take to Curb Climate Change." *Environment Magazine*.
- Garrett, T. A., and R. S. Sobel. 2002. "The Political Economy of FEMA Disaster Payments." Working Paper 2002-01 2B, Federal Reserve Bank of St. Louis.
- Gautier, C., K. Deutsch, and S. Rebich. 2006. "Misconceptions about the Greenhouse Effect." *Journal of Geoscience Education* 54 (3): 386–95.
- Giddens, A. 2008. *The Politics of Climate Change: National Responses to the Challenge of Global Warming*. Cambridge, UK: Polity Press.
- Griskevicius, V. 2007. "The Constructive, Destructive, and Reconstructive Power of Social Norms." *Psychological Science* 18 (5): 429–34.
- Haites, E. 2008. "Investment and Financial Flows Needed to Address Climate Change." Breaking the Climate Deadlock Briefing Paper, The Climate Group, London.
- Hardin, G. 1968. "The Tragedy of the Commons." *Science* 162: 1243–48.
- Hungerford, H., and T. Volk. 1990. "Changing Learner Behavior through Environmental Education." *Journal of Environmental Education* 21: 8–21.
- ICCT (International Council on Clean Transportation). 2007. *Passenger Vehicle Greenhouse Gas and Fuel Economy Standard: A Global Update*. Washington, DC: San Francisco: ICCT.
- IMF (International Monetary Fund). 2008. *Fuel and Food Price Subsidies: Issues and Reform Options*. Washington, DC: IMF.
- Immerwahr, J. 1999. *Waiting for a Signal: Public Attitudes toward Global Warming, the Environment and Geophysical Research*. New York: Public Agenda.
- IPPR (Institute for Public Policy Research). 2008. *Engagement and Political Space for Policies on Climate Change*. London: IPPR.
- Irwin, T. 2008. "Implications for Climate Change Policy of Research on Cooperation in Social Dilemma." Policy Research Working Paper 5006, World Bank, Washington, DC.
- Jacques, P., R. Dunlap, and M. Freeman. 2008. "The Organisation of Denial: Conservative Think Tanks and Environmental Skepticism." *Environmental Politics* 17 (3): 349–85.
- Janicke, M. 2001. "No Withering Away of the Nation State: Ten Theses on Environmental Policy." In *Global Environmental Change and the Nation State: Proceedings of the 2001 Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change*, ed. F. Biermann, R. Brohm, and K. Dingwert. Berlin: Potsdam Institute for Climate Impact Research.
- Kahneman, D., and A. Tversky. 1979. "Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk." *Econometrica* 47: 263–91.

- Kallbekken, S., S. Kroll, and T. L. Cherry. 2008. "Do You Not Like Pigou, or Do You Not Understand Him? Tax Aversion and Earmarking in the Lab." Paper presented at the Oslo Seminars in Behavioral and Experimental Economics, Department of Economics, University of Oslo.
- Kastens, K. A., and M. Turrin. 2006. "To What Extent Should Human/Environment Interactions Be Included in Science Education?" *Journal of Geoscience Education* 54 (3): 422–36.
- Kaufman, D., A. Kraay, and M. Mastruzzi. 2007. *World Governance Indicators 2007*. Washington, DC: World Bank.
- Kellstedt, P., S. Zahran, and A. Vedlitz. 2008. "Personal Efficacy, the Information Environment, and Attitudes toward Global Warming and Climate Change in the United States." *Risk Analysis* 28 (1): 113–26.
- Kerr, S. 2006. "The Political Economy of Structural Reform in Natural Resource Use: Observations from New Zealand." Paper presented at the National Economic Research Organizations meeting, Paris.
- Krosnick, J. 2008. "The American Public's Views of Global Climate Change and Potential Amelioration Strategies." *World Development Report 2010 Seminar Series*, presentation, World Bank, Washington, DC.
- Immerwahr
- Krosnick, J., A. Holbrook, L. Lowe, and P. Visser. 2006. "The Origins and Consequences of Democratic Citizen's Policy Agendas: A Study of Popular Concern about Global Warming." *Climate Change* 77: 7–43.
- Kunce, M., and J. F. Shogren. 2005. "On Interjurisdictional Competition and Environmental Federalism." *Journal of Environmental Economics and Management* 50: 212–24.
- Kunkel, N., K. Jacob, and P.-O. Busch. 2006. "Climate Policies: (The Feasibility of) a Statistical Analysis of their Determinants." Paper presented at the Human Dimensions of Global Environmental Change, Berlin.
- Kydland, F. E., and E. C. Prescott. 1977. "Rules rather than Discretion: The Inconsistency of Optimal Plan." *Journal of Political Economy* 85 (3): 473–91.
- Laitner, J., and H. Finman. 2000. *Productivity Benefits from Industrial Energy Efficiency Investments*. Washington, DC: EPA Office of the Atmospheric Programs.
- Layard, R. 2005. *Happiness: Lessons from a New Science*. London: Penguin.
- Leiserowitz, A. 2007. "Public Perception, Opinion and Understanding of Climate Change: Current Patterns, Trends and Limitations." Occasional Paper for the *Human Development Report 2007/2008*, United Nations Development Programme, New York.
- Lorenzoni, I., S. Nicholson-Cole, and L. Whitmarsh. 2007. "Barriers Perceived to Engaging with Climate Change among the UK Public and Their Policy Implications." *Global Environmental Change* 17: 445–59.
- Lutsey, N., and D. Sperling. 2008. "America's Bottom-up Climate Change Mitigation Policy." *Energy Policy* 36: 673–85.
- Maslow, A. H. 1970. *Motivation and Personality*. New York: Harper & Row.

- Matisoff, D. C. 2008. "The Adoption of State Climate Change Policies and Renewable Portfolio Standards." *Review of Policy Research* 25: 527–46.
- Meadowcroft, J. 2009. "Climate Change Governance." Policy Research Working Paper 4941, World Bank, Washington, DC.
- Miller, D. 2008. "What's Wrong with Consumption?" University College London, London.
- Moser, S. C., and L. Dilling. 2007. *Creating a Climate for Change: Communicating Climate Change and Facilitating Social Change*. New York: Cambridge University Press.
- Moxnes, E., and A. K. Saysel. 2009. "Misperceptions of Global Climate Change: Information Policies." *Climatic Change* 93 (1–2): 15–37.
- Nisbet, M. C., and T. Myers. 2007. "Twenty Years of Public Opinion about Global Warming." *Public Opinion Quarterly* 71 (3): 444–70.
- Norgaard, K. M. 2006. "People Want to Protect Themselves a Little Bit: Emotions, Denial, and Social Movement Nonparticipation." *Sociological Inquiry* 76: 372–96.
- . 2009. "Cognitive and Behavioral Challenges in Responding to Climate Change." Policy Research Working Paper 4940, World Bank, Washington, DC.
- North, D. C. 1990. *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Oats, W. E., and P. R. Portney. 2003. "The Political Economy of Environmental Policy." In *Handbook of Environmental Economics*, ed. K. G. Maler and J. R. Vincent. Amsterdam: Elsevier Science B.V.
- O'Connor, R., R. J. Bord, B. Yarnal, and N. Wiefek. 2002. "Who Wants to Reduce Greenhouse Gas Emissions?" *Social Science Quarterly* 83 (1): 1–17.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2003. *Harmonizing Donor Practices for Effective Aid Delivery*. Paris: OECD.
- Olson, M. 1965. *The Logic of Collective Action*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Oreskes, N. 2004. "Beyond the Ivory Tower: The Scientific Consensus on Climate Change." *Science* 306 (5702): 1686.
- Ornstein, R., and P. Ehrlich. 2000. *New World, New Mind: Moving toward Conscious Evolution*. Cambridge, MA: Malor Books.
- Osborne, D. 1988. *Laboratories of Democracy: A New Breed of Governor Creates Models for National Growth*. Boston: Harvard Business School Press.
- Ostrom, E. 2009. "A Polycentric Approach for Coping with Climate Change." Background paper for the WDR2010.
- Patt, A. G., and D. Schröter. 2008. "Climate Risk Perception and Challenges for Policy Implementation: Evidence from Stakeholders in Mozambique." *Global Environmental Change* 18: 458–67.
- Rabe, B. G. 2002. *Greenhouse and Statehouse: The Evolving State Government Role in Climate Change*. Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change.
- . 2006. *Race to the Top: The Expanding Role of U.S. State Renewable Portfolio Standards*.

- Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change.
- Repetto, R. 2008. "The Climate Crisis and the Adaptation Myth." Yale School of Forestry and Environmental Studies Working Paper 13, Yale University, New Haven, CT.
- Retallack, S., T. Lawrence, and M. Lockwood. 2007. *Positive Energy: Harnessing People Power to Prevent Climate Change*. London: Institute for Public Policy Research.
- Roland-Holst, D. 2008. *Energy Efficiency, Innovation, and Job Creation in California*. Berkeley, CA: Center for Energy, Resources, and Economic Sustainability, University of California at Berkeley.
- Romm, J. J., and C. A. Ervin. 1996. "How Energy Policies Affect Public Health." *Public Health Reports* 111 (5): 390–99.
- Rowell, A. 1996. *Green Backlash: Global Subversion of the Environmental Movement*. London: Routledge.
- Sandvik, H. 2008. "Public Concern over Global Warming Correlates Negatively with National Wealth." *Climatic Change* 90 (3): 333–41.
- Schmidtlein, M. C., C. Finch, and S. L. Cutter. 2008. "Disaster Declarations and Major Hazard Occurrences in the United States." *Professional Geographer* 60 (1): 1–14.
- Schneider, V., P. Leifeld, and T. Malang. 2008. "Coping with Creeping Catastrophes: The Capacity of National Political Systems in the Perception, Communication and Solution of Slow-moving and Long-term Policy Problems." Paper presented at the Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change: "Long-Term Policies: Governing Social-Ecological Change," Berlin, Feb. 22–23.
- Sehring, J. 2006. "The Politics of Water Institutional Reform: A Comparative Analysis of Kyrgyzstan and Tajikistan." Paper presented at the Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change: "Resource Policies: Effectiveness, Efficiency and Equity," Berlin, November 17–18.
- Soderholm, P. 2001. "Environmental Policy in Transition Economies: Will Pollution Charges Work?" *Journal of Environment Development* 10 (4): 365–90.
- Sprinz, D. F. 2008. "Responding to Long-term Policy Challenges: Sugar Daddies, Airbus Solution or Liability?" *Ökologisches Wirtschaften* 2: 16–19.
- Stern, N. 2006. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Sterner, T. 2003. *Policy Instruments for Environmental and Natural Resources Management*. Washington, DC: Resources for the Future.
- Sternman, J. D., and L. B. Sweeney. 2007. "Understanding Public Complacency about Climate Change: Adults' Mental Models of Climate Change Violate Conservation of Matter." *Climatic Change* 80 (3–4): 213–38.
- Swallow, B., M. van Noordwijk, S. Dewi, D. Murdiyarso, D. White, J. Gockowski, G. Hyman, S. Budidarsono, V. Robiglio, V. Meadu, A. Ekadinata, F. Agus, K. Hairiah, P. Mbile, D. J. Sonwa, and S. Weise. 2007. *Opportunities*

- for Avoided Deforestation with Sustainable Benefits. Nairobi: ASB Partnership for the Tropical Forest Margins.
- Torras, M., and J. K. Boyce. 1998. "Income, Inequality and Pollution: A Reassessment of the Environmental Kuznets Curve." *Ecological Economics* 25 (2): 147–60.
- Tsebelis, G. 2002. *Veto Players: How Political Institutions Work*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Tversky, A., and D. Kahneman. 1974. "Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases." *Science* 211: 1124–31.
- Vaughn-Switzer, J. 1997. *Environmental Politics*. London: St. Martin's Press.
- Vogel, D. 2005. *The Market for Virtue: The Potential and Limits of Corporate Social Responsibility*. Washington, DC: Brookings Institution Press.
- Wade, R. 1990. *Governing the Market*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Ward, B. 2008. *Communicating on Climate Change: An Essential Resource for Journalists, Scientists, and Educators*. Narragansett, RI: Metcalf Institute for Marine and Environmental Reporting, University of Rhode Island Graduate School of Oceanography.
- Weber, E. U. 2006. "Experience-Based and Description-Based Perceptions of Long-Term Risk: Why Global Warming Does Not Sare Us (Yet)." *Climatic Change* 77: 103–20.
- Wimberly, J. 2008. *Climate Change and Consumers: The Challenge Ahead*. Washington, DC: EcoAlign.
- Winter, D. D., and S. M. Koger. 2004. *The Psychology of Environmental Problems*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- World Bank. 1992. *World Development Report 1992. Development and the Environment*. New York: Oxford University Press.
- . 1997. *World Development Report 1997. The State in a Changing World*. Washington, DC: World Bank.
- . 2002. *World Development Report 2002. Building Institutions for Markets*. Washington, DC: World Bank.

Catatan Bibliografis

Banyak orang di dalam dan di luar Bank Dunia telah memberikan komentar pada tim ini. Komentar-komentar yang berharga, panduan, dan kontribusi diberikan oleh Shardul Agrawala, Montek Singh Ahluwalia, Nilufar Ahmad, Kulsum Ahmed, Sadiq Ahmed, Ahmad Ahsan, Ulrika Åkesson, Mehdi Akhlaghi, Mozaharul Alam, Vahid Alavian, Harold Alderman, Sara Amiri, David Anderson, Simon Anderson, Ken Andrasko, Juliano Assunção, Giles Atkinson, Varadan Atur, Jessica Ayers, Abdulhamid Azad, Sushenjit Bandyopadhyay, Ian Bannon, Ellysar Baroudy, Rhona Barr, Scott Barrett, Wim Bastiaanssen, Daniel Benitez, Craig Bennett, Anthony Bigio, Yvan Biot, Jeppe Bjerg, Brian Blankespoor, Melinda Bohannon, Jan Bojo, Benoît Bosquet, Aziz Bouzaher, Richard Bradley, Milan Brahmhatt, Carter Brandon, Gernot Brodnig, Marjory-Anne Bromhead, Andrew Burns, Anil Cabraal, Duncan Callaway, Simon Caney, Karan Capoor, Jean-Christophe Carret, Raffaello Cervigni, Rita E. Cestti, Muyeye Chambwera, Vandana Chandra, David Chapman, Joelle Chassard, Flávia Chein Feres, Ashwini Chhatre, Kenneth Chomitz, David A. Cieslikowski, Hugh Compston, Luis Constantino, Jonathan Coony, Charles Cormier, Christophe Crepin, Richard Damania, Stephen Danyo, Michael Davis, Melissa Dell, Shantayanan Devarajan, Charles E. Di Leva, William J. Dick, Simeon Djankov, Carola Donner, Diletta Doretti, Krystel Dossou, Navroz Dubash, Hari Bansha Dulal, Mark Dutz, Jane Olga Ebinger, M. Willem van Eeghen, Nada Eissa, Siri Eriksen, Antonio Estache, James Warren Evans, Mandy Ewing, Pablo Fajnzylber, Charles Feinstein, Gene Feldman, Erick C. M. Fernandes, Daryl Fields, Christiana Figueres, Cyprian F. Fisiy, Ariel Fiszbein, Richard Fix, Paolo Frankl, Vicente Fretes Cibils,

Alan Gelb, Francis Ghesquiere, Dolf Gielen, Indermit S. Gill, Habiba Gitay, Barry Gold, Itzhak Goldberg, Jan von der Goltz, Bernard E. Gomez, Arturo Gomez Pompas, Christophe de Gouvello, Chandrasekar Govindarajalu, Margaret Grosh, Michael Grubb, Arnulf Grübler, José Luis Guasch, Eugene Gurenko, Stéphane Hallegatte, Tracy Hart, Marea Eleni Hatzios, Johannes Heister, Rasmus Heltberg, Fernando L. Hernandez, Jason Hill, Ron Hoffer, Daniel Hoornweg, Chris Hope, Nicholas Howard, Rafael de Hoyos, Veronika Huber, Vijay Iyer, Michael Friis Jensen, Peter Johansen, Todd Johnson, Torkil Jonch-Clausen, Benjamin F. Jones, Ben Jones, Frauke Jungbluth, John David Kabasa, Ravi Kanbur, Tom Karl, Benjamin S. Karmorh, George Kasali, Roy Katayama, Andrzej Kędziora, Michael Keen, Kieran Kelleher, Claudia Kemfert, Karin E. Kemper, Qaiser Khan, Euster Kibona, Richard Klein, Masami Kojima, Auguste Tano Kouamé, Jarl Krausing, Holger A. Kray, Alice Kuegler, Norman Kuring, Yevgeny Kuznetsov, Christina Lakatos, Julian A. Lampietti, Perpetua Latasi, Judith Layzer, Danny Leipziger, Robert Lempert, Darius Lilaoonwala, James A. Listorti, Feng Liu, Bertrand Loiseau, Laszlo Lovei, Magda Lovei, Susanna Lundstrom, Kathleen Mackinnon, Marília Magalhães, Olivier Mahul, Ton Manders, McKinsey & Company (Jeremy Oppenheim, Jens Dinkel, Per-Anders Enkvist, and Biniam Gebre), Marília Telma Manjate, Michael Mann, Sergio Margulis, Will Martin, Ursula Martinez, Michel Matera, J. M. Mauskar, Siobhan McInerney-Lankford, Robin Mearns, Malte Meinshausen, Abel Mejía, Stephen Mink, Rogerio de Miranda, Lucio Monari, Paul Moreno López, Roger Morier, Richard Moss, Valerie Müller, Robert Muir-Wood, Enrique

Murgueitio Restrepo, Siobhan Murray, Everhart Nangoma, Mudit Narain, John Nash, Vikram Nehru, Dan Nepstad, Michele de Nevers, Ken Newcombe, Brian Ngo, Carlo del Ninno, Andy Norton, Frank Nutter, Erika Odendaal, Ellen Olafsen, Ben Olken, Sanjay Pahuja, Alessandro Palmieri, Gajanand Pathmanathan, Nicolas Perrin, Chris Perry, Djordjija Petkoski, Tanyathon Phetmanee, Henry Pollack, Joanna Post, Neeraj Prasad, Tovondriaka Rakotobe, Nithya Ramanathan, V. Ramanathan, Nicola Ranger, Dilip Ratha, Keywan Riahi, Richard Richels, Brian Ricketts, Jeff Ritchie, Konrad von Ritter, David Rogers, Mattia Romani, Joyashree Roy, Eduardo Paes Saboia, Claudia Sadoff, Salman Salman, Jamil Salmi, Klas Sandler, Apurva Sanghi, Shyam Saran, Ashok Sarkar, John Scanlon, Hartwig Schäfer, Imme Scholz, Sebastian Scholz, Claudia Sepúlveda, Diwesh Sharan, Bernard Sheahan, Susan Shen, Xiaoyu Shi, Jas Singh, Emmanuel Skoufias, Leopold Some, Richard Spencer, Frank Sperling, Sir Nicholas Stern, Thomas Sterner, Andre Stochniol, Rachel Strader, Charlotte Streck, Ashok Subramanian, Vivek Suri, Joanna Syroka, Mark Tadross, Patrice Talla Takoukam, Robert P. Taylor, Dipti Thapa, Augusto de la Torre, Jorge E. Uquillas Rodas, Maria Vagliasindi, Hector Valdes, Rowena A. Valmonte-Santos, Trond Vedeld, Victor Vergara, Walter Vergara, Tamsin Vernon, Juergen Voegelé, Paul Waide, Alfred Jay Watkins, Kevin Watkins, Charlene Watson, Sam Wedderburn, Bill Westermeyer, David Wheeler, Johannes Woelcke, Henning Wuester, Winston Yu, Shahid Yusuf, N. Robert Zagha, Sumaya Ahmed Zakieldean, and Jürgen Zattler.

Kami sangat berterima kasih kepada setiap orang di seluruh dunia yang berpartisipasi dalam konsultasi dan memberikan komentar mereka. Selain itu, kami mengucapkan terima kasih kepada para blogger tamu dan anggota masyarakat yang memberikan komentar pada blog kami, "Development in a Changing Climate."

Bantuan yang berharga lainnya diberikan oleh Gytis Kanchas, Polly Means, Nacer Mohamed Megherbi, Swati Mishra, Prianka Nandy, Rosita Najmi, dan Kaye Schultz. Anita Gordon, Merrell J. Tuck-Primdahl, dan Kavita Watsa yang membantu tim dengan konsultasi dan diseminasi.

Meskipun ada berbagai upaya untuk mengompilasikan suatu daftar yang komprehensif, mungkin saja beberapa orang yang memberikan kontribusi secara tidak sengaja tertinggal. Tim ini meminta maaf untuk segala hal yang tidak sengaja terlewatkan dan tetap menghaturkan

rasa terima kasihnya kepada semua orang yang telah berkontribusi terhadap Laporan ini.

Laporan ini mengambil sumber dari banyak sekali dokumen Bank Dunia dan juga sumber luar. Laporan latar belakangnya yang dikomisikan untuk Laporan ini tersedia di World Wide Web www.worldbank.org/wdr210 atau melalui kantor World Development Report. Pandangan-pandangan yang diutarakan dalam laporan-laporan ini tidak secara otomatis merupakan pandangan dari Bank Dunia atau dari Laporan ini.

Laporan latar belakang

Atkinson, Giles, Kirk Hamilton, Giovanni Ruta, dan Dominique van der Mensbrugghe. "Trade in 'Virtual Carbon': Empirical Results and Implications for Policy."

Barnett, Jon, and Michael Webber. "Accommodating Migration to Promote Adaptation to Climate Change."

Benitez, Daniel, Ricardo Fuentes Nieva, Tomas Serebrisky, dan Quentin Wodon. "Assessing the Impact of Climate Change Policies in Infrastructure Service Delivery: A Note on Affordability and Access."

Brown, Casey, Robyn Meeks, Yonas Ghile, dan Kenneth Hunu. "An Empirical Analysis of the Effects of Climate Variables on National Level Economic Growth."

Caney, Simon. "Ethics and Climate Change."

Dubash, Navroz. "Climate Change Through a Development Lens."

Figueres, Christiana, dan Charlotte Streck. "Great Expectations: Enhanced Financial Mechanisms for Post-2012 Mitigation."

Foa, Roberto. "Social and Governance Dimensions of Climate Change: Implications for Policy."

Hallegatte, Stéphane, Patrice Dumas, and Jean-Charles Hourcade. "A note on the economic cost of climate change and the rationale

to limit it below 2°C."

Hourcade, Jean-Charles, dan Franck Nadaud. "Long-run Energy Forecasting in Retrospect."

Irwin, Tim. "Implications for Climate-change Policy of Research on Cooperation in Social Dilemmas."

Liverani, Andrea. "Climate Change and Individual Behavior: Considerations for Policy."

MacCracken, Mike. "Beyond Mitigation: Potential Options for Counter-Balancing the Climatic and Environmental

Consequences of the Rising Concentrations of Greenhouse Gases.”

Meadowcroft, James. “Climate Change Governance.”

Mechler, Reinhard, Stefan Hochrainer, Georg Pflug, Keith Williges, dan Alexander Lotsch. “Assessing Financial Vulnerability to Climate-Related Natural Hazards.”

Norgaard, Kari. “Cognitive and Behavioral Challenges in Responding to Climate Change.”

Ostrom, Elinor. “A Polycentric Approach for Coping with Climate Change.”

Ranger, Nicola, Robert Muir-Wood, dan Satya Priya. “Assessing Extreme Climate Hazards and Options for Risk Mitigation and Adaptation in the Developing World.”

Shalizi, Zmarak, dan Franck Lecocq. “Climate Change and the Economics of Targeted Mitigation in Sectors with Long-lived Capital Stock.”

Strand, Jon. “Revenue Management’ Effects of Climate Policy-Related Financial Flows.”

Thornton, Philip. “The Inter-linkages between Rapid Growth in Livestock Production, Climate Change, and the Impacts on Water Resources, Land Use, and Deforestation.”

Watson, Charlene, dan Samuel Fankhauser. “The Clean Development Mechanism: Too Flexible to Produce Sustainable Development Benefits?”

Catatan latar belakang

Benitez, Daniel, and Natsuko Toba. “Transactional Costs and Marginal Abatement Costs.” “Review of Energy Efficiency Policies.” “Promoting Energy Efficiency: Issues and Lessons Learned.”

Beringer, Tim, dan Wolfgang Lucht. “Second Generation Bioenergy Potential.”

Estache, Antonio. “Public Private Partnerships for Climate Change Investments: Learning from the Infrastructure PPP Experience.”

———. “What Do We Know Collectively about the Need to Deal with Climate Change?”

———. “How Should the Nexus between Economic and Environmental Regulation Work for Infrastructure Services?”

Füssel, Hans-Martin. “Review and Quantitative Analysis of Indices of Climate Change Exposure, Adaptive Capacity, Sensitivity, and Impacts.”

———. “The Risks of Climate Change: A Synthesis of New Scientific Knowledge Since the Finalization of the IPCC Fourth Assessment Report.”

Gerten, Dieter, dan Stefanie Rost. “Climate Change Impacts on Agricultural Water Stress and Impact Mitigation Potential.”

Haberl, Helmut, Karl-Heinz Erb, Fridolin Krausmann, Veronika Gaube, Simone Gingrich, dan Christof Plutzer. “Quantification of the Intensity of Global Human Use of Ecosystems for Biomass Production.”

Hamilton, Kirk. “Delayed Participation in a Global Climate Agreement.”

Harris, Nancy, Stephen Hagen, Sean Grimland, William Salas, Sassan Saatchi, dan Sandra Brown. “Improvement in Estimates of Land-Based Emissions.”

Heyder, Ursula. “Ecosystem Integrity Change as Measured by Biome Change.”

Hoornweg, Daniel, Perinaz Bhada, Mila Freire, dan Rutu Dave. “An Urban Focus—Cities and Climate Change.”

Houghton, Richard. “Emissions of Carbon from Land Management.”

Imam, Bisher. “Waters of the World.”

Lotze-Campen, Hermann, Alexander Popp, Jan Philipp Dietrich, dan Michael Krause. “Competition for Land between Food, Bioenergy, and Conservation.”

Louati, Mohamed El Hedi. “Tunisia’s Experience in Water Resource Mobilization and Management.”

Meinen-Dick, Ruth. “Community Action and Property Rights in Land and Water Management.”

Müller, Christoph, Alberte Bondeau, Alexander Popp, Katharina Waha, dan Marianela Fader. “Climate Change Impacts on Agricultural Yields.”

Rabie, Tamer, and Kulsum Ahmed. “Climate Change and Human Health.”

Ramanathan, N., I. H. Rehman, dan V. Ramanathan. “Project Surya: Mitigation of Global and Regional Climate Change: Buying the Planet Time by Reducing Black Carbon, Methane, and Ozone.”

Rogers, David. “Environmental Information Services and Development.”

Vagliasindi, Maria. “Climate Change Uncertainty, Regulation and Private Participation in Infrastructure.”

Westermeyer, William. “Observing the Climate for Development.”

Glosarium

Pengurangan/lihat mitigasi (*Abatement /see mitigation*)

Adaptasi (*Adaptation*): Penyesuaian dalam sistem alamiah atau sistem manusia, sebagai respons terhadap rangsangan atau dampak iklim yang aktual ataupun yang diperkirakan, yang mengurangi kerusakan atau mengeksploitasi kesempatan yang menguntungkan. Berbagai jenis adaptasi dapat dibedakan, termasuk antisipatif dan reaktif, otonom dan terencana, serta publik dan swasta.

Adaptation Fund: Adaptation Fund dibentuk untuk membiayai berbagai proyek dan program adaptasi yang konkret di negara-negara berkembang yang merupakan peserta dari Kyoto Protocol. Adaptation Fund dibiayai sebagian oleh perolehan dari Clean Development Mechanism (CDM) dan menerima pendanaan dari sumber-sumber lainnya.

Kapasitas adaptif (*Adaptive capacity*): Kemampuan suatu sistem untuk menyesuaikan diri terhadap perubahan iklim (termasuk variabilitas iklim dan ekstrem-ekstrem iklim) dalam rangka mengambil manfaat dari kesempatan, mengurangi kerusakan yang potensial, atau menghadapi konsekuensinya.

Manajemen adaptif (*Adaptive management*): Suatu proses sistematis untuk secara terus-menerus meningkatkan kebijakan dan praktik manajemen dengan cara belajar dari hasil-hasil kebijakan dan praktik yang sebelumnya dilakukan, melalui suatu pendekatan yang eksperimental secara eksplisit.

Adisionalitas (*Additionality*): Dalam konteks CDM, ini mengacu pada apakah offset karbon yang ditimbulkan oleh suatu proyek juga didukung oleh reduksi emisi tambahan terhadap apa yang akan terjadi apabila tidak ada insentif finansial ataupun teknis dari mekanisme CDM. Emisi dari suatu aktivitas sebagaimana yang akan muncul tanpa adanya proyek CDM menjadi garis acuan untuk mengukur adisionalitas ini. Penciptaan dan penjualan offset dari proyek CDM yang tidak memiliki adisionalitas mungkin akan meningkatkan emisi ke atmosfer, relatif terhadap emisi yang terjadi jika pembeli potensial dari offsetnya langsung mengurangi emisi mereka di tempat mereka sendiri.

Aforestasi (*Afforestation*): Menanam hutan baru pada lahan yang tidak pernah atau belakangan ini tidak pernah tertutupi hutan.

Pihak-pihak Annex I (*Annex I parties*): Pihak-pihak Annex I termasuk negara-negara industri yang merupakan anggota OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) di tahun 1992, ditambah negara-negara yang perekonomiannya sedang mengalami transisi (pihak-pihak EIT), termasuk Federasi Rusia, negara-negara Baltik, serta beberapa negara di Eropa Tengah dan Timur. Mereka telah berkomitmen untuk membatasi emisi gas-gas rumah kaca mereka. *Pihak-pihak Non-Annex-I*: Kelompok negara-negara yang kebanyakan berkembang yang tidak mempunyai komitmen seperti itu, yang telah menerima kewajiban umum untuk merumuskan dan mengimplementasikan program-program nasional pada mitigasi dan adaptasi.

Antropogenik (*Anthropogenic*): Secara langsung disebabkan oleh tindakan manusia. Sebagai contoh, membakar bahan bakar fosil untuk memasok energi yang menghasilkan emisi gas-gas rumah kaca antropogenik, sedangkan pembusukan tumbuhan secara alamiah menghasilkan emisi yang nonantropogenik.

Assigned amount units (AAUs): Total volume gas-gas rumah kaca—diukur dalam satuan ton CO₂e—yang diperbolehkan untuk dihasilkan oleh setiap negara yang menjadi anggota Annex I selama fase pertama dari Protokol Kyoto (*Kyoto Protocol*).

Rencana Aksi Bali (*Bali Action Plan*): Rencana dua tahun yang diluncurkan pada United Nations Climate Change Conference 2007 di Bali, Indonesia untuk menegosiasikan tindakan kooperatif jangka panjang terhadap perubahan iklim setelah tahun 2010 dan untuk mencapai suatu hasil yang disepakati

bersama di Denmark pada akhir 2009. Rencana ini memiliki empat pilar: mitigasi, adaptasi, pembiayaan, dan teknologi.

Keragaman hayati (*Biodiversity*): Berbagai bentuk kehidupan, termasuk gen, populasi, spesies, dan ekosistem.

Biofuel: Suatu bahan bakar yang dihasilkan dari bahan organik atau minyak bakar yang dihasilkan oleh tumbuhan. Contohnya adalah alkohol, cairan hitam dari proses produksi kertas, kayu, dan minyak kedelai. *Biofuel generasi kedua*: Produk-produk, seperti etanol dan biodiesel yang diperoleh dari bahan berkayu atau dari proses-proses kimiawi atau biologis.

Batasi dan perdagangan (*Cap and trade*): Suatu pendekatan untuk mengendalikan emisi polusi yang menggabungkan pasar dan regulasi. Suatu batas emisi keseluruhan ditentukan untuk suatu periode waktu yang spesifik dan pihak-pihak secara individu mendapatkan izin (melalui hibah atau lelang) yang memberikan hak secara hukum kepada mereka untuk mengemisikan polusi hingga batas yang mereka miliki dalam izin mereka. Semua pihak bebas untuk memperdagangkan izin emisi sehingga muncul keuntungan dari perdagangan jika pihak-pihak yang berbeda memiliki biaya pengurangan polusi yang berbeda pula.

Carbon capture and storage (CCS): Suatu proses yang mencakup pemisahan CO₂ dari sumber-sumber industri dan terkait energi, transportasi ke tempat penyimpanan, dan isolasi jangka panjang dari atmosfer.

Karbon dioksida (*Carbon dioxide*—CO₂): Suatu gas yang terbentuk secara alamiah yang juga merupakan hasil sisa pembakaran bahan bakar fosil (deposit

karbon fosil, seperti minyak, gas, dan batu bara) atau pembakaran biomassa, dari alih fungsi lahan, dan dari proses-proses industri. Mereka adalah gas rumah kaca antropogenik paling utama yang memengaruhi keseimbangan radiatif Bumi. Gas ini adalah gas acuan yang digunakan untuk mengukur gas-gas rumah kaca lainnya sehingga memiliki nilai potensial pemanasan global atau *Global Warming Potential* sebesar 1.

Karbon dioksida ekuivalen (*Carbon dioxide equivalent—CO₂e*): Suatu cara untuk menyatakan besaran dari suatu bauran dari macam-macam gas rumah kaca. Jumlah yang sama dari gas-gas rumah kaca akan menghasilkan kontribusi yang berbeda terhadap pemanasan global; misalnya, emisi metana ke atmosfer berdampak pemanasan 20 kali lipat daripada jumlah CO₂ yang sama, baik emisi (aliran) maupun konsentrasi (cadangan) dari gas-gas rumah kaca dapat dinyatakan dalam CO₂e. Suatu jumlah dari gas-gas rumah kaca juga dapat dinyatakan dalam karbon ekuivalen dengan cara mengalikan jumlah CO₂e dengan 12/44.

Fertilisasi karbon (*Carbon fertilization*): Peningkatan pertumbuhan tanaman sebagai hasil dari meningkatnya konsentrasi karbon dioksida (CO₂) yang meningkat di atmosfer. Bergantung pada mekanisme fotosintesisnya, beberapa jenis tumbuhan lebih sensitif terhadap perubahan dalam konsentrasi CO₂ di atmosfer.

Jejak karbon (*Carbon footprint*): Jumlah emisi karbon yang terkait dengan suatu aktivitas atau semua aktivitas dari seseorang atau suatu organisasi. Jejak karbon dapat diukur dalam berbagai cara dan mungkin akan menyertakan

emisi tidak langsung yang diciptakan di sepanjang rantai produksi dari input menjadi aktivitas.

Intensitas karbon (*Carbon intensity*): Pada umumnya, jumlah emisi karbon di seluruh perekonomian atau unit CO₂e per unit PDB, atau dengan kata lain, intensitas karbon dari PDB. Dapat juga mengacu pada karbon yang diemisikan per dolar produksi kotor atau dolar nilai tambah dari suatu perusahaan atau sektor. Hal ini juga digunakan untuk menjelaskan jumlah karbon yang diemisikan per unit energi atau bahan bakar yang digunakan, bauran yang bergantung pada sumber energi, bauran bahan bakar, dan efisiensi teknologinya. Intensitas karbon dari PDB adalah hasil dari rata-rata intensitas karbon dari energi di seluruh perekonomian, dikalikan dengan intensitas energi dari PDB.

Penguncian karbon (*Carbon lock-in*): Tindakan-tindakan yang membuat suatu tingkat emisi karbon berlangsung sepanjang masa. Contohnya adalah ekspansi jalan dan jalan raya yang cenderung akan mengunci emisi karbon dari bahan bakar fosil untuk beberapa dekade ke depan, kecuali terdapat kebijakan yang membatasi penggunaan bahan bakar atau mengendalikan penggunaan kendaraan.

Gudang karbon (*Carbon sink*): Proses, aktivitas, atau mekanisme yang menghilangkan karbon dioksida dari atmosfer. Hutan dan tumbuhan lain dianggap sebagai gudang karbon karena mereka menghilangkan karbon dioksida dari atmosfer melalui fotosintesis.

Clean Development Mechanism (CDM): Suatu mekanisme di bawah Protokol Kyoto yang melaluinya negara-negara maju dapat membiayai proyek reduksi

atau penghilangan emisi gas-gas rumah kaca di negara-negara berkembang sehingga memperoleh kredit untuk melakukannya, yang dapat mereka gunakan untuk mencapai batasan yang diwajibkan atas emisi mereka sendiri. CDM memungkinkan proyek-proyek reduksi emisi gas-gas rumah kaca untuk terjadi di negara-negara yang merupakan peserta, namun tidak memiliki sasaran emisi di bawah Protokol Kyoto.

Sensitivitas iklim (*Climate sensitivity*): Perubahan dalam temperatur permukaan global rata-rata sebagai respons dari meningkatnya konsentrasi CO₂e di atmosfer sebanyak dua kali lipat. Suatu parameter kunci untuk menerjemahkan emisi yang diproyeksikan menjadi proyeksi tentang pemanasan dan juga dampak-dampaknya.

Penggunaan air secara konsumtif (*Consumptive use of water*): Air diambil dari pasokan-pasokan yang tersedia tanpa kembali ke suatu sistem sumber air (sebagai contoh, air digunakan dalam proses manufaktur, pertanian, dan persiapan makanan yang tidak dikembalikan ke sungai atau tempat penanganan air).

Kapasitas bertahan (*Coping capacity*): Kemampuan masyarakat, organisasi, dan sistem menggunakan keahlian dan sumber daya yang tersedia untuk menghadapi dan mengelola kondisi-kondisi tidak menguntungkan, kondisi darurat, atau bencana. Mengacu pada kapasitas jangka pendek dalam merespons suatu peristiwa, sedangkan kapasitas adaptif mengacu pada kemampuan jangka panjang untuk melakukan perubahan sistematis untuk mengurangi dampak perubahan iklim.

Fungsi kerusakan (*Damage function*): Di dalam konteks perubahan iklim, hubungan antara perubahan dalam iklim dan reduksi dalam produksi atau konsumsi, atau kerugian atas aset (secara potensial juga melibatkan ekosistem atau kesehatan manusia).

Biaya beban mati (*Deadweight loss*): Suatu biaya yang tidak menghasilkan manfaat.

Tingkat diskon (*Discount rate*): Tingkat seseorang atau suatu perusahaan mempertukarkan konsumsi atau kesejahteraan sekarang versus konsumsi atau kesejahteraan masa depan, biasanya dinyatakan sebagai suatu persentase.

Penurunan skala (*Downscaling*): Suatu metode yang menurunkan informasi berskala lokal hingga regional (10 hingga 100 km) dari model proyeksi iklim atau analisis data berskala besar (200+ km). Penurunan skala secara dinamis menggunakan model-model beresolusi tinggi untuk suatu daerah tertentu yang dijalankan di dalam suatu model global berskala besar; penurunan skala secara statistik menggunakan hubungan-hubungan statistik yang menghubungkan variabel atmosferis berskala besar dengan variabel iklim lokal atau regional.

Sistem peringatan dini (*Early warning system*): Suatu mekanisme untuk menghasilkan atau mendiseminasikan informasi peringatan yang tepat waktu dan bermakna untuk memampukan orang, komunitas, dan organisasi yang terancam bahaya untuk bersiap-siap dan bertindak secara tepat dan dalam waktu yang cukup untuk mengurangi kemungkinan kerusakan atau kerugian.

Layanan ekosistem (*Ecosystem services*): Proses atau fungsi ekosistem

yang bernilai bagi seseorang atau masyarakat, misalnya penyediaan makanan, pemurnian air, dan kesempatan rekreasi.

Evapotranspirasi (*Evapotranspiration*): Suatu bagian penting dari siklus air, yaitu gabungan dari proses penguapan dari permukaan Bumi (dari sumber-sumber, seperti tanah dan air) dan pernapasan dari tumbuhan (hilangnya air sebagai uap air dari tumbuhan, khususnya dari daunnya).

Degradasi hutan (*Forest degradation*): Reduksi dalam biomassa hutan melalui cara-cara panen atau pemanfaatan lahan yang tidak berkelanjutan, termasuk penebangan hutan, pembakaran hutan, dan gangguan antropogenik lainnya.

Rekayasa kebumihan (*Geoengineering*): Rekayasa kebumihan adalah rekayasa berskala besar dari lingkungan untuk memerangi atau menghadapi dampak-dampak perubahan iklim. Upaya-upaya yang telah diajukan diantaranya adalah menyuntikkan partikel-partikel ke atmosfer bagian atas untuk memantulkan cahaya matahari, serta fertilisasi lautan dengan zat besi untuk meningkatkan pengambilan CO₂ oleh alga (ganggang).

Koefisien Gini (*Gini coefficient*): Suatu ukuran yang sering digunakan untuk mengukur ketidaksetaraan pendapatan atau distribusi kekayaan, yang nilainya berkisar antara 0 (kesetaraan sempurna) dan 1.

Pajak hijau (*Green tax*): Suatu pajak yang berfungsi meningkatkan kualitas lingkungan dengan cara menerapkan pajak atas tindakan yang merusak lingkungan.

Gas-gas rumah kaca (*Greenhouse gas*—GHG): Semua jenis gas di atmosfer yang

menyebabkan perubahan iklim dengan cara menyimpan panas dari matahari di dalam atmosfer Bumi—menghasilkan dampak rumah kaca. Gas-gas rumah kaca yang paling umum adalah karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), nitrogen oksida (N₂O), ozon (O₃), dan uap air (H₂O).

Inovasi (*Innovation*): Penciptaan, asimilasi, atau eksploitasi dari suatu barang atau jasa, proses, atau metode yang baru atau jauh lebih baik.

Institusi (*Institutions*): Struktur dan mekanisme tatanan sosial dan kerja sama yang mengatur perilaku sejumlah individu.

Penilaian terintegrasi (*Integrated assessment*): Suatu metode analisis yang menggabungkan hasil-hasil dan model-model dari ilmu pengetahuan fisika, biologi, ekonomi, dan sosial, serta interaksi antara seluruh komponen tersebut, dalam suatu kerangka kerja yang konsisten untuk memproyeksikan konsekuensi dari perubahan iklim dan respons kebijakannya.

Hak atas kekayaan intelektual (HAKI) (*Intellectual property rights*—IPRs): Hak-hak kekayaan intelektual yang sah secara hukum atas penciptaan artistik dan komersial, termasuk paten untuk teknologi baru, dan bidang hukum yang bersangkutan.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Didirikan tahun 1988 oleh World Meteorological Organization dan United Nations Environment Program. IPCC menyurvei literatur ilmiah dan teknis di seluruh dunia dan menerbitkan laporan-laporan penilaian yang dianggap secara luas sebagai sumber yang paling dapat diandalkan untuk informasi tentang perubahan iklim. IPCC juga mempersiapkan metodologi dan merespons terhadap

permintaan-permintaan spesifik dari badan-badan anggota United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). IPCC independen dari UNFCCC.

Protokol Kyoto (*Kyoto Protocol*): Suatu kesepakatan di bawah United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) yang diadopsi pada tahun 1997 di Kyoto, Jepang, oleh pihak-pihak peserta UNFCCC. Protokol ini memuat komitmen-komitmen yang terikat secara hukum untuk mengurangi emisi gas-gas rumah kaca oleh negara-negara maju.

Kebocoran (*Leakage*): Dalam konteks perubahan iklim, proses di mana emisi-emisi di luar suatu daerah proyek mitigasi meningkat sebagai akibat dari aktivitas pengurangan emisi di dalam daerah proyek sehingga mengurangi efektivitas proyek.

Penggunaan lahan, alih fungsi lahan, dan kehutanan (*Land use, land-use change, and forestry—LULUCF*): Serangkaian aktivitas termasuk penggunaan lahan yang didorong oleh manusia, alih fungsi lahan, dan kehutanan yang mengarah pada emisi dan penghilangan gas-gas rumah kaca dari atmosfer. Suatu kategori yang digunakan dalam pelaporan inventori gas-gas rumah kaca.

Maladaptasi (*Maladaptation*): Aktivitas atau tindakan yang meningkatkan kerentanan terhadap perubahan iklim.

Tarikan pasar (*Market-pull*): Alokasi sumber daya penelitian dan pengembangan didasarkan pada permintaan pasar untuk barang dan jasa, daripada kepentingan ilmiah atau kebijakan pemerintah dari atas ke bawah.

Mitigasi (*Mitigation*): Intervensi manusia untuk mengurangi emisi atau meningkatkan jumlah simpanan dari gas-gas rumah kaca.

National Adaptation Programs of Action (NAPAs): Dokumen yang dipersiapkan oleh negara-negara yang paling lambat maju yang mengidentifikasi aktivitas-aktivitas untuk mengatasi kebutuhan yang mendesak untuk beradaptasi terhadap perubahan iklim.

Proyek tanpa penyesalan (*No regrets project*): Dalam konteks perubahan iklim, suatu proyek yang akan menciptakan suatu manfaat ekonomi atau sosial neto terlepas dari apakah proyeknya memengaruhi iklim atau apakah iklim memengaruhi proyeknya.

Prinsip siapa yang mengeluarkan polusi, ia yang membayar (*Polluter pays principle*): Suatu prinsip dalam hukum lingkungan di mana pihak yang mengeluarkan polusi harus menanggung biaya polusinya. Oleh karena itu, pihak yang mengeluarkan polusi harus bertanggung jawab atas biaya untuk upaya-upaya mencegah dan mengendalikan polusinya.

Umpan balik positif (*Positive feedback*): Ketika suatu variabel dalam sistem memicu perubahan pada variabel kedua kemudian memengaruhi variabel awal; umpan balik positif memperkuat efek awalnya, sedangkan umpan balik negatif melemahkannya.

Prinsip pencegahan (*Precautionary principle*): Suatu prinsip yang menyatakan bahwa tanpa adanya kepastian ilmiah mengenai suatu kerusakan yang serius atau tak terbalikkan tidak akan terjadi sebagai akibat dari suatu tindakan atau kebijakan, maka beban pembuktiannya

terletak pada mereka yang mendukung tindakan atau kebijakan tersebut. Dalam United Nations Framework on Climate Change (UNFCCC), hal ini merupakan suatu provisi di bawah Article 3 yang menyatakan bahwa pihak-pihak harus mengambil upaya pencegahan untuk mengantisipasi, mencegah, atau meminimalkan penyebab dari perubahan iklim dan memitigasi dampak-dampak buruknya dan bahwa tidak adanya kepastian ilmiah secara utuh mengenai kerusakan yang mungkin serius atau tak terbalikkan tidak boleh digunakan sebagai alasan untuk menunda upaya semacam itu—dengan memperhitungkan bahwa kebijakan dan upaya untuk mengatasi perubahan iklim haruslah efektif dari segi biaya agar dapat memastikan manfaat secara global pada biaya terendah yang mungkin.

Barang publik (*Public good*): Suatu barang yang konsumsinya tidak eksklusif (sehingga tidak mungkin mencegah seseorang untuk mendapatkan manfaatnya) dan tidak bersaing (sehingga pemanfaatannya oleh seseorang tidak mengurangi jumlah manfaat yang tersedia bagi orang lain). Mitigasi perubahan iklim adalah suatu contoh dari barang publik karena tidak mungkin mencegah salah satu negara atau orang lain untuk menikmati manfaat dari iklim yang stabil, dan kenikmatan seseorang atau suatu negara tidak akan mengurangi kemampuan pihak lain untuk menikmatinya.

RDD&D: Penelitian (*research*), pengembangan (*development*), peragaan (*demonstration*), dan penerapan (*deployment*) dari metode, teknologi, peralatan, dan produk baru.

Reduced Emissions from Deforestation and forest Degradation (REDD): REDD

mengacu pada serangkaian tindakan yang ditujukan untuk mengurangi emisi gas-gas rumah kaca dari daerah berhutan. Insentif finansial untuk REDD secara potensial merupakan bagian dari respons kebijakan terhadap perubahan iklim.

Reforestasi (*Reforestation*): Penanaman hutan di lahan yang sebelumnya pernah tertutup hutan, tetapi telah dikonversi untuk fungsi lain.

Reasuransi (*Reinsurance*): Transfer suatu bagian dari risiko asuransi primer kepada tingkat penjamin yang sekunder; pada intinya adalah “asuransi untuk pihak yang mengeluarkan asuransi.”

Ketahanan (*Resilience*): Kemampuan suatu sistem sosial atau ekologis untuk menyerap gangguan sekaligus menjaga struktur dasar dan cara-caranya untuk berfungsi, kapasitas pengaturan dirinya, dan kapasitas untuk beradaptasi terhadap tekanan dan perubahan.

Periode pengulangan (*Return period*): Waktu rata-rata berulangnya suatu kejadian dari suatu peristiwa yang terdefinisi.

Penilaian risiko (*Risk assessment*): Suatu metodologi terstandarisasi yang terdiri dari identifikasi risiko, kuantifikasi risiko, pengurangan risiko, dan mitigasi risiko.

Pengambilan keputusan yang kokoh (*Robust decision making*): Di tengah ketidakpastian, tidak memilih upaya atau kebijakan yang akan optimal di bawah kondisi dunia masa depan yang paling mungkin terwujud, tetapi memilih yang dapat diterima untuk berbagai kemungkinan masa depan. Proses ini melibatkan evaluasi pilihan untuk meminimalkan rasa kekecewaan yang mungkin timbul dalam berbagai model,

asumsi, dan fungsi kerugian daripada untuk memaksimalkan imbal hasil di dalam kondisi suatu masa depan yang unik dan mungkin terjadi.

Jaring pengaman (*Safety net*): Mekanisme yang bertujuan melindungi orang-orang dari dampak goncangan, seperti banjir, kekeringan, pengangguran, penyakit, atau kematian dari penyokong hidup suatu rumah tangga.

Pemerangkapan (*Sequestration*): Dalam konteks iklim, proses pengambilan karbon dari atmosfer dan penyimpanannya di dalam reservoir, seperti hutan baru, karbon tanah, atau bawah tanah. *Sekuestrasi biologis*: Pengambilan CO₂ dari atmosfer dan penyimpanannya dalam bahan organik melalui alih fungsi lahan, aforestasi, reforestasi, penyimpanan karbon dalam area pembuangan, dan praktik-praktik yang meningkatkan karbon tanah dalam pertanian.

Pembelajaran sosial (*Social learning*): Proses di mana masyarakat mempelajari perilaku baru melalui penegakan yang terbuka dan penghukuman atau dengan mengamati pelaku sosial lain di lingkungan mereka. Jika orang-orang mengamati hasil yang positif dan diinginkan yang menunjukkan suatu perilaku tertentu, besar kemungkinannya mereka akan meniru dan mengadopsi perilaku tersebut bagi mereka sendiri.

Norma sosial (*Social norms*): Nilai-nilai implisit ataupun eksplisit, kepercayaan, dan aturan yang diadopsi oleh suatu kelompok untuk mengatur perilaku melalui tekanan orang sebaya; ukuran yang digunakan oleh individu untuk menilai perilaku apa yang dapat diterima dan yang tidak dapat diterima.

Perlindungan sosial (*Social protection*): Serangkaian intervensi publik yang

bertujuan untuk mendukung anggota masyarakat yang lebih miskin dan lebih rentan serta membantu orang-orang, keluarga, dan komunitas untuk mengelola risiko—misalnya, program asuransi pengangguran, bantuan pendapatan, dan layanan sosial.

Solar photovoltaics (PV): Bidang teknologi dan penelitian yang berkaitan dengan konversi cahaya matahari, termasuk radiasi ultraviolet, secara langsung menjadi listrik; teknologi yang diterapkan dalam pembuatan dan penggunaan sel surya yang menjadi bagian dari panel surya.

Skenario SRES (*SRES scenarios*): Serangkaian penjelasan atau alur cerita dari berbagai masa depan yang mungkin, yang digunakan dalam pemodelan yang terkait perubahan iklim, yang dikembangkan bagi IPCC. Skenario-skenarionya digunakan untuk memproyeksikan emisi di masa depan berdasarkan asumsi tentang perubahan di dalam populasi, teknologi, dan pembangunan kemasyarakatan. Empat kelompok skenario yang menyusun skenario SRES adalah A1, A2, B1, dan B2. A1 merepresentasikan suatu dunia di masa depan yang bertumbuh pesat secara ekonomi, populasi globalnya mencapai puncaknya di pertengahan abad ini, dan setelahnya menurun, serta terjadi pengenalan teknologi baru yang lebih efisien secara cepat. A2 merepresentasikan suatu dunia yang sangat heterogen dengan populasi global yang terus meningkat dan pertumbuhan ekonomi yang terorientasi secara regional dan lebih terfragmentasi serta lebih lamban dibandingkan alur cerita yang lainnya. B1 merepresentasikan suatu dunia yang konvergen dengan populasi global yang sama, seperti A1, tetapi dengan perubahan yang pesat dalam

struktur ekonomi yang mengarah pada perekonomian jasa dan informasi, reduksi dalam intensitas materi, dan pengenalan teknologi bersih serta efisien sumber daya. Pada akhirnya, B2 merepresentasikan dunia di mana penekanannya adalah pada solusi lokal untuk keberlanjutan ekonomi, sosial, dan lingkungan dengan populasi yang terus meningkat (di bawah A2) dan pembangunan ekonomi tingkat menengah.

Stasioner (*Stationarity*): Gagasan bahwa sistem-sistem alamiah berfluktuasi di dalam suatu batasan variabilitas yang dibatasi oleh suatu kisaran dari pengalaman-pengalaman di masa lampau.

Suplementaritas (*Supplementarity*): Protokol Kyoto menyatakan bahwa perdagangan emisi dan aktivitas *Joint Implementation* haruslah menjadi suplemen terhadap kebijakan domestik (misalnya, pajak energi atau standar efisiensi bahan bakar) dari negara-negara maju untuk mengurangi emisi gas-gas rumah kaca. Di bawah definisi suplementaritas yang telah diajukan, negara-negara maju dapat diharuskan untuk mencapai suatu bagian tertentu dari sasaran reduksi mereka secara domestik. Hal ini masih dapat dinegosiasikan dan diklarifikasi oleh pihak-pihak yang terkait.

Transfer teknologi (*Technology transfer*): Proses berbagi keahlian, pengetahuan, dan metode manufaktur untuk memastikan bahwa perkembangan ilmiah dan teknologi dapat diakses oleh lebih banyak pihak.

Dorongan teknologi (*Technology-push*): Alokasi dari sumber daya penelitian dan pengembangan yang dimotivasi sebagian

besar oleh kepentingan ilmiah yang inheren daripada oleh dorongan pasar.

Batasan (*Threshold*): Dalam konteks perubahan iklim, suatu tingkatan yang di atasnya terjadi perubahan yang mendadak atau sangat cepat.

Biaya transaksi (*Transaction costs*): Biaya-biaya yang dikaitkan dengan pertukaran barang atau jasa yang sifatnya tambahan terhadap biaya moneter atau harga dari barang atau jasa. Contohnya antara lain, biaya pencarian dan informasi atau biaya pembuatan dan penegakan kebijakan.

Ketidakpastian (*Uncertainty*): Suatu pernyataan mengenai derajat di mana suatu nilai (misalnya, keadaan sistem iklim di masa depan) tidak diketahui. Ketidakpastian dapat berasal dari tidak adanya informasi atau dari ketidaksetujuan mengenai apa yang diketahui atau bahkan apa yang dapat diketahui. Sumbernya beragam, dari kesalahan yang terkuantifikasi dalam data hingga proyeksi yang tidak pasti dari perilaku manusia. Oleh karena itu, ketidakpastian dapat direpresentasikan oleh ukuran kuantitatif, misalnya kisaran nilai yang diukur oleh berbagai model atau dengan pernyataan kualitatif, seperti yang mencerminkan penilaian oleh pakar. Akan tetapi, dalam ekonomi, ketidakpastian mengacu pada ketidakpastian Knightian yang tidak dapat diukur. Hal ini kontras dengan risiko di mana kejadian dari peristiwa tertentu dikaitkan dengan suatu distribusi probabilitas yang dapat diketahui.

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC): Suatu konvensi yang diadopsi pada bulan Mei 1992 dengan sasaran akhirnya adalah

“stabilisasi konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer pada suatu tingkat yang dapat mencegah terjadinya interferensi antropogenik berbahaya dengan sistem iklim.”

Air maya (*Virtual water*): Jumlah air yang secara langsung atau secara tidak langsung dikonsumsi dalam memproduksi suatu barang atau jasa.

Kerentanan (juga kerentanan iklim) atau *vulnerability (also climate vulnerability)*: Derajat di mana suatu sistem rentan terhadap, dan tidak mampu menghadapi, dampak-dampak buruk dari perubahan iklim, termasuk variabilitas iklim dan iklim yang ekstrem. Kerentanan adalah fungsi dari karakter, besar, dan laju perubahan iklim, serta variabilitas di mana suatu sistem mengalami paparan selain juga sensitivitas dan kapasitas adaptif sistem tersebut.

Derivatif cuaca (*Weather derivatives*): Instrumen keuangan untuk mengurangi risiko yang dikaitkan dengan kondisi cuaca buruk, misalnya dengan cara memberikan pembayaran yang terkait dengan suatu kejadian cuaca yang

spesifik (misalnya, bulan Agustus yang terlalu panas atau terlalu dingin di luar batas yang normal).

Asuransi berindeks cuaca (*Weather-index insurance*): Asuransi di mana pembayaran ganti ruginya didasarkan pada realisasi dari suatu nilai yang telah disepakati sebelumnya untuk suatu indeks dari parameter cuaca yang spesifik, yang diukur sepanjang suatu periode waktu yang ditentukan sebelumnya, pada suatu stasiun cuaca tertentu. Asuransi ini dapat dibentuk sebagai perlindungan terhadap realisasi indeks yang sangat tinggi atau sangat rendah sehingga diperkirakan akan menyebabkan kerugian dalam hasil panen. Jumlah ganti ruginya dihitung berdasarkan jumlah yang telah disepakati sebelumnya yang diasuransikan per unit indeksnya (misalnya, dolar AS atau milimeter curah hujan).

Menang sama menang (*Win-win* atau *win*): Pada Laporan ini, menang sama menang mengacu pada upaya-upaya yang bermanfaat bagi adaptasi dan mitigasi (serta pembangunan).

Indikator-indikator Terpilih

Tabel A1 Emisi terkait energi dan intensitas karbon

Tabel A2 Emisi berbasis bahan

Tabel A3 Total persediaan energi primer

Tabel A4 Bencana alam

Tabel A5 Lahan, air, dan pertanian

Tabel A6 Kekayaan negara-negara

Tabel A7 Inovasi, penelitian, dan pengembangan

Sumber dan definisi

Indikator-indikator pembangunan dunia terpilih

Pendahuluan

Klasifikasi ekonomi berdasarkan wilayah dan pendapatan, FY2010

Tabel 1 Indikator-indikator penting bagi pembangunan

Tabel 2 Tujuan Pembangunan Milenium (*Millennium Development Goals*): menghapuskan kemiskinan dan meningkatkan kesejahteraan

Tabel 3 Aktivitas ekonomi

Tabel 4 Perdagangan, bantuan, dan pembiayaan

Tabel 5 Indikator-indikator penting bagi ekonomi lainnya

Catatan teknis

Tabel A1 Emisi terkait energi dan intensitas karbon

	Emisi karbon dioksida (CO ₂)							Emisi non-CO ₂ (CH ₄ , N ₂ O)		Intensitas karbon			
	Total per tahun		Perubahan	Per kapita		Total pembagian per tahun	Emisi kumulatif sejak 1850	Total per tahun		Energi		Pendapatan	
	Metrik ton (jutaan)			Metrik ton				Metrik ton CO ₂ e (jutaan)		Metrik ton CO ₂ per ton minyak ekuivalen		Metrik ton CO ₂ per seribu \$ GDP	
	1990	2005	1990–2005 ^a	1990	2005	2005	1850–2005	1990	2005	1990	2005	1990	2005
Algeria	68	91	33.3	2.7	2.8	0.34	2.8	9.6	15.5	2.86	2.63	0.44	0.39
Argentina	105	142	35.3	3.2	3.7	0.54	5.6	10.0	19.1	2.28	2.24	0.43	0.34
Australia	260	377	45.0	15.2	18.5	1.42	12.5	27.5	38.8	2.97	3.12	0.65	0.58
Austria	58	77	33.6	7.5	9.4	0.29	4.3	1.4	1.4	2.31	2.27	0.28	0.28
Belarus	108	61	-43.8	10.6	6.2	0.23	4.0	2.9	3.3	2.55	2.26	1.65	0.73
Belgium	109	112	2.7	10.9	10.7	0.42	10.4	2.8	2.4	2.19	1.81	0.44	0.34
Brazil	195	334	70.8	1.3	1.8	1.26	8.8	10.9	14.7	1.40	1.54	0.18	0.21
Bulgaria	75	46	-38.7	8.6	6.0	0.17	3.0	6.0	4.8	2.61	2.30	1.13	0.64
Canada	433	552	27.5	15.6	17.1	2.08	23.8	41.0	57.8	2.07	2.02	0.58	0.49
Chile	32	59	81.7	2.5	3.6	0.22	1.8	2.4	3.4	2.30	1.99	0.37	0.30
China	2,211	5,060	128.9	1.9	3.9	19.06	94.3	192.9	218.7	2.56	2.94	1.77	0.95
Colombia	45	61	34.0	1.4	1.4	0.23	2.2	5.1	7.1	1.83	2.12	0.26	0.23
Czech Republic	154	118	-23.3	14.9	11.5	0.44	10.7 ^b	10.9	7.2	3.14	2.61	0.92	0.57
Denmark	51	48	-5.9	9.9	8.8	0.18	3.4	0.9	1.6	2.84	2.43	0.39	0.26
Egypt, Arab Rep. of	81	149	83.3	1.5	2.0	0.56	3.2	8.5	16.0	2.54	2.43	0.45	0.45
Finland	55	55	0.7	11.0	10.6	0.21	2.3	1.4	1.8	1.92	1.61	0.47	0.35
France	355	388	9.3	6.3	6.4	1.46	31.7	16.3	13.2	1.56	1.41	0.25	0.21
Germany	968	814	-15.9	12.2	9.9	3.06	117.8 ^c	47.8	28.9	2.72	2.36	0.49	0.32
Greece	71	96	35.6	6.9	8.6	0.36	2.6	4.6	5.8	3.18	3.08	0.34	0.29
Hungary	71	58	-18.3	6.8	5.7	0.22	4.1	6.0	5.4	2.47	2.07	0.55	0.34
India	597	1,149	92.6	0.7	1.1	4.33	28.6	53.1	89.2	1.87	2.14	0.58	0.47
Indonesia	151	349	131.7	0.8	1.6	1.31	6.8	41.2	58.8	1.46	1.98	0.41	0.49
Iran, Islamic Rep. of	178	431	142.3	3.3	6.2	1.62	8.6	24.4	64.9	2.58	2.73	0.52	0.67
Iraq	61	99	62.0	3.3	3.5	0.37	2.2	4.1	3.3	3.21	3.31	..	..
Ireland	31	44	41.7	8.8	10.5	0.16	1.6	1.3	1.8	3.00	2.89	0.50	0.28
Israel	34	60	78.3	7.2	8.6	0.23	1.5	0.2	0.4	2.77	2.83	0.41	0.38
Italy	398	454	14.0	7.0	7.7	1.71	17.9	16.8	18.5	2.69	2.44	0.30	0.28
Japan	1,058	1,214	14.8	8.6	9.5	4.57	46.1	10.0	7.1	2.38	2.30	0.33	0.31
Kazakhstan	233	155	-33.6	14.3	10.2	0.58	9.9 ^d	28.8	13.2	3.17	2.73	2.01	1.17
Korea, Dem. Rep. of	114	73	-35.5	5.6	3.1	0.28	5.9 ^e	26.9	27.3	3.43	3.42	..	..
Korea, Rep. of	227	449	97.6	5.3	9.3	1.69	9.0 ^e	6.6	7.7	2.43	2.11	0.50	0.44
Kuwait	27	76	184.0	12.7	30.1	0.29	1.6	5.4	9.1	3.36	2.71	..	0.67
Libya	37	47	28.8	8.4	7.9	0.18	1.3	..	..	3.16	2.65	..	0.63
Malaysia	52	138	163.9	2.9	5.4	0.52	2.7 ^e	..	..	2.24	2.09	0.43	0.46
Mexico	293	393	33.9	3.5	3.8	1.48	12.5	47.9	86.1	2.38	2.22	0.38	0.33
Morocco	20	41	111.2	0.8	1.4	0.16	0.9	..	..	2.72	3.08	0.29	0.39
Netherlands	158	183	15.6	10.6	11.2	0.69	8.3	3.3	2.6	2.36	2.22	0.41	0.32
Nigeria	68	97	43.0	0.7	0.7	0.36	2.3	25.8	66.2	0.95	0.92	0.49	0.39
Norway	30	38	27.9	7.0	8.2	0.14	1.9	0.9	1.7	1.39	1.15	0.22	0.17
Pakistan	61	118	94.1	0.6	0.8	0.45	2.4 ^e	7.5	12.5	1.40	1.55	0.34	0.35
Philippines	36	77	113.1	0.6	0.9	0.29	1.9	3.6	2.6	1.38	1.76	0.24	0.31
Poland	349	296	-15.3	9.2	7.8	1.11	22.6	23.5	20.9	3.50	3.19	1.14	0.57
Portugal	40	63	59.1	4.0	6.0	0.24	1.7	1.1	1.7	2.30	2.32	0.26	0.30
Qatar	14	44	202.1	30.8	54.6	0.16	0.9	..	..	2.21	2.71	..	0.77
Romania	167	91	-45.5	7.2	4.2	0.34	6.9	24.5	13.2	2.67	2.37	0.91	0.45
Russian Federation	2,194	1,544	-29.6	14.8	10.8	5.81	92.5 ^d	406.4	206.4	2.50	2.35	1.17	0.91
Saudi Arabia	169	320	89.6	10.3	13.8	1.21	7.4	2.3	3.9	2.75	2.28	0.54	0.65
Serbia	59	50	-14.3	7.8	6.8	0.19	..	..	..	3.02	3.13	..	0.78
Singapore	29	43	49.7	9.5	10.1	0.16	1.4	0.2	0.8	2.16	1.39	0.39	0.23
Slovak Republic	57	38	-32.8	10.8	7.1	0.14	3.2 ^b	1.7	1.6	2.67	2.03	0.86	0.45
South Africa	255	331	29.9	7.2	7.1	1.25	14.1	10.6	12.5	2.79	2.59	0.93	0.83
Spain	208	342	64.7	5.3	7.9	1.29	10.0	5.3	6.6	2.28	2.36	0.27	0.29
Sweden	53	51	-4.5	6.2	5.7	0.19	4.1	2.1	2.2	1.12	0.98	0.25	0.18
Switzerland	41	45	9.0	6.2	6.1	0.17	2.4	0.7	0.6	1.67	1.67	0.18	0.17
Syrian Arab Republic	32	48	51.6	2.5	2.6	0.18	1.2	..	..	2.72	2.62	0.85	0.64
Thailand	79	214	172.6	1.4	3.4	0.81	3.9	13.0	19.2	1.79	2.13	0.35	0.48
Turkey	129	219	70.3	2.3	3.0	0.82	5.3	26.1	56.6	2.43	2.56	0.31	0.29
Turkmenistan	47	42	-11.3	12.8	8.6	0.16	2.1 ^d	19.7	46.4	2.38	2.51	..	..
Ukraine	681	297	-56.4	13.1	6.3	1.12	22.6 ^d	139.7	118.4	2.68	2.07	1.63	1.13
United Arab Emirates	52	112	114.1	28.0	27.3	0.42	2.2	20.1	40.0	2.26	2.45	0.60	0.57
United Kingdom	558	533	-4.4	9.7	8.8	2.01	68.1	36.9	27.0	2.63	2.27	0.42	0.28
United States	4,874	5,841	19.9	19.5	19.7	22.00	324.9	298.8	242.8	2.53	2.49	0.61	0.47
Uzbekistan	120	110	-8.4	5.9	4.2	0.41	6.9 ^d	28.1	40.3	2.59	2.34	2.93	2.10
Venezuela, R. B. de	112	150	33.4	5.7	5.6	0.56	5.3	30.5	46.3	2.56	2.48	0.59	0.57
Vietnam	17	81	376.5	0.3	1.0	0.31	1.5 ^e	3.5	4.9	0.70	1.58	0.28	0.45
Dunia	20,693t	26,544t	28.3w	4.0w	4.2w	100.00w	1,169.1s	1,861.0t	1,978.9t	2.39w	2.35w	0.57w	0.47w
Berpendapatan rendah	549	707	28.9	0.7	0.6	2.66	24.0	115.5	256.4	1.38	1.26	0.46	0.38
Berpendapatan menengah	9,150	12,631	38.0	2.6	3.0	47.59	395.1	1,168.3	1,279.4	2.41	2.49	0.80	0.61
Berpendapatan tinggi	10,999	13,207	20.1	11.8	12.7	49.75	750.1	577.2	557.1	2.44	2.32	0.47	0.39
Uni Eropa 15	3,122	3,271	4.8	8.6	8.5	12.32	284.8	142.1	115.7	2.36	2.11	0.36	0.28
OECD	11,121	12,946	16.4	10.7	11.1	48.77	764.7	644.6	651.4	2.46	2.33	0.47	0.37

a. Menunjukkan persen perubahan emisi CO₂ antara tahun 1990 dan 2005. b. Pembagian emisi kumulatif untuk Republik Ceko dan Republik Slowakia sebelum 1992 dihitung berdasarkan pembagian mereka dari total emisi yang digabungkan selama 1992–2002. c. Pembagian emisi kumulatif untuk Jerman sebelum 1991 dihitung berdasarkan total untuk German Democratic Republic dan Federal Republic of Germany dan digabungkan dengan emisi untuk Jerman antara tahun 1991 dan 2006. d. Pembagian emisi kumulatif untuk Belarus, Federasi Rusia, Kazakhstan, Turkmenistan, Ukraina, dan Uzbekistan sebelum tahun 1992 dihitung berdasarkan pembagian dari emisi yang digabungkan dari negara-negara Uni Soviet selama tahun 1992–2006. e. Emisi untuk Democratic Republic of Korea dan Republic of Korea berdasarkan data untuk United Korea sebelum tahun 1950. Emisi untuk Pakistan dan Bangladesh berdasarkan data untuk Pakistan Timur dan Barat sebelum tahun 1971. Emisi untuk Malaysia dan termasuk pula pembagian emisi Malaysia dari Federation of Malaya. Emisi untuk Vietnam termasuk emisi untuk Democratic Republic of Vietnam dan Republic of South Vietnam.

Tabel A2 Emisi Berbasis Lahan

Tabel A2a Emisi CO₂ dari deforestasi

	Rata-rata per tahun				
	Emisi total		Per kapita		Pembagian rata-rata total
	Metrik ton (jutaan)	Peringkat	Metrik ton	Peringkat	%
	1990–2005 ^a	1990–2005 ^a	1990–2005 ^a	1990–2005 ^a	1990–2005 ^a
Argentina	33	25	0.9	48	0.6
Bolivia	139	7	15.2	1	2.5
Brazil	1,830	1	9.8	5	32.4
Cambodia	84	10	6.0	13	1.5
Cameroon	70	12	3.9	18	1.2
Canada	70	12	2.2	29	1.2
China	57	18	0.0	83	1.0
Congo, Dem. Rep. of	176	4	3.0	24	3.1
Ecuador	84	10	6.5	12	1.5
Guatemala	62	16	4.9	17	1.1
Honduras	48	20	7.0	10	0.8
Indonesia	1,459	2	6.6	11	25.9
Malaysia	139	7	5.4	15	2.5
Mexico	40	23	0.4	63	0.7
Myanmar	158	5	3.3	20	2.8
Nigeria	158	5	1.1	40	2.8
Papua New Guinea	44	21	7.2	8	0.8
Peru	70	12	2.6	27	1.2
Philippines	70	12	0.8	50	1.2
Russian Federation	58	17	0.4	61	1.0
Tanzania	51	19	1.3	35	0.9
Turkey	34	24	0.5	58	0.6
Venezuela, R. B. de	187	3	7.0	9	3.3
Zambia	106	9	9.3	6	1.9
Zimbabwe	40	22	3.1	22	0.7

a. Data merupakan rata-rata selama periode 1990–2005.

Tabel A2b Emisi Non-CO₂ (Metana (CH₄), Nitrogen Oksida (N₂O)) dari pertanian

	Total per tahun		Total pembagian	Per kapita			
	Metrik ton CO ₂ ekuivalen (jutaan)		%	Metrik ton CO ₂ ekuivalen		Peringkat	
	1990	2005	2005	1990	2005	1990	2005
Argentina	114	139	2.3	3.5	3.6	6	7
Australia	97	110	1.8	5.7	5.4	4	4
Bangladesh	60	80	1.3	0.5	0.5	77	70
Bolivia	22	46	0.8	3.3	5.0	7	5
Brazil	426	591	9.7	2.9	3.2	8	8
Canada	57	73	1.2	2.1	2.3	15	10
China	905	1,113	18.3	0.8	0.9	62	48
Colombia	61	89	1.5	1.8	2.1	19	11
Congo, Dem. Rep. of	36	75	1.2	0.9	1.3	53	21
Ethiopia	39	55	0.9	0.8	0.7	60	58
France	110	103	1.7	1.9	1.7	18	15
Germany	110	84	1.4	1.4	1.0	32	37
India	330	403	6.6	0.4	0.4	84	83
Indonesia	106	132	2.2	0.6	0.6	73	66
Mexico	67	77	1.3	0.8	0.7	61	57
Myanmar	50	78	1.3	1.2	1.6	38	16
Nigeria	75	115	1.9	0.8	0.8	63	52
Pakistan	58	79	1.3	0.5	0.5	76	73
Russian Federation	222	118	1.9	1.5	0.8	25	50
Thailand	79	89	1.5	1.4	1.4	27	18
Turkey	80	76	1.3	1.4	1.1	29	31
United Kingdom	54	48	0.8	0.9	0.8	57	54
United States	427	442	7.3	1.7	1.5	20	17
Venezuela, R. B. de	47	52	0.9	2.4	1.9	11	12
Vietnam	48	65	1.1	0.7	0.8	67	55

Tabel A3 Total persediaan energi primer

	Total persediaan energi utama (TPES)							Konsumsi listrik		Laju elektrifikasi	
	Pembagian bahan bakar fosil dalam TPES				Pembagian energi terbarukan dalam TPES		Pembagian nuklir dalam TPES	Per kapita			
	% dari total				% dari total						
	Total per tahun										
	Ton minyak ekuivalen (jutaan)	Batu bara	Gas alam	Minyak	Air, solar, angin, dan geotermal	Biomassa dan limbah	% dari total	Kilowatt-jam	% perubahan	% populasi	
	1990	2006	2006	2006	2006	2006	2006	2006	1990–2006 ^a	2000–2006 ^b	
Albania	2.7	2.3	1.1	0.6	66.8	19.1	10.1	0.0	961	84.0	..
Algeria	23.9	36.7	1.9	65.2	32.6	0.1	0.2	0.0	870	60.6	98
Angola	6.3	10.3	0.0	6.4	27.5	2.2	63.9	0.0	153	155.5	15
Argentina	46.1	69.1	1.1	49.3	38.0	4.7	3.7	2.9	2,620	100.7	95
Armenia	7.9	2.6	0.0	53.1	15.2	6.1	0.0	26.6	1,612	–40.7	..
Australia	87.7	122.5	43.9	19.1	31.6	1.3	4.1	0.0	11,309	34.6	100
Austria	25.1	34.2	11.8	21.8	42.0	9.6	13.1	0.0	8,090	32.5	100
Azerbaijan	26.1	14.1	0.0	63.5	34.4	1.5	0.0	0.0	2,514	–2.7	..
Bahrain	4.8	8.8	0.0	75.4	24.6	0.0	0.0	0.0	12,627	92.1	99
Bangladesh	12.8	25.0	1.4	46.6	17.8	0.5	33.7	0.0	146	221.2	32
Belarus	42.3	28.6	0.1	60.3	31.5	0.0	4.9	0.0	3,322	–24.2	..
Belgium	49.7	61.0	7.8	24.6	40.1	0.1	5.9	19.9	8,688	36.2	100
Benin	1.7	2.8	0.0	0.0	37.1	0.0	61.1	0.0	69	104.5	22
Bolivia	2.8	5.8	0.0	27.5	55.5	3.2	13.8	0.0	485	76.9	64
Bosnia and Herzegovina	7.0	5.4	62.4	5.9	22.3	9.3	3.4	0.0	2,295	–24.6	..
Botswana	1.3	2.0	32.5	0.0	36.6	0.0	23.2	0.0	1,419	96.0	39
Brazil	140.0	224.1	5.7	7.8	40.2	13.4	29.6	1.6	2,060	41.5	97
Brunei Darussalam	1.8	2.8	0.0	73.1	26.9	0.0	0.0	0.0	8,173	87.7	99
Bulgaria	28.8	20.7	34.1	14.0	24.7	1.9	3.9	24.6	4,315	–9.3	..
Cambodia	0.0	5.0	0.0	0.0	28.4	0.1	71.3	0.0	88	..	20
Cameroon	5.0	7.1	0.0	0.0	16.3	4.5	79.2	0.0	186	–3.1	47
Canada	209.5	269.7	10.2	29.5	35.3	11.4	4.7	9.5	16,766	3.8	100
Chile	14.1	29.8	13.3	21.9	38.3	9.9	15.9	0.0	3,207	157.3	99
China	863.2	1,878.7	64.2	2.5	18.3	2.2	12.0	0.8	2,040	299.1	99
Hong Kong, China	10.7	18.2	38.6	13.2	44.9	0.0	0.3	0.0	5,883	40.8	..
Colombia	24.7	30.2	8.2	20.3	45.0	12.2	14.9	0.0	923	11.6	86
Congo, Dem. Rep. of	11.9	17.5	1.5	0.0	3.1	3.9	92.4	0.0	96	–19.9	6
Congo, Rep. of	0.8	1.2	0.0	1.6	35.2	2.7	57.5	0.0	155	–8.2	20
Costa Rica	2.0	4.6	0.9	0.0	47.6	35.8	15.5	0.0	1,801	65.7	99
Côte d'Ivoire	4.4	7.3	0.0	18.8	16.9	1.8	63.8	0.0	182	21.3	..
Croatia	9.1	9.0	7.0	26.2	51.5	5.8	4.1	0.0	3,635	21.5	..
Cuba	16.8	10.6	0.2	8.3	79.5	0.1	11.9	0.0	1,231	1.6	96
Cyprus	1.6	2.6	1.4	0.0	96.4	1.7	0.5	0.0	5,746	78.9	..
Czech Republic	49.0	46.1	45.2	16.4	21.4	0.5	4.0	14.8	6,511	16.6	..
Denmark	17.9	20.9	26.2	21.7	39.4	2.6	12.9	0.0	6,864	15.5	100
Dominican Republic	4.1	7.8	6.4	3.5	70.4	1.5	18.0	0.0	1,309	242.1	93
Ecuador	6.1	11.2	0.0	5.0	83.2	5.5	5.2	0.0	759	58.5	90
Egypt, Arab Rep. of	32.0	62.5	1.4	44.4	50.0	1.9	2.3	0.0	1,382	100.2	98
El Salvador	2.5	4.7	0.0	0.0	44.0	24.4	31.6	0.0	721	95.9	80
Eritrea	..	0.7	0.0	0.0	26.9	0.0	73.1	0.0	49	..	20
Estonia	9.6	4.9	57.0	16.5	15.1	0.2	10.7	0.0	5,890	0.0	..
Ethiopia	15.0	22.3	0.0	0.0	8.8	1.3	90.0	0.0	38	91.5	15
Finland	28.7	37.4	13.7	10.4	28.2	2.7	20.4	15.9	17,178	37.6	100
France	227.6	272.7	4.8	14.5	33.3	1.9	4.4	43.0	7,585	26.9	100
Gabon	1.2	1.8	0.0	5.8	33.4	4.5	56.4	0.0	1,083	13.9	48
Georgia	12.3	3.3	0.3	41.3	23.5	14.0	19.3	0.0	1,549	–42.1	..
Germany	355.6	348.6	23.6	22.8	35.4	1.4	4.6	12.5	7,175	8.0	100
Ghana	5.3	9.5	0.0	0.0	31.7	5.1	63.3	0.0	304	–1.1	49
Greece	22.2	31.1	27.0	8.8	57.3	2.5	3.3	0.0	5,372	69.0	100
Guatemala	4.5	8.2	4.8	0.0	39.7	4.0	51.6	0.0	529	136.8	79
Haiti	1.6	2.6	0.0	0.0	23.3	0.9	75.8	0.0	37	–36.2	36
Honduras	2.4	4.3	2.7	0.0	50.6	5.1	41.5	0.0	642	72.2	62
Hungary	28.6	27.6	11.1	41.5	27.6	0.4	4.3	12.8	3,883	13.2	..
Iceland	2.2	4.3	1.8	0.0	22.9	75.3	0.1	0.0	31,306	94.0	100
India	319.9	565.8	39.4	5.5	24.1	1.9	28.3	0.9	503	82.3	56
Indonesia	102.8	179.1	15.5	18.6	33.0	3.7	29.2	0.0	530	228.3	54
Iran, Islamic Rep. of	68.8	170.9	0.7	51.5	46.3	0.9	0.5	0.0	2,290	134.9	97
Iraq	19.1	32.0	0.0	8.9	90.5	0.1	0.1	0.0	1,161	–7.6	15
Ireland	10.3	15.5	11.0	26.0	54.8	1.3	1.4	0.0	6,500	72.1	100
Israel	12.1	21.3	36.0	8.8	52.4	3.4	0.0	0.0	6,893	65.1	97
Italy	148.1	184.2	9.1	37.6	44.1	4.6	2.6	0.0	5,762	39.0	100
Jamaica	2.9	4.6	0.5	0.0	88.7	0.3	10.5	0.0	2,450	178.8	87
Japan	443.9	527.6	21.3	14.7	45.6	2.1	1.3	15.0	8,220	26.7	100
Jordan	3.5	7.2	0.0	28.0	70.0	1.4	0.0	0.0	1,904	81.2	100
Kazakhstan	73.6	61.4	49.3	30.6	18.8	1.1	0.1	0.0	4,293	–27.3	..
Kenya	11.2	17.9	0.4	0.0	20.2	5.9	73.6	0.0	145	16.3	14
Korea, Dem. Rep. of	33.2	21.7	86.9	0.0	3.3	5.0	4.8	0.0	797	–36.1	22
Korea, Rep.	93.4	216.5	24.3	13.3	43.2	0.2	1.1	17.9	8,063	239.8	100
Kuwait	8.0	25.3	0.0	38.3	61.7	0.0	0.0	0.0	16,314	101.2	100
Kyrgyz Republic	7.6	2.8	18.3	22.9	20.8	45.5	0.1	0.0	2,015	–12.9	..
Latvia	7.9	4.6	1.8	30.5	31.9	5.1	25.9	0.0	2,876	–15.1	..
Lebanon	2.3	4.8	2.8	0.0	91.5	1.4	2.7	0.0	2,142	354.9	100
Libya	11.5	17.8	0.0	29.4	69.7	0.0	0.9	0.0	3,688	130.1	97
Lithuania	16.2	8.5	3.1	28.7	30.3	0.4	8.8	27.0	3,232	–19.7	..
Luxembourg	3.5	4.7	2.3	26.2	63.3	0.4	1.3	0.0	16,402	20.1	100

Tabel A3 Total persediaan energi primer

	Total persediaan energi utama (TPES)								Konsumsi listrik		Laju elektrifikasi
	Pembagian bahan bakar fosil dalam TPES				Pembagian energi terbarukan dalam TPES		Pembagian nuklir dalam TPES	Per kapita			
	Total per tahun		% dari total			% dari total					
	Ton minyak ekuivalen (jutaan)		Batu bara	Gas alam	Minyak	Air, solar, angin, dan geothermal	Biomassa dan limbah	% dari total	Kilowatt-jam	% perubahan ^a	% populasi
	1990	2006	2006	2006	2006	2006	2006	2006	2006	1990–2006 ^a	2000–2006 ^b
Macedonia, FYR	2.7	2.8	45.4	2.4	35.0	5.5	6.0	0.0	3,496	25.3	..
Malaysia	23.3	68.3	12.0	44.4	38.8	0.9	4.1	0.0	3,388	187.5	98
Malta	0.8	0.9	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	4,975	79.1	..
Mexico	123.0	177.4	4.9	27.4	56.8	4.8	4.6	1.6	1,993	50.3	..
Moldova	9.9	3.4	2.5	66.7	19.4	0.2	2.2	0.0	1,516	-44.4	..
Mongolia	3.4	2.8	71.7	0.0	24.0	0.0	3.8	0.0	1,297	-19.1	65
Morocco	7.2	14.0	27.8	3.4	63.3	1.1	3.2	0.0	685	85.8	85
Mozambique	6.0	8.8	0.0	0.3	6.6	14.4	81.6	0.0	461	1,040.4	6
Myanmar	10.7	14.3	0.8	12.4	12.7	2.0	72.1	0.0	93	104.5	11
Namibia	..	1.5	1.9	0.0	65.4	8.8	12.7	0.0	1,545	..	34
Nepal	5.8	9.4	2.7	0.0	8.6	2.4	86.2	0.0	80	129.2	33
Netherlands	67.1	80.1	9.7	42.7	40.4	0.3	3.3	1.1	7,057	35.2	100
Netherlands Antilles	1.5	1.7	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	5,651	59.2	..
New Zealand	13.8	17.5	11.9	18.7	39.4	24.0	6.0	0.0	9,746	14.5	100
Nicaragua	2.1	3.5	0.0	0.0	39.0	8.7	52.2	0.0	426	44.7	69
Nigeria	70.9	105.1	0.0	8.6	11.2	0.6	79.6	0.0	116	32.6	46
Norway	21.4	26.1	2.7	18.2	34.0	39.6	5.1	0.0	24,295	4.0	100
Oman	4.6	15.4	0.0	67.6	32.4	0.0	0.0	0.0	4,457	107.3	96
Pakistan	43.4	79.3	5.4	31.6	23.9	3.5	34.9	0.8	480	73.6	54
Panama	1.5	2.8	0.0	0.0	71.7	11.1	17.4	0.0	1,506	76.4	85
Paraguay	3.1	4.0	0.0	0.0	30.5	116.5	52.0	0.0	900	78.4	86
Peru	10.0	13.6	5.9	12.3	50.3	14.0	17.4	0.0	899	64.1	72
Philippines	26.2	43.0	13.4	5.8	31.8	22.9	26.1	0.0	578	60.7	81
Poland	99.9	97.7	58.5	12.7	24.1	0.2	5.5	0.0	3,586	9.3	..
Portugal	17.2	25.4	13.0	14.3	53.8	5.1	11.9	0.0	4,799	89.0	100
Qatar	6.5	18.1	0.0	82.2	17.8	0.0	0.0	0.0	17,188	75.7	71
Romania	62.5	40.1	23.5	36.4	25.3	4.0	8.1	3.7	2,401	-17.9	..
Russian Federation	878.9	676.2	15.7	53.0	20.6	2.3	1.1	6.1	6,122	-8.3	..
Saudi Arabia	61.3	146.1	0.0	36.7	63.3	0.0	0.0	0.0	7,079	77.8	97
Senegal	1.8	3.0	3.4	0.3	55.7	0.7	39.6	0.0	150	52.3	33
Serbia	19.5	17.1	51.0	11.7	27.5	5.5	4.7	0.0	4,026	13.9	..
Singapore	13.4	30.7	0.0	20.9	79.0	0.0	0.0	0.0	8,363	72.1	100
Slovak Republic	21.3	18.7	23.9	28.8	18.3	2.1	2.6	25.4	5,136	-7.3	..
Slovenia	5.6	7.3	20.3	12.4	36.5	4.3	6.5	19.9	7,123	39.9	..
South Africa	91.2	129.8	71.7	2.9	12.4	0.3	10.5	2.4	4,810	8.5	70
Spain	91.2	144.6	12.4	21.5	49.0	3.0	3.6	10.8	6,213	76.3	100
Sri Lanka	5.5	9.4	0.7	0.0	40.7	4.2	54.3	0.0	400	159.5	66
Sudan	10.7	17.7	0.0	0.0	21.8	0.7	77.5	0.0	95	91.5	30
Sweden	47.6	51.3	4.7	1.7	28.5	10.5	18.4	34.0	15,230	-3.8	100
Switzerland	24.8	28.2	0.6	9.6	46.0	10.1	7.2	25.8	8,279	11.7	100
Syrian Arab Republic	11.7	18.9	0.0	27.0	71.2	1.8	0.0	0.0	1,466	117.6	90
Tajikistan	5.6	3.6	1.3	13.4	44.7	39.1	0.0	0.0	2,241	-33.0	..
Tanzania	9.8	20.8	0.2	1.5	6.6	0.6	91.0	0.0	59	15.0	11
Thailand	43.9	103.4	12.1	25.8	44.4	0.7	16.6	0.0	2,080	181.4	99
Togo	1.3	2.4	0.0	0.0	13.4	0.3	84.5	0.0	98	12.6	17
Trinidad and Tobago	6.0	14.3	0.0	87.7	12.1	0.0	0.2	0.0	5,008	87.0	99
Tunisia	5.1	8.7	0.0	39.4	47.2	0.1	13.3	0.0	1,221	91.2	99
Turkey	52.9	94.0	28.1	27.6	33.4	5.5	5.5	0.0	2,053	130.2	..
Turkmenistan	19.6	17.3	0.0	71.3	29.4	0.0	0.0	0.0	2,123	-7.4	..
Ukraine	253.8	137.4	29.1	42.4	10.8	0.8	0.4	17.1	3,400	-29.0	..
United Arab Emirates	23.2	46.9	0.0	72.0	28.0	0.0	0.0	0.0	14,569	66.2	92
United Kingdom	212.3	231.1	17.9	35.1	36.3	0.3	1.7	8.5	6,192	15.6	100
United States	1,926.3	2,320.7	23.7	21.6	40.4	1.6	3.4	9.2	13,515	15.6	100
Uruguay	2.3	3.2	0.1	3.2	64.6	9.7	14.9	0.0	2,042	63.9	95
Uzbekistan	46.4	48.5	2.2	85.8	10.9	1.1	0.0	0.0	1,691	-29.1	..
Venezuela, R. B. de	43.9	62.2	0.1	37.6	50.6	11.0	0.9	0.0	3,175	28.9	99
Vietnam	24.3	52.3	16.8	9.5	23.4	3.9	46.4	0.0	598	511.2	84
Yemen, Rep. of	2.6	7.1	0.0	0.0	98.9	0.0	1.1	0.0	190	58.9	36
Zambia	5.5	7.3	1.4	0.0	9.7	11.0	78.2	0.0	730	-3.2	19
Zimbabwe	9.4	9.6	22.2	0.0	7.1	5.0	63.3	0.0	900	4.5	34
Dunia	8,637.3t	11,525.2t	26.6w	21.0w	35.7w	2.8w	9.8w	6.3w	2,750w	29.6w	..
Berpendapatan rendah	400.2	575.5	7.3	19.1	7.8	3.1	53.8	0.1	311	18.7	..
Berpendapatan menengah	3,797.2	5,348.7	35.8	19.2	29.9	3.2	12.3	2.0	1,647	58.2	..
Berpendapatan tinggi	4,479.4	5,659.1	13.9	22.9	43.7	2.5	3.4	11.0	9,675	27.5	..
Uni Eropa 15	1,324.2	1,542.8	20.5	24.5	40.9	2.4	5.0	15.1	7,058	25.5	..
OECD	4,521.8	5,537.4	20.5	21.9	39.7	2.8	3.8	11.1	8,413	24.4	..

a. Menunjukkan persen perubahan nilai dari variabel di antara periode yang diberikan. b. Data untuk tahun yang paling akhir yang tersedia.

Tabel A4 Bencana alam

	Mortalitas		Orang-orang yang terpengaruh			Kerugian ekonomi			Garis pantai	Populasi dalam wilayah low-elevation coastal	Daerah di wilayah low-elevation coastal
	Kekeringan	Banjir dan badai	Kekeringan	Banjir dan badai	Pembagian populasi	Kekeringan	Banjir dan badai	Kerugian terbesar per kejadian			
Jumlah orang		Jumlah orang (ribuan)		%	\$ (ribuan)		% GDP	kilometer	%	%	
1971–2008 ^a	1971–2008 ^a	1971–2008 ^a	1971–2008 ^a	1971–2008 ^a	1971–2008 ^a	1971–2008 ^a	1961–2008 ^b	2008	2000	2000	
Angola	2	7	69	18	2.2	0	263	..	1,600	5.3	0.3
Argentina	0	13	0	355	1.1	3,158	229,348	0.8	4,989	10.9	1.9
Australia	0	10	186	108	4.8	262,447	390,461	3.2	25,760	12.1	1.6
Bahamas, The	0	1	0	1	0.2	0	67,116	9.8	3,542	87.6	93.2
Bangladesh	0	5,673	658	8,751	9.1	0	445,576	9.8	580	45.6	40.0
Belize	0	2	0	8	3.6	0	14,862	200.2	386	40.3	15.6
Benin	0	3	58	56	5.3	17	214	..	121	21.0	1.6
Bolivia	0	22	92	62	2.4	25,411	43,050	18.7	0	0.0	0.0
Brazil	1	102	993	384	1.4	124,289	157,849	1.2	7,491	6.7	1.4
Cambodia	0	30	172	251	5.8	3,632	8,634	9.2	443	23.9	7.4
Chad	0	8	62	18	6.0	2,184	30	..	0	0.0	0.0
China	93	1,304	9,642	53,460	5.2	522,350	4,791,624	2.9	14,500	11.4	2.0
Costa Rica	0	5	0	39	1.0	632	19,668	2.4	1,290	2.4	3.5
Cuba	0	6	22	331	3.1	4,819	287,436	..	3,735	13.3	21.1
Czech Republic	0 ^c	2 ^c	0 ^c	8 ^c	0.1 ^c	0 ^c	122,263 ^c	3.2	0	0.0	0.0
Djibouti	0	6	26	18	8.5	0	151	..	314	40.6	1.9
Dominica	0	1	0	3	3.5	0	7,412	100.8	148	6.7	4.5
Dominican Republic	0	75	0	111	1.6	0	71,240	36.4	1,288	3.3	4.7
Ecuador	0	21	1	43	0.5	0	40,972	3.3	2,237	14.0	3.2
Ethiopia	10,536	51	1,361	59	6.6	2,411	424	..	0	0.0	0.0
Fiji	0	8	8	26	4.8	789	18,078	17.1	1,129	17.6	10.6
Georgia	0	3	18	1	0.8	5,263	15,259	26.8	310	6.2	2.2
Ghana	0	7	329	94	8.1	3	882	4.5	539	3.7	1.0
Grenada	0	1	0	2	1.6	0	23,803	205.1	121	6.4	6.5
Guatemala	1	73	5	24	0.2	632	48,434	3.9	400	1.4	2.1
Guyana	0	1	16	12	5.7	763	16,692	56.3	459	54.6	3.7
Haiti	0	225	55	131	2.8	0	21,707	62.6	1,771	9.2	5.1
Honduras	0	621	19	109	2.9	447	130,421	72.9	820	4.6	5.6
India	8	2,489	25,294	22,314	7.2	61,608	1,055,375	2.5	7,000	6.3	2.5
Indonesia	35	182	121	206	0.3	4,216	62,572	9.3	54,716	19.6	9.3
Iran, Islamic Rep. of	0	102	974	101	4.8	86,842	202,133	3.5	2,440	2.1	1.6
Italy	0	8	0	2	0.1	21,053	597,289	2.7	7,600	9.3	6.3
Jamaica	0	7	0	56	2.4	158	68,304	26.1	1,022	7.9	6.9
Jordan	0	1	9	0	0.2	0	26	7.5	26	0.0	0.0
Kenya	5	23	960	56	9.7	39	588	..	536	0.9	0.4
Korea, Dem. Rep. of	0	49	0	314	1.4	0	622,156	..	2,495	10.2	3.8
Korea, Rep. of	0	116	0	76	0.2	0	391,754	1.2	2,413	6.2	5.0
Lao PDR	0	5	112	123	6.3	26	8,657	22.8	0	0.0	0.0
Lebanon	0	1	0	3	0.1	0	4,342	2.8	225	13.7	1.6
Madagascar	5	54	74	231	3.6	0	55,337	14.8	4,828	5.5	2.7
Malawi	13	16	518	50	12.3	0	837	..	0	0.0	0.0
Malaysia	0	12	0	15	0.1	0	28,039	0.9	4,675	23.5	6.2
Mauritius	0	1	0	26	2.9	4,605	16,352	21.3	177	9.4	6.1
Mongolia	0	5	12	53	3.7	0	2,376	145.3	0	0.0	0.0
Mozambique	2,633	65	455	328	13.8	1,316	22,846	9.9	2,470	11.8	3.2
Nepal	0	137	121	87	2.0	263	25,804	24.6	0	0.0	0.0
Nicaragua	0	105	15	53	1.4	474	46,256	27.7	910	2.1	6.2
Niger	0	3	335	10	13.2	0	295	..	0	0.0	0.0
Pakistan	4	273	58	1,163	1.3	6,500	120,942	10.5	1,046	2.9	2.8
Peru	0	55	87	75	0.7	7,526	1,916	5.2	2,414	1.8	0.5
Philippines	0	743	172	2,743	4.5	1,696	164,362	11.0	36,289	17.7	7.7
Puerto Rico	0	15	0	5	0.1	53	82,789	3.2	501	18.4	10.8
Russian Federation	0 ^c	32 ^c	26 ^c	58 ^c	0.1 ^c	0 ^c	147,461 ^c	6.9	37,653	2.4	1.7
Samoa	0	1	0	7	4.6	0	13,858	248.4	403	23.6	8.4
Senegal	0	6	199	18	11.3	9,863	1,168	13.6	531	31.5	7.5
South Africa	0	34	460	22	1.1	26,316	50,502	0.7	2,798	1.0	0.1
Spain	0	22	158	21	2.5	280,526	245,471	2.4	4,964	7.7	1.3
Sri Lanka	0	45	165	282	3.1	0	12,049	3.7	1,340	11.8	8.3
St. Lucia	0	2	0	2	1.9	0	29,731	365.0	158	4.3	4.1
Sudan	3,947	19	611	155	6.0	0	14,505	1.1	853	0.6	0.1
Swaziland	13	1	43	24	18.3	46	1,426	10.7	0	0.0	0.0
Tajikistan	0 ^c	39 ^c	100 ^c	19 ^c	2.9 ^c	1,500 ^c	12,037 ^c	15.7	0	0.0	0.0
Tanzania	0	15	210	22	2.0	0	179	..	1,424	2.3	0.3
Thailand	0	95	618	929	2.2	11,166	132,709	..	3,219	26.3	6.9
Tunisia	0	8	1	7	0.1	0	8,889	7.8	1,148	14.8	3.3
United States	0	272	0	672	0.1	187,763	12,104,146	1.0	19,924	8.1	2.6
Vanuatu	0	3	0	6	4.4	0	5,395	139.9	2,528	4.5	7.4
Venezuela, R. B. de	0	801	0	20	0.1	0	84,697	3.3	2,800	6.8	3.6
Vietnam	0	393	161	1,749	3.0	17,082	157,603	..	3,444	55.1	20.2
Zimbabwe	0	4	365	9	10.7	67,105	7,308	29.3	0	0.0	0.0

a. Menunjukkan nilai rata-rata per tahun dari beberapa variabel selama periode 1971–2008. b. Data utama untuk tahun 1990 berdasarkan informasi bencana EM-DAT secara detail di Yugoslavia, Cekoslowakia, dan Uni Soviet.

Tabel A5 Lahan, air, dan pertanian

	Lahan arable	Pembagian lahan teririgasi	Produksi akuakultur	Dampak fisis yang diproyeksikan pada tahun 2050				Dampak pertanian yang diproyeksikan	
				Perubahan temperatur	Perubahan durasi gelombang panas	Presipitasi	Intensitas presipitasi	Output pertanian	Hasil pertanian
	Hektare (jutaan)	% lahan tanam	\$ (jutaan)	°C	Jumlah hari	% perubahan	% perubahan	% perubahan	% perubahan
	2005	2003	2007	2000–2050	2000–2050	2000–2050 ^a	2000–2050 ^a	2000–2080 ^a	2000–2050 ^a
Algeria	7.5	6.9	0.9	1.9	22.2	-4.9	7.2	-36.0	-6.7
Argentina	28.5	..	16.7	1.2	5.9	0.7	3.5	-11.1	-13.8
Australia	49.4	5.0	478.8	1.5	10.9	-1.4	2.1	-26.6	-16.4
Bangladesh	8.0	56.1	1,522.6	1.4	8.7	1.4	5.4	-21.7	8.9
Belarus	5.5	2.0	1.8	1.7	28.8	2.7	4.9	..	29.6
Bolivia	3.1	4.1	2.0	1.6	16.4	-0.9	2.5	..	-13.7
Brazil	59.0	4.4	598.0	1.5	13.5	-2.0	3.0	-16.9	-16.1
Bulgaria	3.2	16.6	18.2	1.7	27.2	-4.3	3.0	..	-7.0
Burkina Faso	4.8	0.5	0.9	1.4	5.7	0.3	0.0	-24.3	-4.4
Cambodia	3.7	7.0	7.6	1.2	4.0	3.3	1.7	-27.1	-19.3
Cameroon	6.0	0.4	0.8	1.3	2.0	0.9	3.0	-20.0	-6.6
Canada	45.7	1.5	788.2	2.1	28.2	8.5	4.9	-2.2	19.5
Chile	2.0	81.0	5,314.5	1.2	4.9	-3.5	1.2	-24.4	47.7
China	143.3	35.6	44,935.2	1.7	16.1	4.5	5.4	-7.2	8.4
Colombia	2.0	24.0	277.2	1.4	4.0	1.2	2.4	-23.2	-3.3
Congo, Dem. Rep. of	6.7	0.1	7.4	1.4	2.0	0.8	3.1	-14.7	-7.0
Côte d'Ivoire	3.5	1.1	2.2	1.3	1.9	-0.3	-0.2	-14.3	-12.9
Cuba	3.7	19.5	35.0	1.1	2.0	-12.0	-0.9	-39.3	-18.1
Czech Republic	3.0	0.7	49.5	1.7	20.3	0.3	4.6	..	14.3
Denmark	2.2	9.0	11.4	1.4	11.0	5.0	5.8	..	16.1
Egypt, Arab Rep. of	3.0	100.0	1,192.6	1.6	14.7	-7.0	-1.6	11.3	-27.9
Ethiopia	13.1	2.5	..	1.4	3.1	2.4	5.0	-31.3	0.5
Finland	2.2	2.9	63.8	2.1	29.6	5.6	4.4	..	15.7
France	18.5	13.3	757.2	1.5	12.3	-3.5	3.2	-6.7	-2.6
Germany	11.9	4.0	191.1	1.5	14.8	2.4	5.0	-2.9	9.5
Ghana	4.2	0.5	2.5	1.3	1.3	-1.0	0.8	-14.0	-10.1
Greece	2.6	37.9	533.3	1.7	16.0	-10.9	1.8	-7.8	-3.5
Hungary	4.6	3.1	4.6	1.9	25.0	-1.3	6.5	..	-10.8
India	159.7	32.9	4,383.5	1.6	10.8	1.9	2.7	-38.1	-12.2
Indonesia	23.0	12.4	2,854.9	1.2	0.4	1.8	2.5	-17.9	-17.7
Iran, Islamic Rep. of	16.5	47.0	451.1	1.8	19.9	-15.6	4.2	-28.9	-7.3
Iraq	5.8	58.6	35.8	1.8	22.3	-13.3	6.1	-41.4	-18.5
Italy	7.7	25.8	757.4	1.5	12.3	-7.0	4.6	-7.4	-2.7
Japan	4.4	35.1	4,279.9	1.4	4.0	0.5	3.8	-5.7	0.6
Kazakhstan	22.4	15.7	0.9	1.8	28.5	5.6	5.0	11.4	7.7
Kenya	5.3	1.8	6.3	1.2	2.5	7.5	8.0	-5.5	6.1
Korea, Dem. Rep. of	2.8	50.3	32.6	1.7	10.0	6.0	7.0	-7.3	-0.7
Madagascar	3.0	30.6	47.5	1.2	2.1	-4.1	1.1	-26.2	-0.5
Malawi	2.6	2.2	3.6	1.4	7.5	-0.1	2.4	-31.3	-3.0
Mali	4.8	4.9	0.6	1.7	16.1	8.4	3.8	-35.6	-9.6
Mexico	25.0	22.8	535.5	1.6	16.8	-7.2	1.6	-35.4	-0.5
Morocco	8.5	15.4	6.9	2.1	21.1	-16.8	5.3	-39.0	-25.2
Mozambique	4.4	2.6	4.6	1.3	5.9	-2.7	1.4	-21.7	-10.4
Myanmar	10.1	17.0	1,862.4	1.3	8.6	1.9	3.7	-39.3	-15.4
Nepal	2.4	47.1	43.7	1.7	21.8	3.6	4.9	-17.3	-10.6
Niger	14.5	0.5	0.9	1.6	16.1	5.6	2.5	-34.1	-1.7
Nigeria	32.0	0.8	24.8	1.3	4.1	0.6	1.1	-18.5	-9.9
Pakistan	21.3	82.0	214.2	1.8	19.8	-3.0	3.5	-30.4	-32.9
Peru	3.7	27.8	271.8	1.5	5.0	1.2	3.3	-30.6	0.6
Philippines	5.7	14.5	1,371.4	1.2	1.3	2.1	1.7	-23.4	-14.3
Poland	12.1	..	15.0	1.7	21.6	1.8	4.4	-4.7	16.7
Romania	9.3	5.8	22.5	1.7	28.9	-4.2	5.3	-6.6	-8.1
Russian Federation	121.8	3.7	326.1	2.2	29.5	8.8	5.5	-7.7	11.0
Saudi Arabia	3.5	42.7	186.4	1.8	13.9	-10.5	1.8	-21.9	-28.3
Senegal	2.6	4.8	0.2	1.6	6.0	-1.9	3.1	-51.9	-19.3
South Africa	14.8	9.5	33.3	1.5	9.5	-4.5	1.4	-33.4	-5.2
Spain	13.7	20.3	384.2	1.6	15.2	-11.9	0.9	-8.9	-1.3
Sudan	19.4	10.2	3.8	1.6	9.5	-0.6	-0.1	-56.1	-7.0
Sweden	2.7	4.3	21.4	1.8	22.0	5.1	5.3	..	19.8
Syrian Arab Republic	4.9	24.3	24.8	1.7	23.4	-13.6	3.7	-27.0	-4.5
Tanzania	9.2	1.8	0.1	1.3	2.3	4.4	6.0	-24.2	-2.0
Thailand	14.2	28.2	2,432.8	1.2	8.1	2.7	2.2	-26.2	-15.9
Togo	2.5	0.3	12.0	1.3	1.5	-2.0	-0.5	..	-14.0
Turkey	23.8	20.0	64.6	1.7	24.3	-10.2	1.0	-16.2	-1.0
Uganda	5.4	0.1	115.7	1.3	1.7	3.4	6.6	-16.8	-5.0
Ukraine	32.5	6.6	76.9	1.7	28.5	-0.7	4.0	-5.2	-7.4
United Kingdom	5.7	3.0	927.9	1.1	5.1	2.5	3.7	-3.9	3.2
United States	174.4	12.5	944.6	1.8	24.4	2.7	4.0	-5.9	-1.7
Uzbekistan	4.7	84.9	2.4	1.7	21.5	-0.1	3.4	-12.1	-2.8
Venezuela, R. B. de	2.7	16.9	65.8	1.6	10.3	-6.4	1.1	-31.9	-9.8
Vietnam	6.6	33.7	4,544.8	1.2	7.3	3.6	1.7	-15.1	-11.4
Zambia	5.3	2.9	8.7	1.5	8.1	0.6	3.9	-39.6	1.3
Zimbabwe	3.2	5.2	5.1	1.5	12.3	-3.7	4.8	-37.9	-10.6

a. Menunjukkan persentase perubahan nilai dari variabel selama periode yang diberikan.

Tabel A6 Kekayaan negara-negara

	Modal produksi dan lahan perkotaan									
	Total kekayaan	Modal tak berwujud	Modal alam	Padang rumput	Lahan tanam	Daerah yang dilindungi	Sumber daya hutan nonkayu	Sumber daya kayu	Aset subtanah	
	\$ per kapita	\$ per kapita	\$ per kapita	\$ per kapita	\$ per kapita	\$ per kapita	\$ per kapita	\$ per kapita	\$ per kapita	
	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	
Algeria	18,491	8,709	-3,418	13,200	426	859	161	16	68	11,670
Argentina	139,232	19,111	109,809	10,312	2,754	3,632	350	219	105	3,253
Australia	371,031	58,179	288,686	24,167	5,590	4,365	1,421	551	748	11,491
Austria	493,080	73,118	412,789	7,174	2,008	1,298	2,410	144	829	485
Bangladesh	6,000	817	4,221	961	52	810	9	2	4	83
Belgium	451,714	60,561	388,123	3,030	2,161	575	0	20	254	20
Bolivia	18,141	2,110	11,248	4,783	541	1,550	232	1,426	100	934
Brazil	86,922	9,643	70,528	6,752	1,311	1,998	402	724	609	1,708
Bulgaria	25,256	5,303	16,505	3,448	1,108	1,650	217	102	126	244
Burkina Faso	5,087	821	3,047	1,219	191	547	100	142	239	0
Cameroon	10,753	1,749	4,271	4,733	179	2,748	187	357	348	914
Canada	324,979	54,226	235,982	34,771	1,631	2,829	5,756	1,264	4,724	18,566
Chad	4,458	289	2,307	1,861	316	787	80	366	311	0
Chile	77,726	10,688	56,094	10,944	1,001	2,443	1,095	231	986	5,188
China	9,387	2,956	4,208	2,223	146	1,404	27	29	106	511
Colombia	44,660	4,872	33,241	6,547	978	1,911	253	266	134	3,006
Côte d'Ivoire	14,243	997	10,125	3,121	72	2,568	11	102	367	2
Dominican Republic	33,410	5,723	24,511	3,176	386	1,980	461	37	27	286
Ecuador	33,745	2,841	17,788	13,117	1,065	5,263	1,057	193	335	5,205
Egypt, Arab Rep. of	21,879	3,897	14,734	3,249	0	1,705	0	0	0	1,544
Ethiopia	1,965	177	992	796	197	353	167	16	63	0
France	468,024	57,814	403,874	6,335	2,091	2,747	1,026	77	307	87
Germany	496,447	68,678	423,323	4,445	1,586	1,176	1,113	39	263	269
Ghana	10,365	686	8,343	1,336	43	855	7	76	290	65
Greece	236,972	28,973	203,445	4,554	573	3,424	57	101	82	318
Guatemala	30,480	3,098	24,411	2,971	218	1,697	181	57	517	301
Haiti	8,235	601	6,840	793	112	668	3	3	8	0
Hungary	77,072	15,480	56,645	4,947	1,131	2,721	366	42	152	536
India	6,820	1,154	3,738	1,928	192	1,340	122	14	59	201
Indonesia	13,869	2,382	8,015	3,472	50	1,245	167	115	346	1,549
Iran, Islamic Rep. of	24,023	3,336	6,581	14,105	611	1,989	109	26	0	11,370
Italy	372,666	51,943	316,045	4,678	1,083	2,639	543	51	0	361
Japan	493,241	150,258	341,470	1,513	316	710	364	56	38	28
Kenya	6,609	868	4,374	1,368	529	361	113	129	235	1
Korea, Rep. of	141,282	31,399	107,864	2,020	275	1,241	441	30	0	33
Madagascar	5,020	395	2,944	1,681	345	955	36	171	174	0
Malawi	5,200	542	3,873	785	45	474	26	56	184	0
Malaysia	46,687	13,065	24,520	9,103	24	1,369	161	188	438	6,922
Mali	5,241	621	2,463	2,157	295	1,420	44	276	121	0
Mexico	61,872	18,959	34,420	8,493	721	1,195	176	128	199	6,075
Morocco	22,965	3,435	17,926	1,604	453	993	7	24	22	106
Mozambique	4,232	478	2,695	1,059	57	261	9	392	340	0
Nepal	3,802	609	1,964	1,229	111	767	81	38	233	0
Netherlands	421,389	62,428	352,222	6,739	3,090	1,035	527	7	27	2,053
Niger	3,695	286	1,434	1,975	187	1,598	152	28	9	1
Nigeria	2,748	667	-1,959	4,040	78	1,022	6	24	270	2,639
Pakistan	7,871	975	5,529	1,368	448	549	94	4	7	265
Peru	39,046	5,562	29,908	3,575	341	1,480	98	570	153	934
Philippines	19,351	2,673	15,129	1,549	45	1,308	59	17	90	30
Portugal	207,477	31,011	172,837	3,629	934	1,724	385	107	438	41
Romania	29,113	8,495	16,110	4,508	1,154	1,602	175	65	290	1,222
Russian Federation	38,709	15,593	5,900	17,217	1,342	1,262	1,317	1,228	292	11,777
Rwanda	5,670	549	3,055	2,066	98	1,849	27	9	81	2
Senegal	10,167	975	7,920	1,272	196	608	78	147	238	4
South Africa	59,629	7,270	48,959	3,400	637	1,238	51	46	310	1,118
Spain	261,205	39,531	217,300	4,374	971	2,806	360	105	81	50
Sri Lanka	14,731	2,710	11,204	817	84	485	166	24	58	0
Sweden	513,424	58,331	447,143	7,950	1,676	1,120	1,549	908	2,434	263
Syrian Arab Republic	10,419	3,292	-1,598	8,725	730	1,255	0	6	0	6,734
Thailand	35,854	7,624	24,294	3,936	96	2,370	855	55	92	469
Tunisia	36,537	6,270	26,328	3,939	736	1,546	8	12	27	1,610
Turkey	47,859	8,580	35,774	3,504	861	2,270	86	34	64	190
United Kingdom	408,753	55,239	346,347	7,167	1,291	583	495	14	44	4,739
United States	512,612	79,851	418,009	14,752	1,665	2,752	1,651	238	1,341	7,106
Venezuela, R. B. de	45,196	13,627	4,342	27,227	581	1,086	1,793	464	0	23,302
Zambia	6,564	694	4,091	1,779	98	477	78	716	276	134
Zimbabwe	9,612	1,377	6,704	1,531	258	350	70	341	211	301
Dunia	95,860	16,850	74,998	4,011	536	1,496	322	104	252	1,302
Berpendapatan rendah	7,532	1,174	4,434	1,925	189	1,143	111	48	109	325
Berpendapatan menengah	27,616	5,347	18,773	3,426	407	1,583	129	120	169	1,089
Berpendapatan tinggi (OECD)	439,063	76,193	353,339	9,531	1,552	2,008	1,215	183	747	3,825

Tabel A7 Inovasi, penelitian, dan pengembangan

	Pengeluaran untuk penelitian dan pengembangan	Para peneliti di R&D	Triadic patent families	Indeks pengetahuan ekonomi	Ketersediaan teknologi terbaru	Penyerapan teknologi pada tingkat perusahaan
	% GDP	per juta orang	per juta orang	Indeks	Indeks	Indeks
	2005–2006 ^a	2005–2006 ^a	2005	2008	2008–2009 ^a	2007–2009 ^a
Austria	2.4	3,473	39.7	8.9	6.2	6.2
Belgium	1.9	3,188	34.4	8.7	6.1	5.5
Canada	2.0	..	24.0	9.2	6.2	5.6
China	1.3	..	0.3	4.4	4.2	5.1
Czech Republic	1.4	2,371	..	7.8	5.1	5.4
Denmark	2.5	5,202	42.2	9.6	6.5	6.2
Estonia	0.9	2,478	..	8.3	5.8	5.5
Finland	3.5	7,545	53.0	9.4	6.6	6.1
France	2.1	3,353	39.4	8.5	6.2	5.6
Germany	2.5	3,359	76.4	8.9	6.2	6.0
Greece	0.5	1,744	..	7.4	4.7	4.4
Hungary	0.9	1,574	4.1	7.9	4.7	4.7
Iceland	2.8	7,287	..	8.9	6.7	6.6
India	..	..	0.1	3.1	5.2	5.5
Ireland	1.3	2,797	15.0	8.9	5.5	5.5
Israel	4.5	..	60.3	8.2	6.1	6.0
Italy	1.1	1,407	12.3	7.9	4.7	4.6
Japan	3.3	5,512	117.2	8.6	6.2	6.3
Korea, Rep. of	3.0	3,756	58.4	7.7	5.8	5.8
Kuwait	..	74	..	6.0	5.4	5.5
Lithuania	0.8	2,230	..	7.7	5.0	5.0
Luxembourg	1.6	4,877	50.5	8.7	5.7	5.5
Macedonia, FYR	0.2	547	..	5.3	3.6	3.4
Netherlands	1.7	2,477	66.9	9.3	6.2	5.5
New Zealand	1.2	4,207	15.3	8.9	..	5.5
Norway	1.5	4,668	25.6	9.3	6.4	6.1
Poland	0.1	1,627	..	7.4	4.4	4.7
Portugal	..	2,007	..	7.5	5.7	5.4
Russian Federation	1.1	3,227	0.4	5.4	3.9	4.1
Singapore	2.4	5,497	24.3	8.2	6.2	6.0
Slovak Republic	0.5	2,027	..	7.3	5.1	5.4
Slovenia	1.5	2,627	..	8.3	5.1	4.9
South Africa	0.9	361	0.6	5.6	5.4	5.5
Spain	1.1	2,528	4.5	8.2	5.2	5.0
Sweden	3.9	6,095	81.0	9.5	6.6	6.2
Switzerland	..	..	107.6	9.2	6.4	6.2
Tunisia	1.0	1,450	..	4.7	5.4	5.4
Ukraine	1.0	..	..	5.8	4.2	4.5
United Kingdom	1.8	2,995	27.4	9.1	6.2	5.6
United States	2.6	4,651	53.1	9.1	6.5	6.3

Catatan: Empat puluh negara yang ditunjukkan dalam tabel dipilih berdasarkan ketersediaan data untuk paling sedikit 4 dari 6 variabel.

a. Data untuk tahun yang paling akhir yang tersedia.

Definisi dan catatan

Tabel A1 Emisi terkait energi

Kolom	Indikator	Catatan
	Emisi karbon dioksida	
1, 2	Total tahunan (juta metrik ton)	Total emisi CO ₂ dari sektor energi, termasuk produksi listrik dan panas, konstruksi dan manufaktur, semburan gas, transportasi, dan industry lainnya dari WRI (2008). Emisi dari proses industrialisasi (terutama produksi semen) yang berjumlah sekitar 4% dari emisi CO ₂ global yang terkait energi tidak disertakan. Emisi CO ₂ tahunan pada 2005 digunakan untuk memotong tabel menjadi 65 perekonomian yang mempunyai andil untuk 99% emisi CO ₂ global tahunan pada sektor energi. Jumlahnya didasarkan pada daftar lengkap 210 negara.
2, 3	Perubahan (%)	Persentase perubahan pada emisi CO ₂ yang terkait energi antara 1990 (tahun dasar) dan 2005.
4, 5	Per kapita (metrik ton)	Emisi tahunan dibagi berdasarkan populasi pada pertengahan tahun (World Bank 2009) yang dituangkan dalam bentuk ton CO ₂ per orang.
6	Bagian dari total dunia	Bagian dari emisi total CO ₂ terkait energi yang dikenakan ke negara bersangkutan, kelompok penerimaan, atau regional.
7	Kumulatif sejak 1850 (miliar metrik ton)	Emisi CO ₂ kumulatif antara tahun 1850 dan 2005 dari DOE (2009). Sumber emisi termasuk pembakaran bahan bakar padat, cair, dan gas, seperti produksi semen dan semburan gas. Mengikuti konsistensi historis, digunakan data produksi bahan bakar daripada konsumsi bahan bakar. Emisi CO ₂ tidak menyertakan emisi dari limbah, pertanian, perubahan tata guna lahan, atau gudang bahan bakar yang digunakan untuk transportasi internasional. Emisi kumulatif didasarkan pada ketersediaan data cakupan data untuk mayoritas 25 emiter terbesar mulai dari tahun 1850 dan untuk negara-negara yang lebih kecil dan negara kepulauan mulai antara tahun 1900 dan 1950.
8, 9	Total emisi non-CO ₂ tahunan (juta ton CO ₂ ekuivalen)	Total emisi metana (CH ₄) dan nitrogen oksida (N ₂ O) dalam CO ₂ ekuivalen dari sektor energi berdasarkan WRI (2008). Indikator ini termasuk emisi dari pembakaran biomassa, sistem minyak dan gas alam, penambangan batu bara, dan sumber-sumber lainnya yang tidak bergerak dan bergerak. CO ₂ ekuivalen menunjukkan kuantitas campuran gas rumah kaca dalam bentuk kuantitas CO ₂ yang akan diproduksi setara dengan jumlah pemanasan seperti yang akan terjadi karena campuran gas (lihat Glosarium).
10, 11	Intensitas karbon dari energi (metrik ton CO ₂ per ton minyak ekuivalen)	Rasio emisi karbon dioksida terhadap produksi energi. Rasio ini mengukur kehijauan produksi energi dan dituangkan dalam bentuk ton CO ₂ (WRI 2008) per ton minyak ekuivalen (IEA 2008a, 2008b).
12, 13	Intensitas pendapatan karbon (metrik ton CO ₂ per seribu \$PPP PDB)	Rasio emisi karbon dioksida terhadap produk domestik bruto. Ukuran ini merupakan sebuah indikator kehijauan ekonomi dan dituangkan dalam bentuk ton CO ₂ per 1000 dollar PPP PDB. Emisi berasal dari WRI (2008), data PDB dari World Bank (2009).

Tabel A2 Emisi berbasis lahan
 Tabel A2a Emisi CO₂ dari deforestasi

Kolom	Indikator	Catatan
1, 2	Rata-rata emisi CO ₂ tahunan (juta metrik ton) dan peringkat	Emisi CO ₂ yang disebabkan oleh deforestasi didasarkan pada Houghton (2009) dan diturunkan dari perkiraan perubahan tutupan hutan tropis oleh 2005 UN Forest Resources Assessment (FAO 2005). Perkiraan emisi CO ₂ dari deforestasi bervariasi sepanjang waktu dan juga menghasilkan data yang tidak tentu: Terdapat variasi untuk beberapa perkiraan tingkat deforestasi dan perkiraan simpanan karbon pada hutan yang dikonversi untuk penggunaan yang lain. Untuk memperhitungkan tren tahun ke tahun dan pengukuran ketidakpastian, jumlah yang dilaporkan di sini didasarkan pada rata-rata emisi tahunan antara 1990 dan 2005. 25 kontributor emisi CO ₂ terbesar pada 2005, ditunjukkan pada tabel, bertanggung jawab terhadap sekitar 95% jumlah total dunia. Deforestasi bersih untuk negara-negara berpendapatan tinggi diperkirakan mendekati nol atau bernilai negatif. Peringkatnya didasarkan pada rata-rata emisi tahunan untuk periode 1990–2005.
3, 4	Emisi CO ₂ per kapita (metrik ton) dan peringkat	Rata-rata emisi tahunan dari deforestasi dibagi oleh populasi pada pertengahan tahun yang dituangkan dalam bentuk ton CO ₂ per orang. Jumlah populasi dari World Bank (2009). Peringkat emisi per kapita berdasarkan 186 negara (lihat Bab 1, Figur 1.1).
5	Rata-rata pembagian jumlah total dunia (%)	Pembagian emisi CO ₂ didasarkan pada rata-rata emisi tahunan antara 1990 dan 2005 sebagai persentase emisi global yang disebabkan oleh deforestasi.

Tabel A2.b Emisi non-CO₂ dari pertanian

Kolom	Indikator	Catatan
1, 2	Emisi tahunan (juta metrik ton CO ₂ ekuivalen)	Total emisi metana dan nitrogen oksida dari sektor pertanian diukur dalam CO ₂ ekuivalen dari WRI (2008). CO ₂ ekuivalen menunjukkan kuantitas campuran gas rumah kaca dalam bentuk kuantitas CO ₂ yang akan diproduksi setara dengan jumlah pemanasan yang akan terjadi karena campuran gas (lihat Glosarium). Emisi dari sektor pertanian dihasilkan terutama dari penanaman padi, tanah pertanian, pengelolaan kotoran hewan, dan fermentasi enterik (mengeluarkan) dari ternak. Konsisten dengan kategori IPCC untuk sumber daya dan penangkapan karbon, CO ₂ diasosiasikan dengan pembakaran bahan bakar pada sektor pertanian termasuk ke dalam energi, bukan sektor pertanian. 25 kontributor terbesar pada emisi pertanian ditunjukkan pada tabel yang bertanggung jawab untuk 70 persen jumlah total dunia.
3	Pembagian jumlah total dunia (%)	Pembagian emisi total dunia dari sektor pertanian dikenakan pada negara atau regional yang bersangkutan.
4–7	Emisi per kapita (juta metrik ton CO ₂ ekuivalen) dan peringkat	Emisi tahunan dari sektor pertanian dibagi berdasarkan populasi pada pertengahan tahun 1990 dan 2005 (World Bank 2009) dituangkan dalam bentuk ton CO ₂ ekuivalen per orang. Tingkat emisi per kapita didasarkan pada rangkain lengkap lebih dari 200 negara.

Tabel A3 Total suplai energi primer

Kolom	Indikator	Catatan
1, 2	Total suplai energi primer tahunan (juta metrik ton minyak ekuivalen)	Total suplai energi primer (total primary energy supply/TPES) adalah sebuah ukuran konsumsi energi komersial. TPES merupakan jumlah produksi, impor, dan perubahan stok pribumi, dikurangi ekspor dan gudang laut internasional. Pembagian yang lebih kecil dari bahan bakar fosil dan pembagian yang lebih besar dari sumber daya terbarukan pada TPES merupakan sebuah indikator jalur sebuah negara menuju ekonomi hijau. Data untuk 135 negara OECD dan non-OECD masing-masing diambil dari IEA (2008a) dan IEA (2008b).
3–5	Pembagian bahan bakar fosil pada TPES (%)	Pembagian total energi primer yang diturunkan dari bahan bakar fosil, termasuk batu bara, minyak, dan gas alam. Pembagian batu bara termasuk batu bara dan produk batu bara (IEA 2008a, 2008b). Pembagian minyak termasuk minyak mentah, gas alam cair, stok pangan, dan produk minyak tanah.
6, 7	Pembagian energi terbarukan pada TPES (%)	Pembagian total energi primer yang diturunkan dari tenaga air, surya, angin, panas bumi, biomassa, dan limbah (IEA 2008a, 2008b). Biomassa, yang juga dirujuk sebagai bahan bakar tradisional, terdiri atas bahan-bahan dari tumbuhan dan hewan (kayu, limbah tanaman, etanol, bahan-bahan/limbah dari hewan, dan cairan sulfat). Limbah terdiri atas limbah perkotaan (limbah yang berasal dari perumahan, komersial, dan layanan sektor publik yang dikumpulkan oleh otoritas lokal untuk dibuang di lokasi terpusat untuk produksi panas dan/atau pembangkit tenaga) dan limbah industri.
8	Pembagian nuklir pada TPES (%)	Pembagian total energi diturunkan dari pembangkit tenaga nuklir (IEA 2008a, 2008b).
9, 10	Konsumsi listrik per kapita (kilowatt-jam)	Konsumsi listrik per kapita mengukur rata-rata kilowatt-jam tenaga listrik yang dihasilkan per orang di suatu negara atau region tertentu dari IEA (2008c) dan IEA (2008d). Pengukuran tersebut memasukkan pembangkit listrik publik dan swasta, dan mengombinasikan panas dan pembangkit tenaga seperti pada produksi oleh nuklir dan hidro (tidak memasukkan penyimpanan produksi yang dipompa), panas bumi, hidro, angin, surya, dan sumber daya terbarukan lainnya. Listrik yang dihasilkan oleh panas dari proses kimia tidak disertakan di sini. Konsumsi listrik setara dengan jumlah produksi dan impor dikurangi ekspor dan kerugian distribusi.
11	Tingkat elektrifikasi (%)	Pembagian populasi dengan akses pada listrik antara tahun 2000 dan 2006 dari IEA (2002, 2006).

Tabel A4 Bencana alam

Kolom	Indikator	Catatan
1, 2	Mortalitas (jumlah orang)	Jumlah penduduk meninggal dunia dan orang hilang dan dianggap meninggal dunia (secara resmi digambarkan ketika tersedia) selama kejadian bencana (termasuk kekeringan, banjir, dan badai) berdasarkan CRED (2009). Jumlahnya merupakan rata-rata tahunan dari periode 1971–2008.
3–5	Penduduk terdampak (ribuan orang)	Penduduk yang terluka, kehilangan rumah, dan memerlukan bantuan segera selama bencana (termasuk kekeringan, banjir, dan badai); juga termasuk penduduk yang dipindahkan atau dievakuasi berdasarkan CRED (2009). Jumlahnya merupakan rata-rata tahunan dari periode 1971–2008.
6, 7	Kerugian ekonomi (ribuan dollar)	Perkiraan kerusakan yang disebabkan oleh kejadian bencana dalam \$ berdasarkan CRED (2009). Jumlahnya merupakan rata-rata kerusakan tahunan untuk periode 1971–2008.
8	Kerugian terbesar setiap kejadian (% PDB)	Perkiraan kerusakan yang disebabkan oleh kerugian besar karena kejadian serangan yang cepat atau lambat antara 1961 dan 2008 (Mechler dkk. 2009). Tabel mendaftar perekonomian yang setidaknya mengalami kerugian melampaui 0,8% PDB pada setiap kejadian selama periode ini. Bentuk kejadian termasuk kekeringan, banjir, badai, serangan hawa dingin, dan kebakaran hutan. Kerugian terbesar setiap kejadian didefinisikan sebagai kerugian total dari sebuah kejadian dalam \$ (CRED 2009) dibagi berdasarkan total PDB (World Bank 2009).
9	Garis pantai (kilometer)	Panjang total garis batas antara daratan (termasuk pulau-pulau) dan lautan dari CIA (2009).
10	Populasi di daerah pantai yang landai (%)	Pembagian total populasi yang tinggal di daerah pantai yang landai (didefinisikan sebagai daerah daratan yang berdampingan dengan pantai dan tingkat kemiringan 10 persen atau kurang) dari CIESIN (2006).
11	Daerah di zona pantai yang landai (%)	Pembagian daerah di zona pantai yang landai (didefinisikan sebagai daerah daratan yang berdampingan dengan pantai dan tingkat kemiringan 10 persen atau kurang) dari CIESIN (2006).

Tabel A5 Daratan, air, dan dampak terproyeksi perubahan iklim

Kolom	Indikator	Catatan
1	Lahan yang dapat ditanami (juta hektare)	Tanah yang dapat ditanami adalah lahan yang cocok untuk budidaya tanaman pangan yang ditanam ulang setelah panen seperti gandum, jagung, dan padi. Dari World Bank (2009).
2	Pembagian lahan beririgasi (% lahan tanam)	Pembagian total lahan tanam yang beririgasi dari World Bank (2009).
3	Produksi akuakultur/budidaya perairan (juta \$)	Produksi akuakultur termasuk pertanian organisme perairan seperti ikan, mollusca, kerang-kerangan, dan tanaman air pada air payau, air tawar, atau air laut; keduanya di perairan daratan dan lautan. Produksi akuakultur khususnya ditujukan untuk hasil dari aktivitas akuakultur, yang dirancang untuk panen akhir untuk konsumsi. Data dari FAO (2009).
4–7	Dampak fisik yang diproyeksikan	Dampak fisik perubahan iklim diproyeksikan pada pertengahan abad 21. Indikator terpilih termasuk perubahan pada rata-rata suhu tahunan, perubahan curah hujan, dan intensitas curah hujan, serta perubahan pada durasi gelombang panas. Proyeksi-proyeksi ini memperkirakan rerata gesekan 19 model umum sirkulasi yang digunakan untuk IPCC Fourth Assessment (IPCC 2007). Perubahannya diperkirakan untuk periode waktu masa depan pada 2030–2049 relatif terhadap 1980–1999. Indikator ini merupakan rata-rata bobot spasial untuk masing-masing negara.
8, 9	Dampak pertanian yang diproyeksikan	Persentase perubahan pada output pertanian (didefinisikan sebagai pendapatan per hektar) antara 2000 dan 2080 berdasarkan “perkiraan terpilih” dari Cline (2007). Dampak pada hasil pertanian didefinisikan sebagai rata-rata persentase perubahan pada hasil panen antara 2000 dan 2050 untuk gandum, padi, jagung, juwawut, kacang polong, bit gula, kentang manis, kedelai, kacang tanah, kuwaci, dan biji-bijian berdasarkan Müller dkk. (2009).

Tabel A6 Kekayaan negara-negara

Kolom	Indikator	Catatan
1	Total kekayaan (\$ per kapita)	Jumlah kekayaan negara telah diproduksi di masa lalu, mencerminkan nilai semua barang-barang, sumber daya, dan layanan termasuk modal alami, modal yang diproduksi, dan modal tak berwujud. Subkategori modal alami termasuk sumber daya hutan, tanah, dan pertanian, yang mengindikasikan ketergantungan negara pada sumber daya alami dan kerentanan terhadap perubahan iklim. Semua indikator dituangkan dalam bentuk nilai per kapita yang diperoleh setelah memisahkan nilai total dari populasi pada pertengahan tahun (World Bank 2005).
2	Modal yang diproduksi (\$ per kapita)	Modal yang diproduksi termasuk mesin, perlengkapan, serta stuktur dan lahan perkotaan.
3	Modal tak berwujud (\$ per kapita)	Modal tak berwujud termasuk buruh kasar, modal manusia, modal sosial, dan faktor-faktor lain seperti kualitas institusi. Modal-modal tersebut dihitung sebagai residu, perbedaan antara total kekayaan dan jumlah produksi dan modal alami.
4	Modal alami (\$ per kapita)	Modal alami termasuk sumber daya energi (minyak, gas alam, dan batu bara padat, dan batu bara mudal/lignite), sumber daya mineral (bauksit, tembaga, emas, besi, nikel, fosfat, timah, dan seng), sumber daya kayu, sumber daya hutan nonkayu, lahan tanam, lahan padang rumput, dan area terlindungi.
5	Peternakan (\$ per kapita)	Modal alami yang digabungkan dengan peternakan mencerminkan nilai tahunan padang rumput untuk memproduksi barang-barang. Imbal balik untuk peternakan diperkirakan sebesar 45 persen dari nilai output, yang didasarkan pada produksi daging sapi, daging kambing, susu, dan nilai wool pada harga internasional.
6	Lahan tanam (\$ per kapita)	Modal alami digabungkan dengan lahan tanam mencerminkan nilai produksi pertanian yang didasarkan pada lahan tanam yang tersedia. Imbal balik lahan tanam dihitung sebagai selisih antara nilai pasar tanaman pangan dan biaya produksi tanaman pangan tertentu.
7	Area terlindungi (\$ per kapita)	Modal alami yang digabungkan dengan area terlindungi mencerminkan nilai keuntungan tahunan yang digabungkan dengan area terlindungi termasuk nilai rekreasi, turisme, dan nilai lainnya.
8	Sumber daya hutan non-kayu (\$ per kapita)	Keuntungan hutan nonkayu termasuk produksi minor hutan, perburuan, rekreasi, dan perlindungan badan air. Keuntungan tahunan diturunkan dengan mengasumsikan bahwa sepersepuluh luas hutan di masing-masing negara dapat diakses dengan keuntungan antara \$190 per hektar di negara-negara maju sampai \$145 per hektar di negara-negara berkembang.
9	Sumber daya kayu (\$ per kapita)	Sumber daya kayu didasarkan pada produksi kayu bulat (kayu gelondongan) dari hutan konifer dan non-konifer. Oleh karena nilai pasar digunakan untuk memperkirakan nilai kayu, perbedaan dibuat berdasarkan hutan yang tersedia dan tidak tersedia untuk pasokan kayu. Luas hutan yang tersedia untuk pasokan kayu didefinisikan sekitar 50 kilometer infrastruktur.
10	Aset subsoil (\$ per kapita)	Aset subsoil merupakan jaminan cadangan persediaan mineral yang berlokasi di atas atau di bawah permukaan bumi yang dapat dieksploitasi secara ekonomi, dengan teknologi saat ini dan nilai relatif yang diberikan.

Tabel A7 Inovasi, penelitian, dan pengembangan

Kolom	Indikator	Catatan
1	Pengeluaran penelitian dan pengembangan (% PDB)	Pengeluaran untuk penelitian dan pengembangan (R&D) merupakan pengeluaran saat ini dan pengeluaran modal (baik publik maupun swasta) pada pekerjaan kreatif secara sistematis untuk meningkatkan pengetahuan, termasuk pengetahuan tentang kemanusiaan, kebudayaan, dan masyarakat, serta penggunaan pengetahuan untuk aplikasi baru. R&D mencakup penelitian dasar, penelitian terapan, dan pengembangan percobaan. Pembagian pengeluaran R&D dibagi berdasarkan PDB untuk tahun yang diberikan. Data berasal dari World Bank.
2	Peneliti pada R&D (per juta orang)	Jumlah peneliti pada R&D ditunjukkan dalam jumlah per juta orang.
3	Triadic patent families (per juta orang)	Didefinisikan sebagai serangkaian paten, untuk penemuan tunggal, didanai oleh European Patent Office, Japan Patent Office, dan United States Patent and Trademark Office. Hal ini adalah indikator yang baik untuk sejumlah paten yang diajukan dan paten per kapita (OECD 2008).
4	Knowledge Economy Index (KEI) Indeks Pengetahuan Ekonomi)	Indeks Pengetahuan Ekonomi (World Bank 2008) adalah jumlah indeks yang didasarkan pada World Bank Knowledge Assessment Methodology 2008 (KAM) dan menunjukkan keseluruhan kesiapsiagaan sebuah negara atau region untuk pengetahuan ekonomi. KEI disusun sebagai rata-rata sederhana dari 4 sub-indeks, yang mencerminkan 4 pilar pengetahuan ekonomi: (1) Insentif Ekonomi dan Regim Institusional, (2) Pendidikan dan Pelatihan, (3) Inovasi dan Adopsi Teknologi, dan (4) Infrastruktur Teknologi Informasi dan Komunikasi.
5	Ketersediaan teknologi terkini	Indeks mendefinisikan ketersediaan teknologi terkini di sebuah negara. Indeks-nya berkisar antara 1 (teknologi tidak tersedia dan digunakan secara luas) dan 7 (teknologi tersedia dan digunakan secara luas). Untuk daftar lengkap negara, lihat World Economic Forum (2009).
6	Indeks absorpsi teknologi tingkat perusahaan	Indeks mendefinisikan kapasitas negara untuk menyerap teknologi baru. Indeks-nya berkisar antara 1 (tidak mampu menyerap teknologi) dan 7 (agresif dalam menyerap teknologi baru). Untuk daftar lengkap negara, lihat World Economic Forum (2009).

Simbol dan agregat

- .. Menunjukkan bahwa data tidak tersedia atau bahwa agregat tidak dapat dihitung karena tidak adanya data pada tahun yang ditunjukkan.
- 0 atau 0,0 Menunjukkan bahwa nol atau kurang dari separuh satuan yang ditunjukkan.

Ukuran jumlah untuk kelompok region dan pendapatan dihitung dengan penjumlahan sederhana ketika kelompok-kelompok ditunjukkan dalam tingkatan. Tingkat dan rasio jumlah dihitung sebagai bobot rata-rata.

Ringkasan jumlah merupakan total (diindikasikan oleh **t** jika jumlah memasukkan perkiraan untuk data hilang dan negara-negara yang tidak melaporkan atau oleh **s** untuk penjumlahan data yang tersedia), bobot rata-rata (**w**), atau nilai tengah (**m**) dihitung untuk kelompok ekonomi. Data untuk negara-negara yang tidak dimasukkan dari tabel utama telah dimasukkan ketika menghitung ringkasan pengukuran.

Referensi

- CIA. 2009. "The World Factbook 2009." Washington, DC: Central Intelligence Agency. Terdapat pada <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/index.html> (diakses Juli 2009).
- CIESIN. 2006. "Low Elevation Coastal Zone (LECZ) Urban-Rural Estimates, Global Rural-Urban Mapping Project (GRUMP), Alpha Version." Palisades, NY: Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC), Columbia University. Terdapat pada <http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw/lec2> (diakses Juli 2009).
- Cline, W. R. 2007. *Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country*. Washington, DC: Center for Global Development and Peterson Institute for International Economics.
- CRED. 2008. "EM-DAT: The OFDA/CRED International Emergency Disaster Database." Brussels, Belgium: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), Université Catholique de Louvain - Ecole de Santé Publique.
- DOE (U.S. Department of Energy). 2009. "Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC)." DOE, Oak Ridge, TN.
- FAO. 2009. "Global Aquaculture Production 1950–2007." Rome, Italy: UN Food and Agriculture Organization Fisheries and Aquaculture Department. Terdapat pada <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/en> (accessed July 2009).
- Houghton, R. A. 2009. "Emissions of Carbon from Land Management." Latar belakang catatan untuk WDR 2010.
- IEA (International Energy Agency). 2002. *World Energy Outlook 2002*. Paris: IEA.
- . 2006. *World Energy Outlook 2006*. Paris: IEA.
- . 2008a. *Energy Balances of Non-OECD Countries—2008 Edition*. Paris: IEA.
- . 2008b. *Energy Balances of OECD Countries—2008 Edition*. Paris: IEA.
- . 2008c. *Energy Statistics of Non-OECD Countries—2008 Edition*. Paris: IEA.
- . 2008d. *Energy Statistics of OECD Countries—2008 Edition*. Paris: IEA.
- Mechler, R., S. Hochrainer, G. Pflug, K. Williges, dan A. Lotsch. 2009. "Assessing the Financial Vulnerability to Climate-Related Natural Hazards." Latar belakang makalah untuk WDR 2010.
- Müller, C., A. Bondeau, A. Popp, K. Waha, and M. Fader. 2009. "Climate Change Impacts on Agricultural Yields." Latar belakang catatan untuk WDR 2010.
- OECD. 2008. *Compendium of Patent Statistics 2008*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- . 2009. "OECD Science and Technology Database - Main Science and Technology Indicators." Paris, Organisation for Economic Co-operation and Development. Tersedia pada <http://www.sourceoecd.org> (diakses Juli 2009).
- World Bank. 2005. *Where is the Wealth of Nations? Measuring Capital for the 21st Century*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008. "Knowledge Assessment Methodology - Knowledge Economy Index (KEI)." Washington,

- DC: World Bank. Available at http://info.worldbank.org/etools/kam2/KAM_page5.asp (diakses Agustus 2009).
- . 2009. *World Development Indicators 2009*. Washington, DC: World Bank.
- World Economic Forum. 2009. *Global Information Technology Report 2008–2009*. Geneva, Switzerland: World Economic Forum.
- WRI. 2008. “Climate Analysis Indicators Tool (CAIT).” Washington, DC: World Resources Institute.

Indikator Pembangunan Dunia Terpilih 2010

Pada edisi ini, data pembangunan ditampilkan dalam enam tabel yang menunjukkan data sosial-ekonomi yang komparatif untuk lebih dari 130 perekonomian untuk tahun yang paling akhir di mana datanya tersedia dan beberapa indikator untuk tahun yang sebelumnya. Suatu tabel tambahan menampilkan indikator-indikator dasar untuk 78 perekonomian dengan data yang tidak banyak atau dengan populasi kurang dari 3 juta.

Indikator-indikator yang ditampilkan di sini merupakan suatu pilihan dari 800 lebih indikator yang disertakan dalam *World Development Indicators 2009*. WDI iterbitkan setiap tahun dan mencerminkan suatu pandangan yang komprehensif mengenai proses pembangunan. Enam bagian di WDI mengenali kontribusi dari berbagai kisaran faktor: kemajuan pada Millennium Development Goals dan pembangunan modal manusia, keberlanjutan lingkungan, kinerja makroekonomi, pembangunan sektor swasta dan iklim investasi, serta tautan-tautan global yang memengaruhi lingkungan luar untuk pembangunan. Perhatikan bahwa tabel kemiskinan untuk tahun ini (Tabel 2) menyertakan estimasi-estimasi kemiskinan menggunakan garis kemiskinan sebesar \$1,25 per hari dan \$2 per hari yang didasarkan pada estimasi PPP (paritas daya beli) yang baru dengan tolok ukurnya pada tahun 2005.

WDI dilengkapi dengan suatu basis data yang diterbitkan secara terpisah yang memberikan akses kepada lebih dari 800 indikator deret waktu untuk 227 perekonomian dan kawasan. Basis data ini tersedia dengan cara berlangganan secara elektronik (WDI *Online*) atau dalam CD-ROM.

Sumber data dan metodologi

Data sosial-ekonomi dan lingkungan yang ditampilkan di sini diambil dari berbagai sumber: data primer yang dikumpulkan oleh World Bank, publikasi statistik dari negara-negara anggota, institusi penelitian, dan organisasi-organisasi internasional, seperti PBB dan badan-badan khususnya, IMF dan OECD (lihat bagian *Sumber Data* setelah *Catatan Teknis* untuk daftar lengkapnya). Meskipun standar internasional untuk cakupan, definisi, dan klasifikasi digunakan untuk sebagian besar statistika yang dilaporkan oleh negara-negara dan badan-badan internasional, terdapat perbedaan yang tidak terhindarkan dalam hal ketepatan waktu dan keandalan yang muncul akibat perbedaan dalam kemampuan dan sumber daya yang dialokasikan untuk pengumpulan data dan kompilasinya. Untuk beberapa topik, sumber-sumber data yang saling bertentangan perlu diperiksa kembali oleh staf World Bank untuk memastikan bahwa data yang paling dapat diandalkan yang ditampilkan. Dalam beberapa kasus, ketika data yang tersedia dianggap terlalu lemah untuk memberikan ukuran-ukuran yang lebih diandalkan mengenai tingkat-tingkat dan tren-tren atau tidak cukup sesuai dengan standar internasional, maka data tersebut tidak ditampilkan.

Data yang ditampilkan secara umum konsisten dengan data yang ditampilkan dalam *Indikator-indikator Pembangunan Dunia 2009* (*World Development Indicators 2009*). Akan tetapi, datanya telah direvisi dan diperbarui setiap kali terdapat informasi baru yang tersedia. Perbedaan-perbedaan yang ada juga mungkin mencerminkan revisi terhadap deret historis dan perubahan dalam metodologi. Oleh karena itu, data

untuk waktu-waktu yang berbeda mungkin diterbitkan dalam edisi-edisi terbitan World Bank yang berbeda pula. Para pembaca diminta untuk tidak mengompilasi deret data dari terbitan-terbitan yang berbeda atau dari edisi-edisi yang berbeda dari suatu terbitan yang sama. Data deret waktu yang konsisten tersedia dalam CD-ROM *World Development Indicators* dan melalui *WDI Online*.

Semua angka dalam dolar berupa mata uang AS yang berlaku sekarang, kecuali diberitahukan secara tersendiri. Berbagai metode berbeda yang digunakan untuk mengonversi dari angka-angka mata uang negara dijelaskan dalam Catatan Teknis.

Oleh karena bisnis utama dari World Bank adalah memberikan pinjaman dan bantuan kebijakan kepada negara-negara berpendapatan rendah dan menengah bawah yang menjadi anggotanya, maka isu-isu yang dibahas di tabel-tabel ini lebih terfokus pada negara-negara tersebut. Apabila tersedia, informasi mengenai negara-negara berpendapatan tinggi juga disediakan sebagai perbandingan. Para pembaca mungkin ingin mengacu ke terbitan-terbitan statistika nasional dan dari OECD dan Uni Eropa untuk informasi lebih lanjut mengenai negara-negara berpendapatan tinggi.

Klasifikasi perekonomian dan ukuran-ukuran rangkuman

Ukuran-ukuran rangkuman pada bagian paling bawah dari kebanyakan tabel di sini mencakup negara-negara yang diklasifikasikan berdasarkan pendapatan per kapita dan berdasarkan kawasan. PNB per kapita digunakan untuk menentukan klasifikasi pendapatan berikut ini: pendapatan rendah, \$975 atau kurang; pendapatan menengah, \$976–\$11.905; dan pendapatan tinggi, \$11.906 atau lebih. Lebih jauh lagi, pembagian PNB per kapita \$3.855 dibuat antara ekonomi berpendapatan menengah ke bawah dan menengah ke atas. Klasifikasi perekonomian berdasarkan pendapatan per kapita dilakukan setiap tahun, jadi komposisi negara dari kelompok-kelompok pendapatan ini akan berubah dari tahun ke tahun. Ketika perubahan dalam klasifikasi ini dibuat berdasarkan estimasi yang paling baru, maka agregat berdasarkan klasifikasi pendapatan yang baru akan dihitung ulang untuk semua periode lampau, untuk memastikan bahwa deret waktu yang konsisten tetap terjaga. Lihat tabel pada klasifikasi perekonomian pada

bagian akhir dari buku ini untuk mendapatkan daftar negara di setiap kelompok (termasuk yang populasinya kurang dari 3 juta.)

Ukuran-ukuran rangkuman ini berupa jumlah total (yang ditunjukkan oleh *t* jika agregatnya menyertakan estimasi untuk data yang tidak ada dan negara-negara yang tidak melaporkan atau oleh *s* untuk jumlah sederhana dari data yang tersedia), rata-rata pembobotan (*w*), atau nilai median (*m*) yang dihitung untuk kelompok-kelompoknya. Data untuk negara-negara yang tidak tercantum dalam tabel-tabel utama (yang ditampilkan di Tabel 6) telah disertakan dalam ukuran-ukuran rangkuman, di mana datanya tersedia, atau dengan mengasumsikan bahwa mereka mengikuti tren dari negara-negara yang melaporkan data. Hal ini memberikan suatu ukuran agregat yang lebih konsisten dengan cara menstandarisasi cakupan negara untuk setiap periode yang ditunjukkan. Jika informasi yang tidak ada mencapai sepertiga atau lebih dari estimasi keseluruhan, ukuran kelompok tersebut dilaporkan sebagai “tidak tersedia”. Bagian *Metode statistik* dalam *Catatan teknis* memberikan informasi lebih lanjut mengenai metode-metode agregasi. Pembobotan yang digunakan untuk menciptakan agregat-agregatnya didaftarkan dalam catatan teknis untuk masing-masing tabel.

Terminologi dan cakupan negara

Istilah negara tidak berarti kemerdekaan secara politis, melainkan mungkin mengacu pada wilayah manapun di mana pihak yang memiliki otoritas melaporkan statistika ekonomi atau sosial yang tersendiri. Data ditunjukkan untuk perekonomian-perekonomian yang dibentuk di tahun 2008 dan data historis direvisi untuk mencerminkan tatanan politik yang berlaku sekarang. Di seluruh tabel-tabel ini, perkecualian selalu diberikan keterangan. Jika tidak diberikan penjelasan terpisah, data untuk Cina tidaklah mencakup data untuk Hong Kong, Cina; Macao, Cina; atau Taiwan, Cina. Data untuk Indonesia mencakup Timor-Leste hingga tahun 1999, kecuali diberikan keterangan terpisah. Montenegro memerdekakan diri dari Serbia dan Montenegro pada tanggal 3 Juni 2006. Apabila tersedia, data untuk masing-masing negara ditunjukkan secara terpisah. Akan tetapi, beberapa indikator untuk Serbia masih mencakup data untuk Montenegro hingga tahun 2005; data ini diberi catatan kaki pada bagian

bawah tabel-tabelnya. Terlebih lagi, data untuk sebagian besar indikator dari tahun 1999 dan seterusnya untuk Serbia tidak mencakup data untuk Kosovo, yang pada tahun 1999 telah menjadi suatu wilayah khusus di bawah administrasi internasional sesuai Resolusi 1244 (1999) Dewan Keamanan PBB; perkecualian yang lainnya diberikan catatan tersendiri.

Catatan teknis

Oleh karena kualitas data dan perbandingan antarnegara seringkali rumit, para pembaca didorong untuk mempelajari terlebih dahulu bagian *Catatan teknis*, tabel mengenai Klasifikasi Perekonomian berdasarkan Kawasan dan Pendapatan, serta catatan kaki dari setiap tabel. Untuk dokumentasi yang lebih ekstensif, lihat *World Development Indicators 2009*.

Simbol-simbol

..	Berarti datanya tidak tersedia atau agregatnya tidak dapat dihitung karena ada data yang tidak tersedia untuk tahun-tahun yang disebutkan.
0 atau 0,0	Berarti nol atau sangat kecil sehingga angkanya dibulatkan menjadi nol pada angka desimal yang ditunjukkan.
/	Dalam tanggal, seperti 2003/04 berarti bahwa periode waktunya, biasanya 12 tahun, mencakup dua tahun kalender dan mengacu pada tahun panen, tahun survei, atau tahun fiskal.
\$	Berarti dolar A.S. yang berlaku sekarang,

kecuali ada keterangan terpisah.

> Berarti lebih dari.

< Berarti kurang dari.

Konvensi presentasi data

- Kosong berarti tidak dapat diaplikasikan atau, untuk sebuah agregat, tidak bermakna secara analitis.
- 1 miliar adalah 1.000 juta
- 1 triliun adalah 1.000 miliar
- Tampilan yang dimiringkan merujuk pada tahun atau periode selain yang ditentukan atau merujuk pada laju pertumbuhan yang dihitung kurang dari satu periode tertentu.
- Data untuk tahun-tahun yang melebihi tiga tahun dari kisaran yang ditunjukkan diberikan catatan kaki.

Para pembaca dapat memperoleh informasi lebih banyak mengenai WDI 2009 dan pemesanan dapat dilakukan secara *online*, melalui telepon, atau faksimili sebagai berikut.

Untuk informasi lebih lanjut dan untuk pemesanan secara *online*: <http://www.worldbank.org/data/wdi2009/index.htm>.

Untuk pemesanan melalui telepon: 1-800-645-7247 atau 703-661-4580; atau melalui faksimili: 703-661-1501.

Untuk pemesanan melalui surat: The World Bank, P.O. Box 960, Herndon, VA 20172-0960, U.S.A.

Klasifikasi ekonomi berdasarkan regional dan pendapatan, FY2010

Asia Timur dan Pasifik		Amerika Latin dan Karibian		Asia Selatan		OECD Berpendapatan Tinggi	
American Samoa	UMC	Argentina	UMC	Afghanistan	LIC	Australia	
Cambodia	LIC	Belize	LMC	Bangladesh	LIC	Austria	
China	LMC	Bolivia	LMC	Bhutan	LMC	Belgium	
Fiji	UMC	Brazil	UMC	India	LMC	Canada	
Indonesia	LMC	Chile	UMC	Maldives	LMC	Czech Republic	
Kiribati	LMC	Colombia	UMC	Nepal	LIC	Denmark	
Korea, Dem. People's Rep.	LIC	Costa Rica	UMC	Pakistan	LMC	Finland	
Lao PDR	LIC	Cuba	UMC	Sri Lanka	LMC	France	
Malaysia	UMC	Dominica	UMC			Germany	
Marshall Islands	LMC	Dominican Republic	UMC	Afrika Sub-Sahara		Greece	
Micronesia, Federated States of	LMC	Ecuador	LMC	Angola	LMC	Hungary	
Mongolia	LIC	El Salvador	LMC	Benin	LIC	Iceland	
Myanmar	UMC	Grenada	UMC	Botswana	UMC	Ireland	
Palau	LMC	Guatemala	LMC	Burkina Faso	LIC	Italy	
Papua New Guinea	LMC	Guyana	LMC	Burundi	LIC	Japan	
Philippines	LMC	Haiti	LIC	Cameroon	LMC	Korea, Rep. of	
Samoa	LMC	Honduras	LMC	Cape Verde	LMC	Luxembourg	
Solomon Islands	LMC	Jamaica	UMC	Central African Republic	LIC	Netherlands	
Thailand	LMC	Mexico	UMC	Chad	LIC	New Zealand	
Timor-Leste	LMC	Nicaragua	LMC	Comoros	LIC	Norway	
Tonga	LMC	Panama	UMC	Congo, Dem. Rep. of	LIC	Portugal	
Vanuatu	LIC	Paraguay	LMC	Congo, Rep. of	LMC	Slovak Republic	
Vietnam		Peru	UMC	Côte d'Ivoire	LMC	Spain	
		St. Kitts and Nevis	UMC	Eritrea	LIC	Sweden	
		St. Lucia	UMC	Ethiopia	LIC	Switzerland	
Eropa dan Asia Tengah	LMC	St. Vincent and the Grenadines	UMC	Gabon	UMC	United Kingdom	
Albania	LMC	Suriname	UMC	Gambia, The	LIC	United States	
Armenia	LMC	Uruguay	UMC	Ghana	LIC		
Azerbaijan	UMC	Venezuela, R. B. de	UMC	Guinea	LIC	Berpendapatan Tinggi Lainnya	
Belarus	UMC			Guinea-Bissau	LIC	Andorra	
Bosnia and Herzegovina	UMC	Timur Tengah dan Afrika Utara		Kenya	LIC	Antigua and Barbuda	
Bulgaria	LMC	Algeria	UMC	Lesotho	LMC	Aruba	
Georgia	UMC	Djibouti	LMC	Liberia	LIC	Bahamas, The	
Kazakhstan	LMC	Egypt, Arab Rep. of	LMC	Madagascar	LIC	Bahrain	
Kosovo	LIC	Iran, Islamic Rep. of	LMC	Malawi	LIC	Barbados	
Kyrgyz Republic	UMC	Iraq	LMC	Mali	LIC	Bermuda	
Latvia	UMC	Jordan	LMC	Mauritania	LIC	Brunei Darussalam	
Lithuania	UMC	Lebanon	UMC	Mauritius	UMC	Cayman Islands	
Macedonia, FYR	LMC	Libya	UMC	Mayotte	UMC	Channel Islands	
Moldova	UMC	Morocco	LMC	Mozambique	LIC	Croatia	
Montenegro	UMC	Syrian Arab Rep.	LMC	Namibia	UMC	Cyprus	
Poland	UMC	Tunisia	LMC	Niger	LIC	Equatorial Guinea	
Romania	UMC	West Bank and Gaza	LMC	Nigeria	LMC	Estonia	
Russian Federation	UMC	Yemen, Republic of	LIC	Rwanda	LIC	Faeroe Islands	
Serbia	LIC			São Tomé and Príncipe	LMC	French Polynesia	
Tajikistan	UMC			Senegal	LIC	Greenland	
Turkey	LMC			Seychelles	UMC	Guam	
Turkmenistan	LMC			Sierra Leone	LIC	Hong Kong, China	
Ukraine	LIC			Somalia	LIC	Isle of Man	
Uzbekistan				South Africa	UMC	Israel	
				Sudan	LMC	Kuwait	
				Swaziland	LMC	Liechtenstein	
				Tanzania	LIC	Macao, China	
				Togo	LIC	Malta	
				Uganda	LIC	Monaco	
				Zambia	LIC	Netherlands Antilles	
				Zimbabwe	LIC	New Caledonia	
						Northern Mariana Islands	
						Oman	
						Puerto Rico	
						Qatar	
						San Marino	
						Saudi Arabia	
						Singapore	
						Slovenia	
						Taiwan, China	
						Trinidad and Tobago	
						United Arab Emirates	
						Virgin Islands (U.S.)	

Tabel ini mengelompokkan semua ekonomi anggota World Bank dan ekonomi lainnya dengan populasi lebih dari 30.000. Ekonomi dibedakan di antara kelompok-kelompok pendapatan berdasarkan PNB per kapita, yang dihitung menggunakan metode World Bank Atlas. Kelompok-kelompok tersebut adalah pendapatan rendah (low income—LIC), \$975 atau kurang dari itu; pendapatan menengah ke bawah (lower middle income—LMC), \$976–3.855; pendapatan menengah ke atas (upper middle income—UMC), \$3.856–11.905; dan pendapatan tinggi, \$11.906 atau lebih.

Sumber: Data World Bank

Tabel 1 Indikator penting pembangunan

	Populasi			Populasi komposisi umur % umur 0–14 2008	Pendapatan nasional bruto (PNB) ^a				Produk domestik bruto per kapita % pertumbuhan 2008	Harapan hidup saat lahir		Angka melek huruf pada dewasa % umur 15 tahun ke atas 2007
	Juta 2008	Rata-rata per tahun % pertumbuhan 2000–08	Kepadatan penduduk per km persegi 2008		\$ miliar 2008	\$ per kapita 2008	\$ miliar 2008	\$ per kapita 2008		Laki-laki Tahun 2007	Perempuan Tahun 2007	
Afghanistan	..	..	..	..	9.8	..	30.6 ^d	..	..	..	..	..
Albania	3	0.3	115	24	12.1	3,840	25.0	7,950	5.6	73	80	99
Algeria	34	1.5	14	28	146.4	4,260	272.8 ^d	7,940 ^d	1.5	71	74	75
Angola	18	2.9	14	45	62.1	3,450	90.5	5,020	11.8	45	49	..
Argentina	40	1.0	15	25	287.2	7,200	559.2	14,020	6.0	72	79	98
Armenia	3	0.0	109	21	10.3	3,350	19.4	6,310	6.6	70	77	99
Australia	21	1.4	3	19	862.5	40,350	727.5	34,040	1.9	79	84	..
Austria	8	0.5	101	15	386.0	46,260	314.5	37,680	1.5	77	83	..
Azerbaijan	9	0.9	105	25	33.2	3,830	67.4	7,770	9.6	64	71	100
Bangladesh	160	1.6	1,229	32	82.6	520	230.6	1,440	4.7	65	67	53
Belarus	10	-0.4	47	15	52.1	5,380	117.6	12,150	10.2	65	76	100
Belgium	11	0.5	354	17	474.5	44,330	372.1	34,760	0.4	77	83	..
Benin	9	3.3	78	43	6.0	690	12.7	1,460	1.8	60	62	41
Bolivia	10	1.9	9	37	14.1	1,460	40.1	4,140	4.3	63	68	91
Bosnia and Herzegovina	4	0.3	74	16	17.0	4,510	32.5	8,620	6.2	72	78	..
Brazil	192	1.2	23	26	1,411.2	7,350	1,932.9	10,070	4.1	69	76	90
Bulgaria	8	-0.7	70	13	41.8	5,490	91.1	11,950	6.5	69	76	98
Burkina Faso	15	3.1	56	46	7.3	480	17.6	1,160	1.5	51	54	29
Burundi	8	2.8	314	39	1.1	140	3.1	380	1.4	49	52	..
Cambodia	15	1.7	83	34	8.9	600	26.8	1,820	3.4	57	62	76
Cameroon	19	2.2	41	41	21.8	1,150	41.3	2,180	1.9	50	51	..
Canada	33	1.0	4	17	1,390.0	41,730	1,206.5	36,220	-0.6	78	83	..
Central African Republic	4	1.7	7	41	1.8	410	3.2	730	0.9	43	46	..
Chad	11	3.4	9	46	5.9	530	12.9	1,160	-3.1	49	52	32
Chile	17	1.0	22	23	157.5	9,400	222.4	13,270	2.2	75	82	97
China	1,326	0.6	142	21	3,899.3	2,940	7,984.0	6,020	8.4	71	75	93
Hong Kong, China	7	0.6	6,696	13	219.3	31,420	306.8	43,960	1.6	79	85	..
Colombia	45	1.4	40	30	207.4	4,660	379.1	8,510	1.3	69	77	93
Congo, Dem. Rep. of	64	3.0	28	47	9.8	150	18.4	290	3.2	45	48	..
Congo, Rep. of	4	2.2	11	41	7.1	1,970	11.2	3,090	3.7	53	55	..
Costa Rica	5	1.8	89	26	27.5	6,060	49.6 ^d	10,950 ^d	1.5	76	81	96
Côte d'Ivoire	21	2.2	65	41	20.3	980	32.6	1,580	-0.1	56	59	..
Croatia	4	0.0	79	15	60.2	13,570	81.7	18,420	2.4	72	79	99
Czech Republic	10	0.2	135	14	173.2	16,600	237.6	22,790	2.3	74	80	..
Denmark	5	0.4	130	18	325.1	59,130	205.0	37,280	-1.8	76	81	..
Dominican Republic	10	1.5	203	32	43.2	4,390	77.6 ^d	7,890 ^d	4.1	69	75	89
Ecuador	13	1.1	49	31	49.1	3,640	104.7	7,760	5.4	72	78	84
Egypt, Arab Rep. of	82	1.9	82	32	146.9	1,800	445.4	5,460	5.1	68	72	66
El Salvador	6	0.4	296	33	21.4	3,480	40.9 ^d	6,670 ^d	2.1	67	76	82
Eritrea	5	3.8	49	42	1.5	300	3.1 ^d	630 ^d	-1.2	56	60	..
Ethiopia	81	2.6	81	44	22.7	280	70.2	870	8.5	54	56	..
Finland	5	0.3	17	17	255.7	48,120	189.5	35,660	0.4	76	83	..
France	62	0.7	113	18	2,702.2 ^a	42,250 ^a	2,134.4	34,400	-0.2	78	85	..
Georgia	4	-1.0	63	17	10.8	2,470	21.2	4,850	2.8	67	75	..
Germany	82	0.0	236	14	3,485.7	42,440	2,952.4	35,940	1.5	77	82	..
Ghana	23	2.2	103	39	15.7	670	33.4	1,430	4.0	56	57	65
Greece	11	0.4	87	14	322.0	28,650	320.0	28,470	2.5	77	82	97
Guatemala	14	2.5	126	42	36.6	2,680	64.2 ^d	4,690 ^d	1.5	67	74	73
Guinea	10	2.0	40	43	3.7	390	11.7	1,190	6.0	56	60	..
Haiti	10	1.6	355	37	6.5	660	11.5 ^d	1,180 ^d	-0.5	59	63	..
Honduras	7	1.9	65	38	13.0	1,800	28.0 ^d	3,870 ^d	2.2	67	74	84
Hungary	10	-0.2	112	15	128.6	12,810	178.6	17,790	0.8	69	77	99
India	1,140	1.4	383	32	1,215.5	1,070	3,374.9	2,960	5.7	63	66	66
Indonesia	228	1.3	126	27	458.2	2,010	875.1	3,830	4.9	69	73	92
Iran, Islamic Rep. of	72	1.5	44	24	257.5	3,540	769.7	10,840	4.2	69	73	82
Iraq	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Ireland	4	2.0	65	21	221.2	49,590	166.6	37,350	-4.4	77	82	..
Israel	7	1.9	338	28	180.5	24,700	200.6	27,450	2.3	79	83	..
Italy	60	0.6	204	14	2,109.1	35,240	1,810.6	30,250	-1.8	79	84	99
Japan	128	0.1	350	13	4,879.2	38,210	4,497.7	35,220	-0.7	79	86	..
Jordan	6	2.6	67	35	19.5	3,310	32.7	5,530	2.3	71	74	91
Kazakhstan	16	0.6	6	24	96.2	6,140	152.0	9,690	1.9	61	72	100
Kenya	39	2.6	68	43	29.5	770	60.9	1,580	0.9	53	55	..
Korea, Rep. of	49	0.4	492	17	1,046.3	21,530	1,366.9	28,120	1.9	76	82	..
Kyrgyz Republic	5	1.0	28	30	3.9	740	11.3	2,130	6.2	64	72	99
Lao PDR	6	1.7	27	38	4.7	750	12.8	2,060	5.6	63	66	73
Lebanon	4	1.2	405	26	26.3	6,350	45.0	10,880	6.9	70	74	90
Liberia	4	3.7	39	43	0.6	170	1.1	300	2.4	57	59	56
Libya	6	2.0	4	30	72.7	11,590	98.1 ^d	15,630 ^d	5.0	72	77	87
Lithuania	3	-0.5	54	15	39.9	11,870	61.1	18,210	3.6	65	77	100
Madagascar	19	2.8	33	43	7.8	410	19.9	1,040	4.1	59	62	..
Malawi	14	2.6	152	46	4.1	290	11.9	830	7.0	48	48	72
Malaysia	27	1.9	82	30	188.1	6,970	370.8	13,740	2.9	72	77	92
Mali	13	3.0	10	44	7.4	580	13.9	1,090	1.9	52	57	26
Mauritania	3	2.8	3	40	2.6	840	6.3	2,000	-0.6	62	66	56

Tabel 1 Indikator penting pembangunan

	Populasi			Populasi komposisi umur % umur 0–14 2008	Pendapatan nasional bruto (PNB) ^a				Produk domestik bruto per kapita % pertumbuhan 2008	Harapan hidup saat lahir		Angka melek huruf pada dewasa % umur 15 tahun ke atas 2007
	Juta 2008	Rata-rata per tahun % pertumbuhan 2000–08	Kepadatan penduduk per km persegi 2008		\$ miliar 2008	\$ per kapita 2008	\$ miliar 2008	\$ per kapita 2008		Laki-laki Tahun 2007	Perempuan Tahun 2007	
Mexico	106	1.0	55	29	1,061.4	9,980	1,517.2	14,270	0.8	73	77	93
Moldova	4	–1.5	111	17	5.3 ^g	1,470 ^g	11.7	3,210	8.2	65	72	99
Morocco	31	1.2	70	29	80.5	2,580	135.3	4,330	4.6	69	73	56
Mozambique	22	2.2	28	44	8.1	370	16.7	770	4.5	42	42	44
Myanmar	49	0.9	75	27	..	..^c	63.1 ^d	1,290 ^d	11.7	59	65	..
Nepal	29	2.0	200	37	11.5	400	32.1	1,120	3.6	63	64	57
Netherlands	16	0.4	485	18	824.6	50,150	685.1	41,670	1.7	78	82	..
New Zealand	4	1.3	16	21	119.3	27,940	107.1	25,090	–2.5	78	82	..
Nicaragua	6	1.3	47	36	6.1	1,080	14.9 ^d	2,620 ^d	2.2	70	76	78
Niger	15	3.5	12	50	4.8	330	10.0	680	6.0	58	56	29
Nigeria	151	2.4	166	43	175.6	1,160	293.1	1,940	3.0	46	47	72
Norway	5	0.8	16	19	415.3	87,070	279.0	58,500	0.7	78	83	..
Pakistan	166	2.3	215	37	162.9	980	448.8	2,700	3.7	65	66	54
Panama	3	1.8	46	30	21.0	6,180	39.5 ^d	11,650	7.5	73	78	93
Papua New Guinea	6	2.3	14	40	6.5	1,010	12.9 ^d	2,000	3.7	55	60	58
Paraguay	6	1.9	16	34	13.6	2,180	30.0	4,820	4.0	70	74	95
Peru	29	1.3	23	31	115.0	3,990	230.0	7,980	8.6	71	76	90
Philippines	90	1.9	303	34	170.4	1,890	352.4	3,900	2.0	70	74	93
Poland	38	–0.1	124	15	453.0	11,880	659.7	17,310	4.8	71	80	99
Portugal	11	0.5	116	15	218.4	20,560	234.6	22,080	–0.2	75	82	95
Romania	22	–0.5	94	15	170.6	7,930	290.3	13,500	9.4	69	76	98
Russian Federation	142	–0.4	9	15	1,364.5	9,620	2,216.3	15,630	7.5	62	74	100
Rwanda	10	2.5	394	42	4.0	410	9.9	1,010	8.2	48	52	..
Saudi Arabia	25	2.2	11	33	374.3	15,500	554.4	22,950	2.1	71	75	85
Senegal	12	2.6	63	44	11.8	970	21.5	1,760	–0.2	54	57	42
Serbia	7	–0.3	83	18	41.9	5,710	81.9	11,150	6.1	71	76	..
Sierra Leone	6	3.4	78	43	1.8	320	4.2	750	2.4	46	49	38
Singapore	5	2.3	7,024	17	168.2	34,760	232.0	47,940	–4.1	78	83	94
Slovak Republic	5	0.0	112	16	78.6	14,540	115.2	21,300	6.2	71	78	..
Somalia	9	3.0	14	45	..	..^c	..	..	..	47	49	..
South Africa	49	1.3	40	31	283.3	5,820	476.2	9,780	1.3	49	52	88
Spain	46	1.5	91	15	1,456.5	31,960	1,418.7	31,130	–0.3	78	84	98
Sri Lanka	20	0.9	310	24	35.9	1,790	89.9	4,480	5.8	69	76	97
Sudan	41	2.1	17	40	46.5	1,130	79.8	1,930	5.9	56	60	..
Sweden	9	0.5	22	17	469.7	50,940	352.0	38,180	–1.0	79	83	..
Switzerland	8	0.8	191	16	498.5	65,330	354.5	46,460	0.5	79	84	..
Syrian Arab Rep.	21	3.1	116	35	44.4	2,090	92.4	4,350	1.6	72	76	83
Tajikistan	7	1.3	49	38	4.1	600	12.7	1,860	6.2	64	69	100
Tanzania	42	2.7	48	45	18.4 ^h	440 ^h	52.1	1,230	4.4	55	56	72
Thailand	67	1.0	132	22	191.7	2,840	403.4	5,990	2.0	66	72	94
Togo	6	2.6	119	40	2.6	400	5.3	820	–1.4	61	64	..
Tunisia	10	1.0	66	24	34.0	3,290	73.0	7,070	4.1	72	76	78
Turkey	74	1.3	96	27	690.7	9,340	1,017.6	13,770	2.5	69	74	89
Turkmenistan	5	1.4	11	30	14.3	2,840	31.2 ^d	6,210 ^d	8.4	59	68	100
Uganda	32	3.2	161	49	13.3	420	36.1	1,140	6.0	52	53	74
Ukraine	46	–0.8	80	14	148.6	3,210	333.5	7,210	2.7	63	74	100
United Arab Emirates	4	4.0	54	19	..	..ⁱ	..	..	5.7	77	81	90
United Kingdom	61	0.5	254	18	2,787.2	45,390	2,218.2	36,130	0.1	77	82	..
United States	304	0.9	33	20	14,466.1	47,580	14,282.7	46,970	0.2	75	81	..
Uruguay	3	0.1	19	23	27.5	8,260	41.8	12,540	8.6	72	80	98
Uzbekistan	27	1.3	64	30	24.7	910	72.6 ^d	2,660 ^d	7.2	64	70	..
Venezuela, R. B. de	28	1.7	32	30	257.8	9,230	358.6	12,830	3.1	71	77	95
Vietnam	86	1.3	278	27	77.0	890	232.9	2,700	4.7	72	76	..
West Bank and Gaza	4	3.4	638	45	..	..^f	..	..	..	72	75	94
Yemen, Republic of	23	3.0	44	44	21.9	950	50.9	2,210	0.9	61	64	59
Zambia	13	2.3	17	46	12.0	950	15.5	1,230	3.4	45	46	71
Zimbabwe	12	0.0	32	40	..	..^c	..	..	..	43	44	91
Dunia	6,692s	1.2w	52w	27w	57,637.5t	8,613w	69,309.0t	10,357w	0.8w	67w	71w	84w
Berpendapatan rendah	973	2.1	52	38	509.6	524	1,368.8	1,407	4.1	57	60	64
Berpendapatan menengah	4,651	1.1	60	27	15,159.6	3,260	28,619.5	6,154	5.0	67	71	83
Menengah ke bawah	3,702	1.2	119	28	7,691.9	2,078	17,001.7	4,592	6.3	66	70	81
Menengah ke atas	948	0.8	21	25	7,471.9	7,878	11,663.5	12,297	3.8	68	75	93
Berpendapatan rendah dan menengah	5,624	1.3	59	29	15,683.1	2,789	29,971.3	5,330	4.9	65	69	81
Asia Timur & Pasifik	1,931	0.8	122	23	5,080.5	2,631	10,425.9	5,398	7.2	70	74	93
Eropa & Asia Tengah	441	0.1	19	19	3,274.0	7,418	5,393.2	12,219	5.2	65	74	98
Amerika Latin & Karibian	565	1.2	28	29	3,833.0	6,780	5,827.4	10,309	3.2	70	76	91
Timur Tengah dan Afrika Utara	325	1.9	38	31	1,052.9	3,242	2,330.6	7,308	3.9	68	72	73
Asia Selatan	1,543	1.6	323	33	1,521.6	986	4,217.6	2,734	5.3	63	66	63
Afrika Sub-Sahara	818	2.5	35	43	885.3	1,082	1,628.3	1,991	2.5	51	53	62
Berpendapatan tinggi	1,069	0.7	32	18	42,041.4	39,345	39,686.3	37,141	0.0	77	82	99

a. Dihitung menggunakan metode World Bank Atlas. b. PPP adalah purchasing power parity (paritas daya beli); lihat Catatan teknis. c. Diestimasi sebagai pendapatan rendah (\$975 atau kurang). d. Estimasi berdasarkan regresi; yang lainnya diperoleh dari database estimasi International Comparison Program terbaru. e. Estimasi PNB dan PNB per kapita termasuk French overseas Department dari Guyana Prancis, Guadeloupe, Martinik, dan Reunion. f. Diestimasi sebagai pendapatan menengah ke bawah (\$976 hingga \$3.855). g. Data untuk Transnistria dikeluarkan. h. Data hanya mengacu pada Tanzania. i. Diestimasi sebagai pendapatan tinggi (\$11.906 atau lebih).

Tabel 2 Kemiskinan

	Garis kemiskinan nasional				Garis kemiskinan internasional							
	Populasi di bawah garis kemiskinan nasional				Tahun survei	Populasi di bawah \$1,25 per hari %	Jurang kemiskinan pada \$1,25 per hari %	Populasi di bawah \$2 per hari %	Tahun survei	Populasi di bawah \$1,25 per hari %	Jurang kemiskinan pada \$1,25 per hari %	Populasi di bawah \$2 per hari %
	Tahun survei	Nasional %	Tahun survei	Nasional %								
Afghanistan	2007	42.0		..		..	..	..		..	..	..
Albania	2002	25.4	2005	18.5	2002 ^a	<2.0	<0.5	8.7	2005 ^a	<2.0	<0.5	7.8
Algeria	1988	12.2	1995	22.6	1988 ^a	6.6	1.8	23.8	1995 ^a	6.8	1.4	23.6
Angola		..		..		..	..	..		..	..	..
Argentina	1998	28.8 ^b	2002	53.0 ^b	2002 ^{b,c}	9.9	2.9	19.7	2005 ^{b,c}	4.5	1.0	11.3
Armenia	1998–99	55.1	2001	50.9	2002 ^a	15.0	3.1	46.7	2003 ^a	10.6	1.9	43.4
Australia		..		..		..	..	..		..	..	..
Austria		..		..		..	..	..		..	..	..
Azerbaijan	1995	68.1	2001	49.6	2001 ^a	6.3	1.1	27.1	2005 ^a	<2	<0.5	<2.0
Bangladesh	2000	48.9	2005	40.0	2000 ^a	57.8 ^d	17.3 ^d	85.4 ^d	2005 ^a	49.6 ^d	13.1 ^d	81.3 ^d
Belarus	2002	30.5	2004	17.4	2002 ^a	<2.0	<0.5	<2.0	2005 ^a	<2.0	<0.5	<2.0
Belgium		..		..		..	..	..		..	..	..
Benin	1999	29.0	2003	39.0		..	..	..	2003 ^a	47.3	15.7	75.3
Bolivia	1999	62.0	2002	64.6	2002 ^c	22.8	12.4	34.2	2005 ^a	19.6	9.7	30.3
Bosnia and Herzegovina	2001–02	19.5		..	2001 ^a	<2.0	<0.5	<2.0	2004 ^a	<2.0	<0.5	<2.0
Brazil	1998	22.0	2002–03	21.5	2005 ^c	7.8	1.6	18.3	2007 ^c	5.2	1.3	12.7
Bulgaria	1997	36.0	2001	12.8	2001 ^a	2.6	<0.5	7.8	2003 ^a	<2.0	<0.5	<2.0
Burkina Faso	1998	54.6	2003	46.4	1998 ^a	70.0	30.2	87.6	2003 ^a	56.5	20.3	81.2
Burundi	1998	68.0		..	1998 ^a	86.4	47.3	95.4	2006 ^a	81.3	36.4	93.4
Cambodia	1994	47.0	2004	35.0	1993–94 ^{a,d}	48.6	13.8	77.8	2004 ^a	40.2	11.3	68.2
Cameroon	1996	53.3	2001	40.2	1996 ^a	51.5	18.9	74.4	2001 ^a	32.8	10.2	57.7
Canada		..		..		..	..	..		..	..	..
Central African Republic		..		..	1993 ^a	82.8	57.0	90.7	2003 ^a	62.4	28.3	81.9
Chad	1995–96	43.4		..		..	..	..	2002–03 ^a	61.9	25.6	83.3
Chile	1996	19.9	1998	17.0	2003 ^c	<2.0	<0.5	5.3	2006 ^c	<2.0	<0.5	2.4
China	1998	4.6	2004	2.8	2002 ^a	28.4 ^f	8.7 ^f	51.1 ^f	2005 ^a	15.9 ^f	4.0 ^f	36.3 ^f
Hong Kong, China		..		..		..	..	..		..	..	..
Colombia	1995	60.0	1999	64.0	2003 ^c	15.4	6.1	26.3	2006 ^c	16.0	5.7	27.9
Congo, Dem. Rep. of	2004–05	71.3		..		..	..	..	2005–06 ^a	59.2	25.3	79.5
Congo, Rep. of	2005	42.3		..		..	..	..	2005 ^a	54.1	22.8	74.4
Costa Rica	1989	31.7	2004	23.9	2003 ^c	5.6	2.4	11.5	2005 ^c	2.4	<0.5	8.6
Côte d'Ivoire		..		..	1998 ^a	24.1	6.7	49.1	2002 ^a	23.3	6.8	46.8
Croatia	2002	11.2	2004	11.1	2001 ^a	<2.0	<0.5	<2.0	2005 ^a	<2.0	<0.5	<2.0
Czech Republic		..		..	1993 ^c	<2.0	<0.5	<2.0	1996 ^c	<2.0	<0.5	<2.0
Denmark		..		..		..	..	..		..	..	..
Dominican Republic	2000	27.7	2004	42.2	2003 ^c	6.1	1.5	16.3	2005 ^c	5.0	0.9	15.1
Ecuador	1998	46.0	2001	45.2	2005 ^c	9.8	3.2	20.4	2007 ^c	4.7	1.2	12.8
Egypt, Arab Rep. of	1995–96	22.9	1999–2000	16.7	1999–2000 ^a	<2.0	<0.5	19.3	2004–05 ^a	<2.0	<0.5	18.4
El Salvador	1995	50.6	2002	37.2	2003 ^c	14.3	6.7	25.3	2005 ^c	11.0	4.8	20.5
Eritrea	1993–94	53.0		..		..	..	..		..	..	..
Ethiopia	1995–96	45.5	1999–2000	44.2	1999–2000 ^a	55.6	16.2	86.4	2005 ^a	39.0	9.6	77.5
Finland		..		..		..	..	..		..	..	..
France		..		..		..	..	..		..	..	..
Georgia	2002	52.1	2003	54.5	2002 ^a	15.1	4.7	34.2	2005 ^a	13.4	4.4	30.4
Germany		..		..		..	..	..		..	..	..
Ghana	1998–99	39.5	2005–06	28.5	1998–99 ^a	39.1	14.4	63.3	2006 ^a	30.0	10.5	53.6
Greece		..		..		..	..	..		..	..	..
Guatemala	1989	57.9	2000	56.2	2002 ^c	16.9	6.5	29.8	2006 ^c	11.7	3.5	24.3
Guinea	1994	40.0		..	1994 ^a	36.8	11.5	63.8	2002–03 ^a	70.1	32.2	87.2
Haiti	1987	65.0	1995	66.0 ^a		..	..	..	2001 ^c	54.9	28.2	72.1
Honduras	1998–99	52.5	2004	50.7	2005 ^c	22.2	10.2	34.8	2006 ^c	18.2	8.2	29.7
Hungary	1993	14.5	1997	17.3	2002 ^a	<2.0	<0.5	<2.0	2004 ^a	<2.0	<0.5	<2.0
India	1993–94	36.0	1999–2000	28.6	1993–94 ^a	49.4 ^f	14.4 ^f	81.7 ^f	2004–05 ^a	41.6 ^f	10.8 ^f	75.6 ^f
Indonesia	1996	17.6	2005	16.0		..	..	..		..	..	..
Iran, Islamic Rep. of		..		..	1998 ^a	<2.0	<0.5	8.3	2005 ^a	<2.0	<0.5	8.0
Iraq		..		..		..	..	..		..	..	..
Ireland		..		..		..	..	..		..	..	..
Israel		..		..		..	..	..		..	..	..
Italy		..		..		..	..	..		..	..	..
Japan		..		..		..	..	..		..	..	..
Jordan	1997	21.3	2002	14.2	2002–03 ^a	<2.0	<0.5	11.0	2006 ^a	<2.0	<0.5	3.5
Kazakhstan	2001	17.6	2002	15.4	2002 ^a	5.2	0.9	21.5	2003 ^a	3.1	<0.5	17.2
Kenya	1994	40.0	1997	52.0	1997 ^a	19.6	4.6	42.7	2005–06 ^a	19.7	6.1	39.9
Korea, Rep. of		..		..		..	..	..		..	..	..
Kyrgyz Republic	2003	49.9	2005	43.1	2002 ^a	34.0	8.8	66.6	2004 ^a	21.8	4.4	51.9
Lao PDR	1997–98	38.6	2002–03	33.0	1997–98 ^a	49.3 ^d	14.9 ^d	79.9 ^d	2002–03 ^a	44.0 ^d	12.1 ^d	76.8 ^d
Lebanon		..		..		..	..	..		..	..	..
Liberia		..		..		..	..	..	2007 ^a	83.7	40.8	94.8
Libya		..		..		..	..	..		..	..	..
Lithuania		..		..	2002 ^a	<2.0	<0.5	<2.0	2004 ^a	<2.0	<0.5	<2.0
Madagascar	1997	73.3	1999	71.3	2001 ^a	76.3	41.4	88.7	2005 ^a	67.8	26.5	89.6
Malawi	1990–91	54.0	1997–98	65.3	1997–98 ^a	83.1	46.0	93.5	2004–05 ^{a,h}	73.9	32.3	90.4
Malaysia	1989	15.0		..	1997 ^c	<2.0	<0.5	6.8	2004–05 ^c	<2.0	<0.5	7.8
Mali	1998	63.8		..	2001 ^a	61.2	25.8	82.0	2006 ^a	51.4	18.8	77.1
Mauritania	1996	50.0	2000	46.3	1995–96 ^a	23.4	7.1	48.3	2000 ^a	21.2	5.7	44.1
Mexico	2002	20.3	2004	17.6	2004 ^a	2.8	1.4	7.0	2006 ^a	<2.0	<0.5	4.8
Moldova	2001	62.4	2002	48.5	2002 ^a	17.1	4.0	40.3	2004 ^a	8.1	1.7	28.9
Morocco	1990–91	13.1	1998–99	19.0	2000 ^a	6.3	0.9	24.3	2007 ^a	2.5	0.5	14.0
Mozambique	1996–97	69.4	2002–03	54.1	1996–97 ^a	81.3	42.0	92.9	2002–03 ^a	74.7	35.4	90.0
Myanmar		..		..		..	..	..		..	..	..

Tabel 2 Kemiskinan

	Garis kemiskinan nasional				Garis kemiskinan internasional							
	Populasi di bawah garis kemiskinan nasional				Tahun survei	Populasi di bawah \$1,25 per hari %	Jurang kemiskinan pada \$1,25 per hari %	Populasi di bawah \$2 per hari %	Tahun survei	Populasi di bawah \$1,25 per hari %	Jurang kemiskinan pada \$1,25 per hari %	Populasi di bawah \$2 per hari %
	Tahun survei	Nasional %	Tahun survei	Nasional %								
Nepal	1995–96	41.8	2003–04	30.9	1995–96 ^a	68.4	26.7	88.1	2003–04 ^a	55.1	19.7	77.6
Netherlands		..		..		..	..	..		..	..	..
New Zealand		..		..		..	..	..		..	..	..
Nicaragua	1998	47.9	2001	45.8	2001 ^e	19.4	6.7	37.5	2005 ^c	15.8	5.2	31.8
Niger	1989–93	63.0		..	1994 ^a	78.2	38.6	91.5	2005 ^a	65.9	28.1	85.6
Nigeria	1985	43.0	1992–93	34.1	1996–97 ^a	68.5	32.1	86.4	2003–04 ^a	64.4	29.6	83.9
Norway		..		..		..	..	..		..	..	..
Pakistan	1993	28.6	1998–99	32.6	2001–02 ^a	35.9	7.9	73.9	2004–05 ^a	22.6	4.4	60.3
Panama	1997	37.3		..	2004 ^e	9.2	2.7	18.0	2006 ^c	9.5	3.1	17.8
Papua New Guinea	1996	37.5		..		..	..	..	1996 ^b	35.8	12.3	57.4
Paraguay	1990	20.5 ^f		..	2005 ^e	9.3	3.4	18.4	2007 ^c	6.5	2.7	14.2
Peru	2001	54.3	2004	53.1	2005 ^e	8.2	2.0	19.4	2006 ^c	7.9	1.9	18.5
Philippines	1994	32.1	1997	25.1	2003 ^a	22.0	5.5	43.8	2006 ^b	22.6	5.5	45.0
Poland	1996	14.6	2001	14.8	2002 ^a	<2.0	<0.5	<2.0	2005 ^a	<2.0	<0.5	<2.0
Portugal		..		..		..	..	..		..	..	..
Romania	1995	25.4	2002	28.9	2002 ^a	2.9	0.8	13.0	2005 ^a	<2.0	<0.5	3.4
Russian Federation	1998	31.4	2002	19.6	2002 ^a	<2.0	<0.5	3.7	2005 ^a	<2.0	<0.5	<2.0
Rwanda	1993	51.2	1999–2000	60.3	1984–85 ^a	63.3	19.7	88.4	2000 ^a	76.6	38.2	90.3
Saudi Arabia		..		..		..	..	..		..	..	..
Senegal	1992	33.4		..	2001 ^a	44.2	14.3	71.3	2005 ^a	33.5	10.8	60.3
Serbia		..		..		..	..	..		..	..	..
Sierra Leone	1989	82.8	2003–04	70.2	1989–90 ^a	62.8	44.8	75.0	2002–03 ^a	53.4	20.3	76.1
Singapore		..		..		..	..	..		..	..	..
Slovak Republic	2004	16.8		..	1992 ^c	<2.0	<0.5	<2.0	1996 ^c	<2.0	<0.5	<2.0
Somalia		..		..		..	..	..		..	..	..
South Africa		..		..	1995 ^a	21.4	5.2	39.9	2000 ^a	26.2	8.2	42.9
Spain		..		..		..	..	..		..	..	..
Sri Lanka	1995–96	25.0	2002	22.7	1995–96 ^a	16.3	3.0	46.7	2002 ^a	14.0	2.6	39.7
Sudan		..		..		..	..	..		..	..	..
Sweden		..		..		..	..	..		..	..	..
Switzerland		..		..		..	..	..		..	..	..
Syrian Arab Rep.		..		..		..	..	..		..	..	..
Tajikistan	1999	74.9	2003	44.4	2003 ^a	36.3	10.3	68.8	2004 ^a	21.5	5.1	50.8
Tanzania	1991	38.6	2000–01	35.7	1991–92 ^a	72.6	29.7	91.3	2000–01 ^a	88.5	46.8	96.6
Thailand	1994	9.8	1998	13.6	2002 ^a	<2.0	<0.5	15.1	2004 ^a	<2.0	<0.5	11.5
Togo	1987–89	32.3		..		..	..	..	2006 ^a	38.7	11.4	69.3
Tunisia	1990	7.4	1995	7.6	1995 ^a	6.5	1.3	20.4	2000 ^a	2.6	<0.5	12.8
Turkey	1994	28.3	2002	27.0	2002 ^a	2.0	<0.5	9.6	2005 ^a	2.7	0.9	9.0
Turkmenistan		..		..	1993 ^d	63.5	25.8	85.7	1998 ^a	24.8	7.0	49.6
Uganda	1999–2000	33.8	2002–03	37.7	2002 ^a	57.4	22.7	79.8	2005 ^a	51.5	19.1	75.6
Ukraine	2000	31.5	2003	19.5	2002 ^a	<2.0	<0.5	3.4	2005 ^a	<2.0	<0.5	<2.0
United Arab Emirates		..		..		..	..	..		..	..	..
United Kingdom		..		..		..	..	..		..	..	..
United States		..		..		..	..	..		..	..	..
Uruguay	1994	20.2 ^b	1998	24.7 ^b	2005 ^{b,c}	<2.0	<0.5	4.5	2006 ^{b,c}	<2.0	<0.5	4.2
Uzbekistan	2000–01	31.5	2003	27.2	2002 ^a	42.3	12.4	75.6	2003 ^a	46.3	15.0	76.7
Venezuela, R. B. de	1989	31.3	1997–99	52.0	2003 ^d	18.4	8.8	31.7	2006 ^c	3.5	1.2	10.2
Vietnam	1998	37.4	2002	28.9	2004 ^a	24.2	5.1	52.5	2006 ^b	21.5	4.6	48.4
West Bank and Gaza		..		..		..	..	..		..	..	..
Yemen, Republic of	1998	41.8		..	1998 ^b	12.9	3.0	36.3	2005 ^a	17.5	4.2	46.6
Zambia	1998	72.9	2004	68.0	2002–03 ^a	64.6	27.1	85.1	2004–05 ^a	64.3	32.8	81.5
Zimbabwe	1990–91	25.8	1995–96	34.9		..	..	..		..	..	..

a. Basis pengeluaran. b. Hanya meliputi daerah perkotaan. c. Basis pendapatan. d. Disesuaikan dengan informasi indeks harga ruang konsumen. e. Berkaitan dengan masalah keamanan, survei hanya mencakup 56 persen dari pedesaan dan 65 persen dari populasi pedesaan. f. Estimasi bobot rata-rata dari pedesaan dan perkotaan. g. Hanya meliputi daerah pedesaan. h. Dikarenakan perubahan pada desain survei, pada hakikatnya survei terbaru tidak dapat diperbandingkan dengan survei sebelumnya. i. Survei meliputi daerah metropolitan Asunción.

Tabel 3 Tujuan Pembangunan Milenium: menghapuskan kemiskinan dan meningkatkan kehidupan

Menghapuskan kemiskinan ekstrem dan kelaparan			Memperoleh pendidikan dasar umum		Meningkatkan kesetaraan gender	Mengurangi kematian anak	Meningkatkan kesehatan ibu	Memerangi HIV/AIDS dan penyakit lainnya	Memastikan lingkungan yang berkelanjutan	Mengembangkan kerja sama global untuk pembangunan		
			Angka penyelesaian primer	Rasio anak perempuan dan laki-laki yang memasuki sekolah dasar dan menengah	Angka kematian di bawah umur 5 tahun per 1.000	Angka kematian ibu per 100.000 kelahiran hidup	Prevalensi HIV % populasi umur 15-49			Insidens tuberculosis per 100.000 penduduk	Emisi karbon dioksida per kapita metrik ton	Kemudahan untuk meningkatkan fasilitas sanitasi % populasi	Pengguna internet per 100 penduduk*
Pembagian kuintil paling bawah dalam konsumsi nasional atau pendapatan %	Pekerjaan yang mudah terpengaruh % pekerjaan	Prevalensi anak malnutrisi % anak-anak di bawah 5 tahun	Angka penyelesaian primer %	Angka kematian di bawah umur 5 tahun per 1.000	Angka kematian ibu per 100.000 kelahiran hidup	Prevalensi HIV % populasi umur 15-49	Insidens tuberculosis per 100.000 penduduk	Emisi karbon dioksida per kapita metrik ton	Kemudahan untuk meningkatkan fasilitas sanitasi % populasi	Pengguna internet per 100 penduduk*		
1990-2007 ^a	2007	2007-07 ^a	2007	2007	2007	2005	2007	2005	2006	2008		
Afghanistan	..	..	32.9	38	58	257	1,800	..	168	..	30	1.9
Albania	7.8 ^c	..	17.0	96	97	15	92	..	17	1.1	97	15.1
Algeria	6.9 ^c	..	10.2	95	99	37	180	0.1	57	4.2	94	10.3
Angola	2.0 ^c	..	27.5	..	..	158	1,400	2.1	287	0.5	50	3.1
Argentina	3.4 ^{d,e}	20 ^f	2.3	99	104	16	77	0.5	31	3.9	91	28.1
Armenia	8.6 ^c	..	4.2	98	104	24	76	0.1	72	1.4	91	5.6
Australia	5.9 ^a	9	..	..	97	6	4	0.2	6	18.1	100	55.7
Austria	8.6 ^a	9	..	102	97	4	4	0.2	12	8.9	100	59.3
Azerbaijan	13.3 ^c	53	14.0	113	97	39	82	0.2	77	4.4	80	10.8
Bangladesh	9.4 ^c	85	39.2	56	107	61	570	..	223	0.3	36	0.3
Belarus	8.8 ^c	..	1.3	92	101	13	18	0.2	61	6.5	93	29.0
Belgium	8.5 ^a	10	..	86	98	5	8	0.2	12	9.8	..	65.9
Benin	6.9 ^c	..	21.5	64	73	123	840	1.2	91	0.3	30	1.8
Bolivia	1.8 ^c	..	5.9	98	99	57	290	0.2	155	1.0	43	10.5
Bosnia and Herzegovina	6.9 ^c	..	1.6	..	99	14	3	<0.1	51	6.9	95	34.7
Brazil	3.0 ^a	27	2.2	106	103	22	110	0.6	48	1.7	77	35.5
Bulgaria	8.7 ^c	8	1.6	98	97	12	11	..	39	5.7	99	30.9
Burkina Faso	7.0 ^c	..	35.2	37 ^g	84 ^h	191	700	1.6	226	0.1	13	0.9
Burundi	9.0 ^c	..	38.9	39	90	180	1,100	2.0	367	0.0	41	0.8
Cambodia	7.1 ^c	..	28.4	85	90	91	540	0.8	495	0.0	28	0.5
Cameroon	5.6 ^c	..	15.1	55	85	148	1,000	5.1	192	0.2	51	3.0
Canada	7.2 ^a	10 ^f	..	96	99	6	7	0.4	5	16.6	100	72.8
Central African Republic	5.2 ^c	..	21.8	30 ^g	..	172	980	6.3	345	0.1	31	0.4
Chad	6.3 ^c	..	33.9	30	64	209	1,500	3.5	299	0.0	9	1.2
Chile	4.1 ^a	25	0.6	95	99	9	16	0.3	12	4.1	94	32.6
China	5.7 ^c	..	6.8	101	100	22	45	0.1 ^h	98	4.3	65	22.5
Hong Kong, China	5.3 ^a	7	..	102	98	..	..	..	62	5.7	..	59.1
Colombia	2.9 ^a	41	5.1	107	104	20	130	0.6	35	1.4	78	38.4
Congo, Dem. Rep. of	5.5 ^c	..	33.6	51	73	161	1,100	..	392	0.0	31	0.5
Congo, Rep. of	5.0 ^c	..	11.8	72	91	125	740	3.5	403	0.6	20	4.3
Costa Rica	4.2 ^c	20	..	91	102	11	30	0.4	11	1.7	96	33.6
Côte d'Ivoire	5.0 ^c	..	16.7	45	..	127	810	3.9	420	0.5	24	3.2
Croatia	8.7 ^c	16	..	101	102	6	7	<0.1	40	5.2	99	50.6
Czech Republic	10.2 ^a	12	2.1	93	101	4	4	..	9	11.7	99	48.3
Denmark	8.3 ^a	..	..	101	102	4	3	0.2	8	8.5	100	84.2
Dominican Republic	4.0 ^a	43	4.2	91 ^g	103 ^g	38	150	1.1	69	2.0	79	26.0
Ecuador	3.4 ^a	34 ^f	6.2	106	100	22	210	0.3	101	2.2	84	9.7
Egypt, Arab Rep. of	9.0 ^c	25	5.4	98	95	36	130	..	21	2.2	66	15.4
El Salvador	3.3 ^a	36	6.1	91	101	24	170	0.8	40	1.1	86	12.5
Eritrea	..	..	34.5	46	78	70	450	1.3	95	0.2	5	3.0
Ethiopia	9.3 ^c	52 ^f	34.6	46	83	119	720	2.1	378	0.1	11	0.4
Finland	9.6 ^a	..	..	98	102	4	7	0.1	6	10.1	100	78.8
France	7.2 ^a	6	..	..	100	4	8	0.4	14	6.2	..	51.2
Georgia	5.4 ^c	62	..	92	98	30	66	0.1	84	1.1	93	8.2
Germany	8.5 ^a	..	..	103	99	4	4	0.1	6	9.5	100	76.1
Ghana	5.2 ^c	..	13.91	78 ^g	95 ^g	115	560	1.9	203	0.3	10	4.3
Greece	6.7 ^a	28	..	101	97	4	3	0.2	18	8.6	98	32.3
Guatemala	3.4 ^a	..	17.7	77	93	39	290	0.8	63	0.9	84	10.1
Guinea	5.8 ^c	..	22.5	64	76	150	910	1.6	287	0.1	19	0.9
Haiti	2.5 ^c	..	18.9	..	..	76	670	2.2	306	0.2	19	10.4
Honduras	2.5 ^c	..	8.6	89	106	24	280	0.7	59	1.1	66	9.1
Hungary	8.6 ^c	7	..	92	99	7	6	0.1	17	5.6	100	54.8
India	8.1 ^c	..	43.5	86	91	72	450	0.3	168	1.3	28	7.2
Indonesia	7.1 ^c	63	24.4	105	98	31	420	0.2	228	1.9	52	11.1
Iran, Islamic Rep. of	6.4 ^c	43	..	105	105	33	140	0.2	22	6.5	..	32.0
Iraq	..	..	7.1	75	78	44	300	..	56	..	76	0.9
Ireland	7.4 ^a	11	..	97	103	4	1	0.2	13	10.2	..	63.5
Israel	5.7 ^a	7	..	102	101	5	4	0.1	8	9.2	..	27.9
Italy	6.5 ^a	22	..	102	99	4	3	0.4	7	7.7	..	48.6
Japan	10.6 ^a	11	..	..	100	4	6	..	21	9.6	100	69.0
Jordan	7.2 ^c	..	3.6	102	102	24	62	..	7	3.8	85	25.4
Kazakhstan	7.4 ^c	..	4.9	104 ^g	99 ^g	32	140	0.1	129	11.9	97	12.3
Kenya	4.7 ^c	..	16.5	93	95	121	560	..	353	0.3	42	8.7
Korea, Rep. of	7.9 ^a	25	..	102	96	5	14	<0.1	90	9.4	..	77.1
Kyrgyz Republic	8.1 ^c	47	2.7	95	100	38	150	0.1	121	1.1	93	14.3
Lao PDR	8.5 ^c	..	36.4	77	86	70	660	0.2	151	0.2	48	1.6
Lebanon	..	..	..	83 ^g	103 ^g	29	150	0.1	19	4.2	..	38.3
Liberia	6.4 ^c	..	20.4	55 ^g	..	133	1,200	1.7	277	0.1	32	0.6
Libya	..	..	..	..	105	18	97	..	17	9.5	97	4.7
Lithuania	6.8 ^c	..	..	95	100	8	11	0.1	68	4.1	..	52.9
Madagascar	6.2 ^c	86	36.8	62	96	112	510	0.1	251	0.2	12	1.7
Malawi	7.0 ^c	..	18.4	55	100	111	1,100	11.9	346	0.1	60	2.2
Malaysia	6.4 ^a	22	..	96	104	11	62	0.5	103	9.3	94	62.6
Mali	6.5 ^c	..	27.9	52	76	196	970	1.5	319	0.0	45	1.0
Mauritania	6.2 ^c	..	30.4	59	103	119	820	0.8	318	0.6	24	1.4

Tabel 3 Tujuan Pembangunan Milenium: menghapuskan kemiskinan dan meningkatkan kehidupan

	Menghapuskan kemiskinan ekstrem dan kelaparan			Memperoleh pendidikan dasar umum	Meningkatkan kesetaraan gender	Mengurangi kematian anak	Meningkatkan kesehatan ibu	Memerangi HIV/AIDS dan penyakit lainnya	Memastikan lingkungan yang berkelanjutan	Mengembangkan kerja sama global untuk pembangunan		
	Pembagian kuintil paling bawah dalam konsumsi nasional atau pendapatan	Pekerjaan yang mudah terpengaruh % pekerjaan	Prevalensi anak malnutrisi % anak-anak di bawah 5 2007–07*	Angka penyelesaian primer 2007	Rasio anak perempuan dan laki-laki yang memasuki sekolah dasar dan menengah 2007	Angka kematian di bawah umur 5 tahun per 1.000 2007	Angka kematian ibu per 100.000 kelahiran hidup 2005	Prevalensi HIV % populasi umur 15–49 2007	Insidens tuberkulosis per 100.000 penduduk 2007	Emisi karbon dioksida per kapita metrik ton 2005	Kemudahan untuk meningkatkan fasilitas sanitasi % populasi 2006	Pengguna internet per 100 penduduk 2008
1990–2007 ^a	2007	2007–07*	2007	2007	2007	2005	2007	2007	2005	2006	2008	
Mexico	4.6 ^c	29	3.4	105	99	35	60	0.3	20	4.1	81	21.9
Moldova	7.3 ^c	32	3.2	93	102	18	22	0.4	141	2.1	79	19.1
Morocco	6.5 ^c	52	9.9	83	88	34	240	0.1	92	1.6	72	33.0
Mozambique	5.4 ^c	..	21.2	46	85	168	520	12.5	431	0.1	31	1.6
Myanmar	..	..	29.6	..	..	103	380	0.7	171	0.2	82	0.1
Nepal	6.1 ^c	..	38.8	78 ^a	98 ^a	55	830	0.5	173	0.1	27	1.4
Netherlands	7.6 ^d	..	..	..	98	5	6	0.2	8	7.7	100	86.8
New Zealand	6.4 ^a	12	..	..	102	6	9	0.1	7	7.2	..	69.2
Nicaragua	3.8 ^a	45	7.8	74	103	35	170	0.2	49	0.7	48	2.8
Niger	5.9 ^c	..	39.9	40	71	176	1,800	0.8	174	0.1	7	0.5
Nigeria	5.1 ^c	..	27.2	72	84	189	1,100	3.1	311	0.8	30	7.3
Norway	9.6 ^d	6	..	97	99	4	7	0.1	6	11.4	..	84.8
Pakistan	9.1 ^c	62	31.3	63	80	90	320	0.1	181	0.9	58	11.1
Panama	2.5 ^a	28	..	99	101	23	130	1.0	47	1.8	74	22.9
Papua New Guinea	4.5 ^c	..	..	..	..	65	470	1.5	250	0.7	45	1.8
Paraguay	3.4 ^d	47	..	95	99	29	150	0.6	58	0.7	70	8.7
Peru	3.9 ^a	40 ^f	5.2	104	102	20	240	0.5	126	1.3	72	24.7
Philippines	5.6 ^c	45	20.7	94	102	28	230	..	290	0.9	78	6.0
Poland	7.3 ^c	19	..	96	99	7	8	0.1	25	7.9	..	44.0
Portugal	5.8 ^d	18	..	104	101	4	11	0.5	30	5.9	99	41.9
Romania	8.2 ^c	32	3.5	120	99	15	24	0.1	115	4.1	72	23.9
Russian Federation	6.4 ^c	6	..	93	98	15	28	1.1	110	10.5	87	21.1
Rwanda	5.3 ^c	..	18.0	35	100	181	1,300	2.8	397	0.1	23	3.1
Saudi Arabia	..	..	..	93	94	25	18	..	46	16.5	99	29.2
Senegal	6.2 ^c	..	14.5	50	94	114	980	1.0	272	0.4	28	8.4
Serbia	8.3 ^{c,j}	23	1.8	..	102	8	..	0.1	32	6.5 ⁱ	92	32.1
Sierra Leone	6.1 ^c	..	28.3	81	86	262	2,100	1.7	574	0.2	11	0.3
Singapore	5.0 ^a	10	3.3	..	..	3	14	0.2	27	13.2	100	67.7
Slovak Republic	8.8 ^a	10	..	94	100	8	6	<0.1	17	6.8	100	51.3
Somalia	..	..	32.8	..	..	142	1,400	0.5	249	0.1	23	1.1
South Africa	3.1 ^c	3	..	84	100	59	400	18.1	948	8.7	59	8.6
Spain	7.0 ^d	12	..	99	103	4	4	0.5	30	7.9	100	57.4
Sri Lanka	6.8 ^c	41 ^f	22.8	104	..	21	58	..	60	0.6	86	5.7
Sudan	..	..	38.4	50	88	109	450	1.4	243	0.3	35	9.2
Sweden	9.1 ^d	..	..	95	99	3	3	0.1	6	5.4	100	79.7
Switzerland	7.6 ^d	10	..	88	97	5	5	0.6	6	5.5	100	75.2
Syrian Arab Rep.	..	..	..	114	96	17	130	..	24	3.6	92	16.8
Tajikistan	7.7 ^c	..	14.9	95	89	67	170	0.3	231	0.8	92	7.2
Tanzania	7.3 ^c	88 ^f	16.7	112 ^g	..	116	950	6.2	297	0.1	33	1.2
Thailand	6.1 ^c	53	7.0	101	104 ^g	7	110	1.4	142	4.1	96	20.0
Togo	7.6 ^c	..	..	57	75	100	510	3.3	429	0.2	12	5.4
Tunisia	5.9 ^c	..	..	100	104	21	100	0.1	26	2.2	85	27.1
Turkey	5.2 ^c	36	3.5	97	90	23	44	..	30	3.5	88	33.1
Turkmenistan	6.0 ^c	..	..	..	..	50	130	<0.1	68	8.6	..	1.4
Uganda	6.1	..	19.0	54	98	130	550	5.4	330	0.1	33	7.9
Ukraine	9.0 ^c	..	4.1	101	100	24	18	1.6	102	6.9	93	22.4
United Arab Emirates	..	..	..	105	101	8	37	..	16	30.1	97	86.1
United Kingdom	6.1 ^a	..	..	..	102	6	8	0.2	15	9.1	..	79.4
United States	5.4 ^a	..	1.3	96	100	8	11	0.6	4	19.5	100	72.4
Uruguay	4.5 ^d	25	6.0	104	98	14	20	0.6	22	1.7	100	40.2
Uzbekistan	7.1 ^c	..	4.4	97	98	41	24	0.1	113	4.3	96	8.8
Venezuela, R. B. de	4.9 ^a	30	..	95 ^g	102 ^g	19	57	..	34	5.6	..	25.6
Vietnam	7.1 ^c	..	20.2	..	..	15	150	0.5	171	1.2	65	21.0
West Bank and Gaza	..	36	..	83	104	27	..	..	20	..	80	9.6
Yemen, Republic of	7.2 ^c	..	..	60	66	73	430	..	76	1.0	46	1.4
Zambia	3.6 ^c	..	23.3	88	96	170	830	15.2	506	0.2	52	5.5
Zimbabwe	4.6 ^c	..	14.0	..	97	90	880	15.3	782	0.9	46	11.4
Dunia	..w	23.1w	87w	95w	95w	68w	400w	0.8w	139w	4.5w, k	60w	21.3w
Berpendapatan rendah	..	27.8	65	91	120	790	2.3	275	0.5	38	3.7	
Berpendapatan menengah	..	22.7	91	96	58	320	0.6	138	3.1	58	14.7	
Menengah ke bawah	..	25.8	90	94	65	370	0.4	147	2.6	52	11.7	
Menengah ke atas	24	..	98	100	25	110	1.5	105	5.1	82	26.6	
Berpendapatan rendah dan menengah	..	24.0	96	95	74	440	0.9	162	2.7	55	12.8	
Asia Timur & Pasifik	..	12.6	100	100	27	150	0.2	136	3.6	66	23.3	
Eropa & Asia Tengah	19	..	98	97	23	45	0.6	84	7.0	89	23.4	
Amerika Latin & Karibian	31	4.5	97	101	26	130	0.5	50	2.5	78	26.6	
Timur Tengah dan Afrika Utara	37	..	91	93	38	200	0.1	41	3.6	74	24.2	
Asia Selatan	..	40.9	79	90	78	500	0.3	174	1.1	33	6.6	
Afrika Sub-Sahara	..	26.5	63	88	146	900	5.0	369	0.9	31	4.5	
Berpendapatan tinggi	..	..	98	99	7	10	0.3	16	12.6	100	67.1	

a. Data dari International database Telecommunication Union's (ITU) World Telecommunication Development Report. Mohon menyebutkan ITU sebagai pihak ketiga yang menggunakan data ini. b. Data untuk tahun paling akhir yang tersedia.

c. Mengacu pada pembagian pengeluaran per persentil populasi, diberi peringkat berdasarkan pengeluaran per kapita. d. Data perkotaan. e. Mengacu pada pembagian pendapatan per persentil populasi, diberi peringkat berdasarkan pendapatan per kapita. f. Terbatasnya luas cakupan. g. Data untuk tahun 2008. h. Termasuk Hong Kong, China. i. termasuk Montenegro. j. Termasuk Kosovo dan Montenegro. k. Termasuk emisi yang tidak dialokasikan untuk negara-negara tertentu.

Tabel 4 Aktivitas ekonomi

	Produk domestik bruto		Produktivitas pertanian nilai pertanian yang ditambahkan per pekerja 2000 \$		Nilai yang ditambahkan sebagai % PDB			Pengeluaran rumah tangga untuk konsumsi terakhir % PDB 2008	Pengeluaran pemerintah untuk konsumsi secara umum % PDB 2008	Pembentukan modal bruto % PDB 2008	Neraca eksternal untuk barang dan jasa % PDB 2008	Rata-rata deflator yang terdapat pada PDB per tahun % pertumbuhan 2000–08
	Jutaan dolar 2008	Rata-rata % pertumbuhan 2000–08	1990–92	2003–05	Pertanian	Industri	Jasa	2008	2008	2008	2008	2008
Afghanistan	10,170	..	..	..	37	25	38	98	11	31	-39	7.1
Albania	12,295	5.4	778	1,449	21	20	59	85	10	32	-27	3.5
Algeria	173,882	4.3	1,911	2,225	9	69	23	22	7	37	35	9.4
Angola	83,383	13.7	165	174	10	86	4	37	..	12	50	48.1
Argentina	328,385	5.3	6,767	10,072	9	34	57	59	13	24	4	12.8
Armenia	11,917	12.4	1,476 ^a	3,692	18	45	37	75	12	38	-25	4.6
Australia	1,015,217	3.3	20,839	29,908	..	..	..	55	18	29	-2	3.8
Austria	416,380	2.1	12,048	21,920	2	31	67	54	18	21	7	1.8
Azerbaijan	46,259	18.1	1,084 ^b	1,143	6	71	23	25	10	23	42	10.9
Bangladesh	78,992	5.9	254	338	19	29	52	79	5	24	-8	4.8
Belarus	60,302	8.6	1,977 ^b	3,153	9	39	53	54	16	35	-6	25.5
Belgium	497,586	2.0	..	39,243	1	24	75	52	22	22	3	2.0
Benin	6,680	3.9	326	519	..	..	..	..	..	..	..	3.3
Bolivia	16,674	4.1	670	773	14	42	44	61	12	16	12	7.0
Bosnia and Herzegovina	18,452	5.5	..	8,270	..	..	..	85	22	23	-30	3.8
Brazil	1,612,539	3.6	1,507	3,119	7	28	65	61	20	19	0	8.1
Bulgaria	49,900	5.8	2,500	7,159	7	31	61	70	16	37	-23	5.6
Burkina Faso	7,948	5.6	110	173	33	22	44	75	22	18	-15	2.4
Burundi	1,163	2.9	108	70	..	..	..	91	29	16	-36	9.6
Cambodia	9,574	9.7	..	314	32	27	41	83	3	21	-8	4.7
Cameroon	23,396	3.5	389	648	20	33	48	68	13	19	1	2.2
Canada	1,400,091	2.5	28,243	44,133	..	..	..	56	19	23	3	2.0
Central African Republic	1,970	0.6	287	381	53	14	32	95	3	10	-9	2.2
Chad	8,361	10.4	173	215	23	42	35	69	6	15	10	8.3
Chile	169,458	4.4	3,573	5,309	4	47	49	55	10	21	14	6.6
China	4,326,187	10.4	258	407	11	49	40	37	14	43	7	4.3
Hong Kong, China	215,355	5.2	..	..	0	8	92	60	8	20	11	-1.7
Colombia	242,268	4.9	3,080	2,749	9	34	57	64	13	24	-1	6.9
Congo, Dem. Rep. of	11,588	5.5	184	149	41	27	31	82	11	17	-10	28.3
Congo, Rep. of	10,699	4.0	..	..	5	60	35	29	14	27	30	7.0
Costa Rica	29,834	5.5	3,143	4,506	7	29	64	69	13	27	-10	10.2
Côte d'Ivoire	23,414	0.6	598	795	24	25	51	77	8	10	5	3.4
Croatia	69,333	4.6	5,425 ^b	11,354	6	28	65	59	19	31	-8	3.8
Czech Republic	216,485	4.6	..	5,521	2	38	60	48	20	27	5	2.2
Denmark	342,672	1.7	15,190	38,441	1	26	73	50	26	23	1	2.3
Dominican Republic	45,790	5.4	1,924	3,305	11	28	61	81	6	20	-7	15.0
Ecuador	52,572	5.0	1,686	1,676	7	36	57	67	12	24	-3	9.5
Egypt, Arab Rep. of	162,818	4.7	1,528	2,072	14	36	50	72	11	24	-7	7.8
El Salvador	22,115	2.9	1,633	1,638	13	28	58	98	9	15	-22	3.7
Eritrea	1,654	1.3	..	71	24	19	56	86	37	11	-28	18.0
Ethiopia	26,487	8.2	..	158	43	13	45	85	11	21	-17	8.7
Finland	271,282	3.0	18,818	31,276	3	32	65	52	21	22	5	1.1
France	2,853,062	1.7	22,234	44,080	2	21	77	57	23	22	-2	2.1
Georgia	12,793	8.1	2,443 ^b	1,791	10	24	66	76	21	31	-28	7.3
Germany	3,652,824	1.2	13,724	25,657	1	30	69	57	18	18	7	1.1
Ghana	16,123	5.6	293	320	32	26	42	81	14	32	-26	18.7
Greece	356,796	4.2	7,536	8,818	4	23	73	71	17	26	-13	3.3
Guatemala	38,977	3.9	2,120	2,623	11	28	62	90	4	24	-18	5.2
Guinea	4,266	3.1	142	190	8	35	58	85	5	13	-2	20.2
Haiti	6,953	0.5	..	..	..	..	..	98	..	26	-23	16.7
Honduras	14,077	5.3	1,193	1,483	13	27	61	83	14	30	-28	6.5
Hungary	154,668	3.6	4,122	6,922	4	29	66	67	9	22	1	5.0
India	1,217,490	7.9	324	392	18	29	53	56	11	39	-6	4.6
Indonesia	514,389	5.2	484	583	14	48	37	63	8	28	1	10.9
Iran, Islamic Rep. of	385,143	6.0	1,954	2,561	10	45	45	45	14	31	10	17.9
Iraq	..	..	..	1,756	..	..	..	..	..	..	..	..
Ireland	281,776	5.0	..	17,107	2	35	63	46	16	27	11	2.9
Israel	199,498	3.5	..	..	..	..	..	58	25	19	-2	1.1
Italy	2,293,008	0.9	11,528	23,967	2	27	71	59	20	21	0	2.6
Japan	4,909,272	1.6	20,445	35,668	1	30	68	57	18	24	1	-1.2
Jordan	20,013	6.7	1,892	1,360	4	32	64	108	18	18	-45	4.2
Kazakhstan	132,229	9.5	1,795 ^b	1,557	6	42	52	35	10	35	20	15.1
Kenya	34,507	4.6	334	333	21	13	65	79	11	25	-14	6.5
Korea, Rep. of	929,121	4.5	..	11,451	3	37	60	55	15	31	-1	2.2
Kyrgyz Republic	4,420	4.4	675 ^b	979	34	19	48	101	18	26	-45	6.8
Lao PDR	5,431	6.9	360	459	40	31	29	69	8	38	-15	9.4
Lebanon	28,660	4.0	..	29,950	5	22	73	91	14	20	-25	2.2
Liberia	870	-1.1	..	..	54	19	27	116	15	20	-51	10.5
Libya	99,926	4.1	..	..	..	..	..	..	..	..	..	22.2
Lithuania	47,341	7.7	..	3,790	4	33	63	66	18	27	-11	4.0
Madagascar	8,970	3.8	186	174	25	17	57	85	5	36	-25	11.5
Malawi	4,269	4.2	72	116	34	21	45	85	11	32	-28	19.3
Malaysia	194,927	5.5	386	525	10	48	42	46	12	22	20	4.4
Mali	8,740	5.2	208	241	37	24	39	76	11	23	-10	4.2
Mauritania	2,858	5.1	574	356	13	47	41	61	20	26	-7	11.3

Tabel 4 Aktivitas ekonomi

	Produk domestik bruto		Produktivitas pertanian nilai pertanian yang ditambahkan per pekerja 2000 \$		Nilai yang ditambahkan sebagai % PDB			Pengeluaran rumah tangga untuk konsumsi terakhir	Pengeluaran pemerintah untuk konsumsi terakhir secara umum	Pembentukan modal bruto	Neraca eksternal untuk barang dan jasa	Rata-rata deflator yang terdapat pada PDB per tahun
	Jutaan dolar 2008	Rata-rata % pertumbuhan 2000-08	1990-92	2003-05	Pertanian	Industri	Jasa	% PDB 2008	% PDB 2008	% PDB 2008	% PDB 2008	% pertumbuhan 2000-08
Mexico	1,085,951	2.7	2,256	2,793	4	37	59	66	10	26	-2	8.2
Moldova	6,048	6.3	1,286 ^b	816	11	15	74	97	19	37	-53	11.6
Morocco	86,329	5.0	1,430	1,746	16	20	64	61	16	33	-9	1.6
Mozambique	9,735	8.0	107	148	28	26	46	75	12	23	-10	8.1
Myanmar	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Nepal	12,615	3.5	191	207	34	17	50	79	10	32	-21	6.2
Netherlands	860,336	1.8	24,914	42,049	2	24	74	47	25	20	8	2.2
New Zealand	130,693	3.0	19,155	27,189	..	..	..	60	19	23	-1	3.0
Nicaragua	6,592	3.5	..	2,071	19	30	51	90	12	32	-34	8.5
Niger	5,354	4.4	152	157 ^b	..	..	..	..	..	..	..	2.6
Nigeria	212,080	6.6	..	..	31	41	28	..	..	..	13	17.0
Norway	449,996	2.5	19,500	37,039	1	43	56	42	20	23	16	4.7
Pakistan	168,276	5.8	594	696	20	27	53	80	9	22	-10	7.3
Panama	23,088	6.6	2,363	3,904	6	17	76	65	11	23	1	2.2
Papua New Guinea	8,168	2.8	500	595	33	48	19	44	10	19	27	7.3
Paraguay	15,977	3.7	1,596	2,052	23	20	57	69	9	20	3	10.5
Peru	127,434	6.0	930	1,481	7	38	55	61	9	27	2	3.5
Philippines	166,909	5.1	905	1,075	15	32	53	77	10	15	-2	5.2
Poland	526,966	4.4	1,502 ^b	2,182	4	30	65	66	15	23	-3	2.6
Portugal	242,689	0.9	4,642	6,220	3	24	73	65	20	22	-7	2.9
Romania	200,071	6.3	2,196	4,646	8	34	58	73	11	26	-10	17.0
Russian Federation	1,607,816	6.8	1,825 ^b	2,519	5	38	57	45	19	25	11	16.5
Rwanda	4,457	6.7	167	182	35	12	53	90	9	21	-19	10.0
Saudi Arabia	467,601	4.1	7,875	15,780	2	70	27	26	20	19	35	8.9
Senegal	13,209	4.4	225	215	15	23	62	82	10	30	-22	2.9
Serbia	50,061	5.7	..	..	13	28	59	84	17	23	-24	17.2
Sierra Leone	1,953	10.3	..	..	43	24	33	80	13	20	-12	9.3
Singapore	181,948	5.8	22,695	40,419	0	28	72	39	11	31	19	1.5
Slovak Republic	94,957	6.3	..	5,026	4	41	55	54	16	28	1	3.7
Somalia	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
South Africa	276,764	4.3	1,786	2,495	3	31	66	61	20	22	-4	7.1
Spain	1,604,174	3.3	9,511	18,619	3	30	67	57	18	31	-7	3.9
Sri Lanka	40,714	5.5	679	702	13	29	57	70	16	27	-13	10.6
Sudan	58,443	7.4	414	667	26	34	40	59	16	24	1	9.9
Sweden	480,021	2.8	22,533	35,378	2	29	70	47	26	20	8	1.7
Switzerland	488,470	1.9	19,884	23,588	1	28	71	59	11	22	8	1.0
Syrian Arab Rep.	55,204	4.4	2,344	3,261	20	35	45	75	12	14	0	8.4
Tajikistan	5,134	8.6	346 ^b	409	18	23	59	114	8	20	-42	21.0
Tanzania ^c	20,490	6.8	238	295	45	17	37	73	16	17	-6	9.4
Thailand	260,693	5.2	497	624	12	46	43	51	13	28	8	2.4
Togo	2,823	2.5	312	347	..	..	..	..	16	..	-27	1.1
Tunisia	40,180	4.9	2,422	2,700	10	28	62	65	14	25	-3	2.9
Turkey	794,228	5.9	1,770	1,846	10	28	62	71	13	22	-5	16.9
Turkmenistan	18,269	14.5	1,222 ^b	..	..	..	..	..	..	..	11	12.2
Uganda	14,529	7.5	155	175	23	26	52	82	12	24	-18	5.1
Ukraine	180,355	7.2	1,195 ^b	1,702	8	37	55	64	17	25	-6	15.7
United Arab Emirates	163,296	7.7	10,454	25,841	2	59	39	45	10	21	24	7.7
United Kingdom	2,645,593	2.5	22,664	26,942	1	23	76	63	22	19	-4	2.7
United States	14,204,322	2.5	20,793	42,744	1	22	77	70	16	20	-6	2.6
Uruguay	32,186	3.8	6,304	8,797	11	27	63	69	12	23	-4	8.2
Uzbekistan	27,918	6.6	1,272 ^b	1,800	23	33	43	55	16	19	10	25.5
Venezuela, R. B. de	313,799	5.2	4,483	6,331	..	..	..	53	10	23	14	26.3
Vietnam	90,705	7.7	214	305	20	42	38	66	6	42	-13	7.8
West Bank and Gaza	..	-0.9	..	..	..	..	..	..	..	..	..	3.4
Yemen, Republic of	26,576	3.9	271	328 ^b	..	..	..	..	..	..	..	13.6
Zambia	14,314	5.3	159	204	21	46	33	66	9	22	3	17.1
Zimbabwe	..	-5.7	240	222	..	..	..	..	..	..	..	232.0
Dunia	60,587,016 ^c	3.2w	731w	908w	3w	28w	69w	61w	17w	22w	0w	..
Berpendapatan rendah	568,504	5.8	222	268	25	29	46	75	9	27	-11	..
Berpendapatan menengah	16,826,866	6.4	470	650	10	37	53	56	14	30	1	..
Menengah ke bawah	8,377,130	8.3	359	499	14	41	45	50	13	36	1	..
Menengah ke atas	8,445,380	4.6	1,998	2,721	6	33	61	61	15	23	1	..
Berpendapatan rendah dan menengah	17,408,313	6.4	432	577	11	37	53	57	14	29	1	..
Asia Timur & Pasifik	5,658,322	9.1	295	438	12	48	41	42	13	39	6	..
Eropa & Asia Tengah	3,860,600	6.3	1,749	2,076	7	34	60	60	15	24	0	..
Amerika Latin & Karibian	4,247,077	3.9	2,125	3,044	6	32	62	63	14	23	0	..
Timur Tengah dan Afrika Utara	1,117,198	4.7	1,583	2,204	12	41	48	57	12	28	3	..
Asia Selatan	1,531,499	7.4	335	406	18	29	53	61	11	36	-7	..
Afrika Sub-Sahara	987,120	5.2	263	279	14	32	54	67	16	23	-3	..
Berpendapatan tinggi	43,189,942	2.3	15,906	25,500	1	26	73	62	18	21	-1	..

a. Data pada pengeluaran pemerintah untuk konsumsi terakhir secara umum tidak tersedia secara terpisah; data tersebut termasuk ke dalam pengeluaran rumah tangga untuk konsumsi terakhir. b. Data selama tiga tahun tidak tersedia. c. Data mengacu hanya pada Tanzania.

Tabel 5 Perdagangan, bantuan, dan pembiayaan

	Perdagangan barang		Ekspor manufaktur % dari total ekspor barang 2007	Ekspor teknologi tinggi % dari ekspor manufaktur 2007	Neraca arus rekening \$ juta 2008	Jejaring investasi asing langsung \$ juta 2007	Jejaring bantuan pembangunan resmi \$ per kapita 2007	Utang eksternal		Kredit domestik yang disediakan oleh sektor perbankan % dari PDB 2008	Migrasi neto Ribuan 200–05 ^a
	Ekspor	Impor									
	\$ Juta 2008	\$ juta 2008						Total \$ juta 2007	Nilai sekarang % dari PNB		
Afghanistan	680	3,350	..	..	..	288	..	2,041	18 ^d	0	..
Albania	1,353	5,230	70	12	-1,924	477	97	2,776	22	68	-100
Algeria	78,233	39,156	1	2	..	1,665	12	5,541	4	-12	-140
Angola	66,300	21,100	..	..	9,402	-893	14	12,738	32	10	175
Argentina	70,588	57,413	31	7	7,588	6,462	2	127,758	63	24	-100
Armenia	1,069	4,412	56	2	-1,356	699	114	2,888	38	17	-100
Australia	187,428	200,272	19	14	-44,040	39,596	..	..	..	151	641
Austria	182,158	184,247	82	11	14,269	30,717	..	..	..	129	220
Azerbaijan	31,500	7,200	6	4	16,454	-4,749	26	3,021	14	17	-100
Bangladesh	15,369	23,860	91	..	857	653	10	22,033	22	60	-700
Belarus	32,902	39,483	53	3	-5,050	1,785	9	9,470	25	31	20
Belgium	476,953	469,889	78	7 ^c	-12,015	72,195	..	..	..	115	196
Benin	1,050	1,990	9	0	-217	48	56	857	12 ^d	15	99
Bolivia	6,370	4,987	7	5	1,800	204	50	4,947	24 ^d	48	-100
Bosnia and Herzegovina	5,064	12,282	61	3	-2,765	2,111	117	6,479	42	59	62
Brazil	197,942	182,810	47	12	-28,191	34,585	2	237,472	25	102	-229
Bulgaria	23,124	38,256	55	6	-12,577	8,974	..	32,968	100	67	-41
Burkina Faso	620	1,800	..	..	..	600	63	1,461	14 ^d	16	100
Burundi	56	403	21	4	-116	1	59	1,456	97 ^d	35	192
Cambodia	4,290	6,510	..	..	-1,060	867	46	3,761	46	16	10
Cameroon	4,350	4,360	3	3	-547	433	104	3,162	5 ^d	6	-12
Canada	456,420	418,336	53	14	27,281	111,772	..	..	..	191	1,089
Central African Republic	185	310	36	0	..	27	41	973	48 ^d	18	-45
Chad	4,800	1,700	..	..	..	603	33	1,797	19 ^d	-3	219
Chile	67,788	61,901	10	7	-3,440	14,457	7	58,649	45	83	30
China	1,428,488	1,133,040	93	30	426,107	138,413	1	373,635	13	126	-2,058
Hong Kong, China	370,242 ^e	392,962	68 ^e	19	30,637	54,365	..	..	..	125	113
Colombia	37,626	39,669	39	3	-6,761	9,040	17	44,976	28	43	-120
Congo, Dem. Rep. of	3,950	4,100	..	..	..	720	20	12,283	111 ^d	5	-237
Congo, Rep. of	9,050	2,850	..	..	-2,181	4,289	36	5,156	93 ^d	-19	4
Costa Rica	9,675	15,374	63	45	-1,578	1,896	12	7,846	35	54	84
Côte d'Ivoire	10,100	7,150	18	32	-146	427	8	13,938	67 ^d	20	-339
Croatia	14,112	30,728	68	9	-6,397	4,916	37	48,584	109	75	-13
Czech Republic	146,934	141,882	90	14	-6,631	9,294	..	..	..	58	67
Denmark	117,174	112,296	66	17	6,938	11,858	..	..	..	210	46
Dominican Republic	6,910	16,400	..	..	-2,068	1,698	13	10,342	33	39	-148
Ecuador	18,511	18,686	8	7	1,598	183	16	17,525	50	18	-400
Egypt, Arab Rep. of	25,483	48,382	19	0	412	11,578	14	30,444	25	78	-291
El Salvador	4,549	9,755	55	4	-1,119	1,526	14	8,809	50	45	-340
Eritrea	20	530	..	..	..	-3	32	875	41 ^d	125	229
Ethiopia	1,500	7,600	13	3	-828	223	31	2,634	8 ^d	47	-340
Finland	96,714	91,045	81	21	10,121	11,568	..	..	..	88	33
France	608,684	707,720	79	19	-52,911	159,463	..	..	..	126	761
Georgia	1,498	6,058	45	7	-2,851	1,728	87	2,292	20	33	-309
Germany	1,465,215	1,206,213	83	14	243,289	51,543	..	..	..	126	930
Ghana	5,650	10,400	11	1	-2,151	970	50	4,479	22 ^d	33	12
Greece	25,311	77,970	52	8	-51,313	1,959	..	..	..	109	154
Guatemala	7,765	14,545	50	3	-1,697	724	34	6,260	21	37	-300
Guinea	1,300	1,600	..	..	-456	111	23	3,268	64 ^d	..	-425
Haiti	490	2,148	..	..	-80	75	73	1,598	20 ^d	23	-140
Honduras	6,130	9,990	29	1	-1,225	816	65	3,260	21 ^d	50	-150
Hungary	107,904	107,864	81	25	-12,980	37,231	..	..	..	81	70
India	179,073	291,598	64	5	-9,415	22,950	1	220,956	20	70	-1,540
Indonesia	139,281	126,177	42	11	606	6,928	4	140,783	43	37	-1,000
Iran, Islamic Rep. of	116,350	57,230	10	6	..	755	1	20,577	8	51	-993
Iraq	59,800	31,200	0	0	2,681	383	..	..	..	..	..
Ireland	124,158	82,774	84	28	-12,686	26,085	..	..	..	194	230
Israel	60,825	67,410	76	8	1,596	9,664	..	..	..	81	115
Italy	539,727	556,311	84	7	-78,029	40,040	..	..	..	133	1,750
Japan	782,337	761,984	90	19	156,634	22,180	..	..	..	293	82
Jordan	7,790	16,888	76	1	-2,776	1,835	88	8,368	54	122	104
Kazakhstan	71,184	37,889	13	23	6,978	10,189	13	96,133	131	34	-200
Kenya	4,972	11,074	37	5	-1,102	728	34	7,355	26	35	25
Korea, Rep. of	422,007	435,275	89	33	-6,350	1,579	..	..	..	113	-65
Kyrgyz Republic	1,642	4,058	35	2	-631	208	52	2,401	43 ^d	14	-75
Lao PDR	1,080	1,390	..	..	107	324	65	3,337	84	7	-115
Lebanon	4,454	16,754	..	..	-1,395	2,845	229	24,634	111	177	100
Liberia	262	865	..	..	-211	132	192	2,475	978 ^d	161	62
Libya	63,050	11,500	..	..	28,454	4,689	3	..	..	-47	14
Lithuania	23,728	30,811	64	11	-5,692	2,017	..	..	..	64	-36
Madagascar	1,345	4,040	57	1	..	997	48	1,661	21 ^d	9	-5
Malawi	790	1,700	11	2	..	55	53	870	9 ^d	16	-30
Malaysia	199,516	156,896	71	52	28,931	8,456	8	53,717	34	115	150
Mali	1,650	2,550	3	7	-581	360	82	2,018	16 ^d	13	-134
Mauritania	1,750	1,750	0	..	..	153	117	1,704	85 ^d	..	30

Tabel 5 Perdagangan, bantuan, dan pembiayaan

	Perdagangan barang		Ekspor manufaktur % dari total ekspor barang 2007	Ekspor teknologi tinggi % dari ekspor manufaktur 2007	Neraca arus rekening \$ juta 2008	Jejaring investasi asing langsung \$ juta 2007	Jejaring bantuan pembangunan resmi per kapita 2007	Utang eksternal		Kredit domestik yang disediakan oleh sektor perbankan % dari PDB 2008	Migrasi neto Ribuan 200-05 ^a
	Ekspor	Impor						Total	Nilai		
	\$ juta 2008	\$ juta 2008						\$ juta 2007	% dari PNB		
Mexico	291,807	323,151	72	17	-15,957	24,686	1	178,108	20	37	-2,702
Moldova	1,597	4,899	32	5	-1,009	493	73	3,203	72	40	-320
Morocco	20,065	41,699	65	9	-122	2,807	35	20,255	29	98	-550
Mozambique	2,600	4,100	6	2	-975	427	83	3,105	15 ^d	14	-20
Myanmar	6,900	4,290	..	..	802	428	4	7,373	46	..	-1,000
Nepal	1,100	3,570	..	..	6	6	21	3,645	22 ^d	53	-100
Netherlands	633,974	573,924	60	26	65,391	123,609	..	..	..	198	110
New Zealand	30,586	34,366	25	10	-11,317	2,753	..	..	..	151	103
Nicaragua	1,489	4,287	10	4	-1,475	382	149	3,390	31 ^d	66	-206
Niger	820	1,450	6	14	-314	27	38	972	12 ^d	6	-29
Nigeria	81,900	41,700	7	8	21,972	6,087	14	8,934	6	26	-170
Norway	167,941	89,070	18	18	83,497	3,788	..	..	..	..	84
Pakistan	20,375	42,326	79	1	-8,295	5,333	14	40,680	25	46	-1,239
Panama	1,180	9,050	11	0	-2,792	1,907	-40	9,862	70	86	8
Papua New Guinea	5,700	3,550	..	..	..	96	50	2,245	42	26	0
Paraguay	4,434	10,180	14	6	-345	196	18	3,570	35	22	-45
Peru	31,529	29,981	12	2	1,505	5,343	9	32,154	42	19	-525
Philippines	49,025	59,170	51	54	4,227	2,928	7	65,845	51	46	-900
Poland	167,944	203,925	80	4	-29,029	22,959	..	195,374	53	60	-200
Portugal	55,861	89,753	74	9	-29,599	5,534	..	..	..	185	291
Romania	49,546	82,707	80	4	-24,642	9,492	..	85,380	67	41	-270
Russian Federation	471,763	291,971	17	7	102,331	55,073	..	370,172	39	27	964
Rwanda	250	1,110	5	16	-147	67	75	496	8 ^d	..	6
Saudi Arabia	328,930	111,870	9	1	95,080	-8,069	-5	..	..	10	285
Senegal	2,390	5,702	36	4	-1,311	78	71	2,588	21 ^d	25	-100
Serbia	10,973	22,999	66	4	-15,989	3,110	113	26,280	86	38	-339
Sierra Leone	220	560	..	..	-181	94	99	348	10 ^d	14	336
Singapore	338,176 ^a	319,780	76 ^a	46	39,106	24,137	..	..	..	84	139
Slovak Republic	70,967	73,321	87	5	-4,103	3,363	..	..	..	54	10
Somalia	..	..	..	..	..	141	44	2,944	..	..	-200
South Africa	80,781	99,480	51 ^f	6	-20,981	5,746	17	43,380	19	88	700
Spain	268,108	402,302	75	5	-154,184	60,122	..	..	..	213	2,504
Sri Lanka	8,370	14,008	70	2	-3,775	603	29	14,020	42	43	-442
Sudan	12,450	9,200	0	1	-3,268	2,426	52	19,126	93 ^d	17	-532
Sweden	183,975	166,971	77	16	40,317	12,286	..	..	..	136	186
Switzerland	200,387	183,491	91	22	41,214	49,730	..	..	..	185	200
Syrian Arab Rep.	14,300	18,320	32	7	920	600	4	..	..	37	300
Tajikistan	1,406	3,270	..	..	-495	360	33	1,228	30	28	-345
Tanzania	2,870	6,954	17	1	-1,856	647	68	5,063	15 ^{d,g}	17	-345
Thailand	177,844	178,655	76	27	15,755	9,498	-5	63,067	29	136	1,411
Togo	790	1,540	62	0	-340	69	19	1,968	80 ^d	25	-4
Tunisia	19,319	24,612	70	5	-904	1,620	30	20,231	65	73	-81
Turkey	131,975	201,960	81	0	-41,685	22,195	11	251,477	47	51	-71
Turkmenistan	10,780	4,680	..	..	..	804	6	743	7	..	-25
Uganda	2,180	4,800	21	11	-1,088	484	56	1,611	9 ^d	12	-5
Ukraine	67,049	84,032	74	4	-12,933	9,891	9	73,600	66	82	-173
United Arab Emirates	231,550	158,900	3	7	..	..	..	..	..	67	577
United Kingdom	457,983	631,913	74	20	-78,765	197,766	..	..	..	215	948
United States	1,300,532	2,165,982	77	28	-673,261	237,541	..	..	..	220	5,676
Uruguay	5,949	8,933	30	3	-1,119	879	10	12,363	69	33	-104
Uzbekistan	10,360	5,260	..	..	..	262	6	3,876	20	..	-400
Venezuela, R. B. de	93,542	49,635	5	3	39,202	646	3	43,148	26	20	40
Vietnam	62,906	80,416	51	6	-6,892	6,700	29	24,222	35	95	-200
West Bank and Gaza	..	..	..	..	..	..	504	..	..	..	11
Yemen, Republic of	9,270	9,300	1	1	-1,508	917	10	5,926	23	11	-100
Zambia	5,093	5,070	13	2	-505	984	85	2,789	7 ^d	19	-82
Zimbabwe	2,150	2,900	48	3	..	69	37	5,293	121	..	-700
Dunia	16,129,607^t	16,300,527^t	72^w	18^w	..	2,139,338^s	16^w	..^s	..	158^w	..^{w,h}
Berpendapatan rendah	167,308	239,464	44	4	..	19,975	37	156,551	..	46	-3,728
Berpendapatan menengah	4,905,095	4,547,215	61	19	..	501,721	9	3,260,910	..	74	-14,512
Menengah ke bawah	2,627,173	2,376,905	71	23	..	232,806	9	1,228,986	..	98	-11,119
Menengah ke atas	2,276,454	2,164,216	52	13	..	268,916	9	2,031,924	..	53	-3,393
Berpendapatan rendah dan menengah	5,072,412	4,786,667	60	19	..	521,696	19	3,417,461	..	74	-18,240
Asia Timur & Pasifik	2,081,208	1,762,013	77	31	..	175,340	4	741,471	..	117	-3,722
Eropa & Asia Tengah	1,141,248	1,146,612	45	6	..	151,521	13	1,214,038	..	42	-2,138
Amerika Latin & Karibian	873,299	896,683	54	12	..	107,270	12	825,697	..	62	-5,738
Timur Tengah dan Afrika Utara	418,183	315,621	16	4	..	28,905	55	136,448	..	48	-1,850
Asia Selatan	225,882	380,660	66	5	..	29,926	7	304,713	..	69	-3,181
Afrika Sub-Sahara	336,637	296,944	30	8	..	28,734	44	195,094	..	41	-1,611
Berpendapatan tinggi	11,060,159	11,522,679	75	18	..	1,617,642	0	..	..	191	18,091

a. Perbedaan di antara bantuan resmi, untuk negara-negara di Bagian II dari Organisation for Economic Co-operation and Development Development Assistance Committee (DAC), dan bantuan pembangunan resmi pada tahun 2005. Gergat regional termasuk data untuk ekonomi yang tidak tercantum dalam tabel. Total pendapatan dunia dan grup termasuk bantuan tidak dialokasikan oleh negara atau daerah. b. Total selama periode 5 tahunan. c. Termasuk Luksemburg. d. Data berasal dari analisis utang berkelanjutan untuk negara-negara berpendapatan rendah. e. Termasuk re-ekspor. f. Data pada total ekspor dan impor yang mengacu hanya pada Afrika Selatan. Data pada pembagian komoditas ekspor yang mengacu pada South African Customs Union (Botswana, Lesoto, Namibia, dan Afrika Selatan). g. PNB yang mengacu hanya pada Tanzania. h. Total dunia dihitung oleh PBB dan dijumlahkan sama dengan nol, tetapi karena agregat yang diperlihatkan di sini mengacu pada definisi World Bank, total pendapatan daerah dan grup tidak sama dengan nol.

Tabel 6 Indikator-indikator penting untuk ekonomi lainnya

	Populasi			Komposisi umur populasi % umur 0-14 2008	Pendapatan nasional bruto (PNB) ^a		Pendapatan nasional bruto (PNB) ^a		Produk domestik bruto per kapita % pertumbuhan 2007-08	Harapan hidup saat lahir		Angka melek huruf pada dewasa % umur 15 tahun ke atas 2007
	Ribuan 2008	Rata-rata per tahun % pertumbuhan 200-08	Kepadatan penduduk per km persegi 2008		\$ juta 2008	Dollar per kapita 2008	\$ juta 2008	Dollar per kapita 2008		Laki-laki tahun 2007	Perempuan tahun 2007	
American Samoa	66	1.7	331	..	..^d	..	..	..	..	..	..	..
Andorra	84	3.7 ^c	178	..	..^e	..	..	..	..	..	..	..
Antigua and Barbuda	86	1.3	194	..	1,165	13,620	1,760 ^f	20,570 ^f	1.6	..	..	..
Aruba	105	1.9	586	20	..	..^e	..	..	..	72	77	98
Bahamas, The	335	1.3	33	26	..	..^e	..	..	-0.2	71	76	..
Bahrain	767	2.1	1,080	27	..	..^e	..	..	..	74	77	89
Barbados	255	0.2	594	18	..	..^e	..	..	..	74	80	..
Belize	311	2.7	14	36	1,186	3,820	1,875 ^f	6,040 ^f	0.9	73	79	..
Bermuda	64	0.4	1,284	..	..	..^e	..	..	4.3	76	82	..
Bhutan	687	2.5	15	31	1,302	1,900	3,349	4,880	12.0	64	68	53
Botswana	1,905	1.2	3	34	12,328	6,470	24,964	13,100	-2.2	50	51	83
Brunei Darussalam	397	2.2	75	27	10,211	26,740	19,540	50,200	-1.3	75	80	95
Cape Verde	499	1.6	124	37	1,561	3,130	1,720	3,450	4.5	68	74	84
Cayman Islands	54	3.7	209	..	..	..^e	..	..	..	..	..	99
Channel Islands	149	0.2	787	16	10,241	68,640	..	..	5.7	77	81	..
Comoros	644	2.2	346	38 ^g	483	750	754	1,170	-1.4	63	67	75
Cuba	11,247	0.1	102	18	..	..^d	..	..	..	76	80	100
Cyprus	864	1.2	93	18	19,617 ^h	22,950 ^h	20,549	24,040	3.3	77	82	98
Djibouti	848	1.9	37	37	957	1,130	1,972	2,330	2.1	54	56	..
Dominica	73	0.3	98	..	349	4,770	607 ^f	8,300 ^f	2.9	..	..	..
Equatorial Guinea	659	2.8	24	41	9,875	14,980	14,305	21,700	8.4	49	51	..
Estonia	1,341	-0.3	32	15	19,131	14,270	25,848	19,280	-3.6	67	79	100
Faeroe Islands	49	0.7	35	..	..	..^e	..	..	..	77	81	..
Fiji	839	0.6	46	32	3,300	3,930	3,578	4,270	-0.3	67	71	..
French Polynesia	266	1.5	73	26	..	..^e	..	..	..	72	77	..
Gabon	1,448	2.0	6	37	10,490	7,240	17,766	12,270	0.2	59	62	86
Gambia, The	1,660	3.0	166	42	653	390	2,130	1,280	3.0	54	57	..
Greenland	57	0.1	0 ^j	..	..	..^e	..	..	..	..	..	..
Grenada	106	0.6	310	28	603	5,710	850 ^f	8,060 ^f	2.2	67	70	..
Guam	175	1.5	325	28	..	..^e	..	..	..	73	78	..
Guinea-Bissau	1,575	2.4	56	43	386	250	832	530	0.5	46	49	..
Guyana	763	0.1	4	30	1,081	1,420	1,916 ^f	2,510 ^f	3.1	64	70	..
Iceland	317	1.5	3	21	12,702	40,070	7,993	25,220	-1.6	79	83	..
Isle of Man	81	0.6	141	..	3,516	43,710	..	..	7.3	..	..	..
Jamaica	2,689	0.5	248	30	13,098	4,870	19,785 ^f	7,360 ^f	-1.8	70	75	86
Kiribati	97	1.7	119	..	193	2,000	353 ^f	3,660 ^f	1.8	59	63	..
Korea, Dem. People's Rep. of	23,858	0.5	198	22	..	..^j	..	..	..	65	69	..
Kosovo	..	..	..	..	..	..^k	..	..	..	..	..	..
Kuwait	2,728	2.7	153	23	99,865	38,420	136,748	52,610	3.7	76	80	94
Latvia	2,266	-0.6	36	14	26,883	11,860	37,943	16,740	-4.2	66	77	100
Lesotho	2,017	0.8	66	39	2,179	1,080	4,033	2,000	3.4	43	42	..
Liechtenstein	36	1.1	222	..	..	..^e	..	..	..	..	..	..
Luxembourg	488	1.4	188	18	41,406	84,890	31,372	64,320	-2.5	76	82	..
Macao, China	526	2.2	18,659	13	18,142	35,360	26,811	52,260	10.4	79	83	94
Macedonia, FYR	2,038	0.2	80	18	8,432	4,140	20,266	9,950	5.0	72	77	97
Maldives	310	1.6	1,035	29	1,126	3,630	1,639	5,280	4.0	68	69	97
Malta	411	0.7	1,286	16	6,825	16,680	9,192	22,460	3.1	77	82	92
Marshall Islands	60	1.9	331	..	195	3,270	..	..	-0.8	..	..	..
Mauritius	1,269	0.8	625	23	8,122	6,400	15,841	12,480	4.7	69	76	87
Mayotte	191	2.9i	511	40	..	..^d	..	..	..	..	..	..
Micronesia, Federated States	111	0.5	159	37	260	2,340	334 ^f	3,000 ^f	-1.3	68	69	..
Monaco	33	0.3 ^c	16,821	..	..	..^e	..	..	..	..	..	..
Mongolia	2,632	1.2	2	27	4,411	1,680	9,158	3,480	7.9	64	70	97
Montenegro	622	-0.7	45	20	4,008	6,440	8,661	13,920	6.9	72	76	..
Namibia	2,114	1.5	3	37	8,880	4,200	13,248	6,270	1.0	52	53	88
Netherlands Antilles	194	0.9	242	21	..	..^e	..	..	..	71	79	96
New Caledonia	246	1.8	13	26	..	..^e	..	..	..	72	80	96
Northern Mariana Islands	85	2.3 ^c	186	..	..	..^e	..	..	..	..	..	..
Oman	2,785	1.8	9	32	32,755	12,270	55,126	20,650	5.1	74	77	84
Palau	20	0.7	44	..	175	8,650	..	..	-1.6	66	72	..
Puerto Rico	3,954	0.4	446	21	..	..^e	..	..	..	74	83	..
Qatar	1,281	9.1	116	16	..	..^e	..	..	..	75	77	93
Samoa	182	0.6	64	40	504	2,780	789 ^f	4,340 ^f	-3.6	69	75	99
San Marino	31	1.3 ^m	517	..	1,430	46,770	..	..	3.1	79	85	..
São Tomé and Príncipe	161	1.7	168	41	164	1,020	286	1,780	3.9	64	67	88

Tabel 6 Indikator-indikator penting untuk ekonomi lainnya

				Komposisi umur populasi % umur 0–14 2008	Pendapatan nasional bruto (PNB) ^a		PPP Pendapatan nasional bruto (PNB) ^a		Produk domestik bruto per kapita % pertumbuhan 2007–08	Harapan hidup saat lahir		Angka melek huruf pada dewasa % umur 15 tahun ke atas 2007
	Populasi		\$ juta 2008		Dollar per kapita 2008	\$ juta 2008	Dollar per kapita 2008	Laki-laki tahun 2007		Perempuan tahun 2007		
	Rata-rata per tahun % pertumbuhan 200–08	Kepadatan penduduk per km persegi 2008										
	Ribuan 2008											
Seychelles	86	0.8	188	..	889	10,290	1,707 ^f	19,770 ^f	1.3	69	78	..
Slovenia	2,039	0.3	101	14	48,973	24,010	54,875	26,910	2.5	74	82	100
Solomon Islands	507	2.5	18	39	598	1,180	1,309 ^g	2,580 ^g	4.9	63	64	..
St. Kitts and Nevis	49	1.3	189	..	539	10,960	746 ^h	15,170 ^h	8.8	..	..	..
St. Lucia	170	1.1	279	27	940	5,530	1,561 ⁱ	9,190 ⁱ	1.1	73	76	..
St. Vincent and the Grenadines	109	0.1	280	27	561	5,140	957 ^j	8,770 ^j	0.9	69	74	..
Suriname	515	1.2	3	29	2,570	4,990	3,674 ^k	7,130 ^k	6.0	65	73	90
Swaziland	1,168	1.0	68	40	2,945	2,520	5,852	5,010	1.1	46	45	..
Timor-Leste	1,098	3.7	74	45	2,706	2,460	5,150 ^l	4,690 ^l	9.6	60	62	..
Tonga	104	0.6	144	37	265	2,560	402 ^m	3,880 ^m	0.7	69	75	99
Trinidad and Tobago	1,338	0.4	261	21	22,123	16,540	32,033 ⁿ	23,950 ⁿ	3.0	68	72	99
Vanuatu	231	2.5	19	39	539	2,330	910 ^o	3,940 ^o	4.2	68	72	78
Virgin Islands (U.S.)	110	0.1	314	21	..	..^e	..	..	..	76	82	..

a. Dihitung menggunakan metode World Bank Atlas. b. PPP adalah purchasing power parity (paritas daya beli); lihat Catatan teknis. c. Data untuk tahun 2003–07. d. Diestimasi sebagai menengah ke atas (\$3.856–\$11.095). e. Diestimasi sebagai pendapatan tinggi (\$11.096 atau lebih). f. Estimasi berdasarkan regresi; lainnya dari perhitungan dari estimasi International Comparison Program terbaru. g. Termasuk Mayotte. h. Terpisah dari Turkish Cypriot. i. Kurang dari 0.5. j. Diestimasi sebagai pendapatan rendah (\$975 atau kurang). k. Diestimasi sebagai pendapatan menengah ke bawah (\$976–\$3.855). l. Data untuk tahun 2002–07. m. Data untuk tahun 2004–07.

Catatan Teknis

Catatan teknis ini membahas sumber-sumber dan metode-metode yang digunakan untuk menyusun indikator-indikator yang terdapat dalam pembahasan Indikator Pembangunan Dunia Terpilih di edisi ini. Catatan berikut mengikuti urutan munculnya indikator-indikator tersebut di dalam tabel-tabelnya.

Sumber-sumber

Data yang diterbitkan dalam Indikator Pembangunan Dunia Terpilih diambil dari *World Development Indicators 2009*. Akan tetapi, bilamana memungkinkan, revisi-revisi yang dilaporkan sejak tanggal penutupan dari edisi tersebut telah digunakan. Selain itu, perkiraan populasi dan pendapatan nasional bruto (PNB) per kapita untuk tahun 2007 yang baru dikeluarkan terdapat di tabel 1 dan Tabel 6.

World Bank mengambil berbagai sumber untuk statistik yang diterbitkan dalam *World Development Indicators*. Data mengenai utang luar negeri untuk negara-negara berkembang dilaporkan secara langsung ke World Bank oleh anggota-anggota negara berkembang melalui Debtor Reporting System. Data lainnya diambil langsung dari PBB dan badan-badan khususnya, dari International Monetary Fund (IMF), dan dari laporan-laporan negara pada World Bank. Perkiraan staf juga digunakan untuk meningkatkan kekinian atau konsistensinya. Bagi banyak negara, perkiraan laporan nasional diperoleh dari berbagai pemerintahan anggota melalui misi-misi ekonomi World Bank. Dalam beberapa hal perkiraan ini telah disesuaikan oleh staf untuk memastikan kesesuaian dengan definisi dan konsep internasional. Sebagian besar data sosial dari sumber nasional diambil dari arsip administratif rutin, survei khusus, atau sensus periodik.

Untuk catatan yang lebih terinci mengenai data tersebut, lihat *World Development Indicators 2009* dari World Bank.

Konsistensi dan kehandalan data

Upaya sungguh-sungguh telah dilakukan untuk menstandarisasi data, tetapi komparabilitas penuh tidak dapat dipastikan, dan penafsiran indikator-indikator tersebut harus dilakukan secara hati-hati. Banyak faktor mempengaruhi ketersediaan, komparabilitas, dan kehandalan data: sistem statistika di negara berkembang

masih lemah; metode, cakupan, praktik, dan definisi statistiknya amat berbeda; serta perbandingan antarnegara dan antarperiodenya melibatkan masalah teknis dan konseptual yang rumit, yang tidak dapat dipecahkan secara utuh. Cakupan data mungkin tidak lengkap karena adanya keadaan khusus atau karena perekonomian negaranya mengalami masalah (seperti masalah yang berasal dari konflik) sehingga memengaruhi pengumpulan dan pelaporan data. Walaupun data diambil dari sumber yang dianggap paling berwenang, untuk alasan-alasan ini data tersebut harus ditafsirkan hanya sebagai tren indikasi dan mencirikan perbedaan-perbedaan besar dari berbagai perekonomian, alih-alih memberikan ukuran kuantitatif yang tepat dari perbedaan-perbedaan tersebut. Ketidaksesuaian data yang diberikan dalam edisi yang berbeda menunjukkan pembaruan oleh negara, seperti halnya revisi pada rangkaian sejarah dan perubahan metodologi. Dengan demikian, pembaca disarankan untuk tidak membandingkan rangkaian data antara satu edisi dengan edisi lainnya, atau antara edisi-edisi publikasi yang berbeda dari World Bank. Rangkaian waktu yang konsisten tersedia pada CD-ROM *World Development Indicators 2009* dan di *WDI Online*.

Rasio dan tingkat pertumbuhan

Untuk kemudahan referensi, tabel-tabel biasanya menunjukkan rasio-rasio dan tingkat-tingkat pertumbuhan, alih-alih sekedar nilai-nilai pokok. Nilai-nilai dalam bentuk aslinya tersedia di CD-ROM *World Development Indicators 2009*. Kecuali disebutkan secara terpisah, tingkat pertumbuhan dihitung menggunakan metode regresi kuadrat terkecil (lihat Metode statistik di bawah ini). Oleh karena metode ini memperhitungkan semua pengamatan yang ada selama satu kurun waktu, tingkat pertumbuhan yang dihasilkan mencerminkan tren umum yang tidak terlalu dipengaruhi oleh nilai-nilai yang istimewa. Dengan tidak memasukkan dampak-dampak inflasi, indikator-indikator ekonomi harga konstan digunakan dalam menghitung tingkat pertumbuhan. Data yang dicetak miring adalah untuk satu tahun atau suatu kurun waktu selain yang disebutkan dalam judul kolom—sampai dua tahun sebelum atau sesudah untuk indikator ekonomi dan sampai tiga tahun untuk indikator sosial, karena indikator sosial cenderung dikumpulkan secara kurang teratur dan jarang berubah secara dramatis dalam kurun waktu yang singkat.

Deret harga konstan

Pertumbuhan suatu perekonomian diukur dengan peningkatan nilai tambah yang dihasilkan oleh pribadi dan perusahaan yang berada dalam ekonomi tersebut. Jadi, untuk mengukur pertumbuhan nyata, estimasi PDB dan komponen-komponennya harus dinilai dalam harga-harga konstan. World Bank mengumpulkan deret laporan nasional harga konstan dalam mata uang nasionalnya dan dicatat dalam tahun acuan asli negara tersebut. Untuk memperoleh deret data harga konstan yang dapat dibandingkan, World Bank menskalakan kembali PDB dan nilai tambah berdasarkan asal industri terhadap tahun acuan umum, yaitu tahun 2000, pada versi *World Development Indicators* saat ini. Proses ini menimbulkan ketidaksesuaian antara PDB yang telah diskalakan ulang dengan jumlah dari setiap komponen yang diskalakan ulang. Oleh karena alokasi ketidaksesuaiannya akan meningkatkan distorsi dalam tingkat pertumbuhan, maka hal itu dibiarkan tidak teralokasi.

Ukuran-ukuran rangkuman

Ukuran-ukuran rangkuman untuk kawasan dan kelompok pendapatan, yang disajikan di bagian akhir tabel, dihitung dengan penjumlahan biasa jika dinyatakan dalam tingkatan. Tingkat pertumbuhan dan rasio agregat biasanya dihitung sebagai rata-rata berbobot. Ukuran-ukuran rangkuman untuk indikator sosial diboboti dengan populasi atau subkelompok populasi, kecuali untuk angka kematian bayi, yang diboboti dengan angka kelahiran. Lihat catatan pada indikator yang spesifik untuk informasi lebih lanjut.

Untuk ukuran-ukuran rangkuman yang mencakup jangka waktu beberapa tahun, perhitungannya didasarkan pada suatu kelompok ekonomi homogen sehingga komposisi jumlahnya tidak berubah seiring waktu. Ukuran-ukuran kelompok disusun hanya jika data yang tersedia untuk tahun tersebut setidaknya mencakup dua pertiga dari seluruh kelompok, seperti yang didefinisikan untuk tahun acuan 2000. Selama kriteria ini terpenuhi, perekonomian yang datanya tidak ada dianggap berperilaku sama seperti perekonomian yang memberikan estimasinya. Pembaca harus mengingat bahwa ukuran-ukuran rangkuman merupakan estimasi dari agregat representatif untuk setiap topik dan bahwa tidak ada kesimpulan yang berarti yang dapat diambil dari indikator

kelompok mengenai perilaku di tingkat negara. Dan lagi, proses estimasi dapat menghasilkan ketidaksesuaian antara subkelompok dengan total keseluruhan.

Tabel 1. Beberapa indikator pembangunan yang utama

Populasi didasarkan pada definisi *de facto*, yang menghitung semua penduduk, tanpa melihat status hukum atau warga negara, kecuali untuk pengungsi yang tidak menetap di negara suaka, yang biasanya dianggap sebagai bagian dari populasi negara asal. Nilai yang ditunjukkan adalah estimasi tengah tahun.

Tingkat pertumbuhan rata-rata per tahun adalah tingkat eksponensial dari perubahan untuk kurun waktu tersebut (lihat bagian tentang metode statistik di bawah ini).

Kepadatan penduduk adalah populasi tengah tahun dibagi dengan luas lahan *dalam kilometer persegi*. Luas lahan adalah luas keseluruhan negara, tidak termasuk daerah perairan yang terkungkung daratan.

Komposisi usia populasi, usia 0–14 menunjukkan persentase dari populasi keseluruhan yang berusia 0–14.

Pendapatan nasional bruto (PNB) adalah ukuran terluas dari pendapatan nasional, yang mengukur total nilai tambah dari sumber domestik dan asing yang diklaim oleh penduduk. PNB terdiri dari produk domestik bruto (PDB) ditambah penerimaan pendapatan utama dari sumber asing. Data dikonversi dari mata uang nasional ke dalam dolar AS menggunakan metode World Bank Atlas. Untuk itu, digunakan rata-rata nilai tukar selama tiga tahun untuk memperhalus pengaruh fluktuasi perubahan nilai tukar. (Lihat bagian metode statistik di bawah ini untuk pembahasan lebih lanjut mengenai metode Atlas.)

PNB per kapita adalah PNB dibagi populasi tengah tahun. Nilainya dikonversi ke dalam dolar A.S. dengan metode Atlas. World Bank menggunakan PNB per kapita dalam dolar A.S. untuk menggolongkan perekonomian untuk tujuan analitis dan untuk menentukan kelayakan untuk mendapatkan pinjaman.

PNB PPP, yaitu PNB yang dikonversi ke dalam dolar internasional menggunakan faktor konversi paritas daya beli (PPP), ikut disertakan. Oleh karena nilai tukar tidak selalu merefleksikan perbedaan tingkat harga antar negara, tabel ini mengonversi perkiraan PNB dan PNB per

kapita ke dalam dolar internasional menggunakan nilai *purchasing power parity* (PPP). Nilai PPP memberikan satu standar ukuran yang memungkinkan perbandingan tingkat pengeluaran yang sebenarnya di berbagai negara, sama seperti indeks harga konvensional memungkinkan perbandingan nilai sebenarnya seiring waktu. Faktor konversi PPP yang digunakan di sini berasal dari survei harga tahun 2005 mencakup 146 negara yang dilakukan oleh International Comparison Program. Bagi negara-negara Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), datanya berasal dari survei terakhir, selesai pada tahun 2005. Perkiraan bagi negara-negara yang tidak termasuk dalam survei berasal dari model statistik menggunakan data yang ada. Untuk informasi lebih lanjut mengenai International Comparison Program 2005, kunjungi www.worldbank.org/data/icp.

PNB PPP per kapita adalah PNB PPP dibagi populasi tengah tahun.

Pertumbuhan Produk Domestik Bruto (PDB) per kapita didasarkan pada PDB yang diukur dalam harga konstan. Pertumbuhan PDB dianggap sebagai ukuran yang luas dari pertumbuhan ekonomi. PDB dalam harga konstan dapat diperkirakan dengan mengukur jumlah barang dan jasa yang dihasilkan dalam satu periode, menilainya dalam satu harga acuan tahunan yang disepakati, serta mengurangi biaya input-input lanjutan, juga dalam harga konstan. Lihat bagian metode statistik untuk rincian dari tingkat pertumbuhan kuadrat terkecil.

Usia harapan hidup saat lahir adalah berapa tahun seorang bayi baru lahir dapat hidup jika pola kematian yang umum pada saat kelahirannya sama sepanjang hidupnya. Data disajikan untuk laki-laki dan perempuan secara terpisah.

Tingkat baca-tulis dewasa adalah persentase orang berusia 15 tahun ke atas yang dapat membaca dan menulis, sekaligus memahami, satu kalimat pendek sederhana tentang kehidupan sehari-hari. Pada kenyataannya, tingkat baca-tulis sukar diukur. Untuk memperkirakannya menggunakan definisi seperti itu diperlukan pengukuran sensus atau survei dalam kondisi terkendali. Banyak negara memperkirakan jumlah orang yang mampu baca-tulis dari data yang dilaporkan sendiri. Beberapa negara menggunakan data penyelesaian sekolah sebagai petunjuknya, tetapi menerapkan lama kehadiran sekolah atau tingkat kelulusan yang berbeda. Oleh karena definisi dan metodologi pengumpulan data antarnegaraanya

berbeda-beda, data ini harus digunakan secara hati-hati.

Tabel 2. Kemiskinan

World Bank secara periodik mempersiapkan penilaian tentang kemiskinan untuk negara-negara di mana World Bank memiliki program aktif, bekerja sama erat dengan institusi nasional, badan-badan pembangunan lain, serta kelompok-kelompok masyarakat sipil, termasuk organisasi-organisasi masyarakat miskin. Penilaian tentang kemiskinan melaporkan jangkauan dan penyebab kemiskinan serta mengajukan strategi untuk mengentaskannya. Sejak tahun 1992 World Bank telah melakukan sekitar 200 penilaian tentang kemiskinan, yang merupakan sumber utama perkiraan kemiskinan yang menggunakan garis kemiskinan nasional yang disajikan dalam tabel ini. Negara-negara melaporkan penilaian yang serupa sebagai bagian dari Strategi Pengurangan Kemiskinan mereka.

World Bank juga menghasilkan estimasi kemiskinan menggunakan garis kemiskinan internasional untuk memantau kemajuan dalam pengentasan kemiskinan secara global. Estimasi pertama untuk kemiskinan global untuk negara-negara berkembang dihasilkan pada *Laporan Pembangunan Dunia* 1990: Kemiskinan menggunakan data survei rumah tangga untuk 22 negara (Ravallion, Datt, dan van de Walle 1991). Sejak itu terdapat penambahan jumlah negara yang cukup banyak yang menyurvei pendapatan dan pengeluaran rumah tangganya.

Garis kemiskinan nasional dan internasional. Garis kemiskinan nasional digunakan untuk membuat estimasi mengenai kemiskinan yang konsisten dengan keadaan ekonomi dan sosial yang spesifik untuk suatu negara dan tidak dimaksudkan untuk perbandingan angka kemiskinan internasional. Penentuan garis kemiskinan nasional menggambarkan persepsi lokal tentang tingkat konsumsi atau pendapatan yang diperlukan agar dianggap tidak miskin. Batasan yang dipersepsikan antara miskin dan tidak miskin naik seiring dengan rata-rata pendapatan negara, sehingga tidak memberikan ukuran yang seragam untuk membandingkan angka kemiskinan antara satu negara dengan negara lain. Namun, estimasi kemiskinan nasional jelas merupakan ukuran tepat untuk menentukan kebijakan nasional untuk mengentaskan kemiskinan dan untuk memantau hasilnya.

Perbandingan estimasi-estimasi kemiskinan secara internasional membawa masalah konseptual dan juga masalah praktis. Negara-negara memiliki definisi kemiskinan yang berbeda, serta perbandingan yang konsisten antarnegara mungkin sulit dilakukan. Garis kemiskinan lokal cenderung memiliki daya beli lebih tinggi di negara-negara kaya, di mana digunakan standar yang lebih rendah, dibandingkan di negara-negara miskin. Garis kemiskinan internasional berusaha mempertahankan nilai konstan garis kemiskinan antarnegara yang sesungguhnya, seperti yang dilakukan saat melakukan perbandingan di sepanjang waktu, tanpa melihat pendapatan rata-rata negara-negara.

Sejak *Laporan Pembangunan Dunia* 1990, World Bank berkeinginan untuk menerapkan satu standar umum dalam mengukur kemiskinan ekstrem, yang tak lain adalah makna dari kemiskinan di negara-negara termiskin di dunia. Kesejahteraan penduduk yang tinggal di berbagai negara yang berbeda dapat diukur menggunakan satu skala umum dengan menyesuaikan perbedaan dalam daya beli mata uang. Standar \$1 per hari yang biasa digunakan, diukur pada harga internasional tahun 1985 dan disesuaikan dengan mata uang lokal menggunakan paritas daya beli (PPP), dipilih untuk *Laporan Pembangunan Dunia* 1990 karena merupakan ciri khas garis kemiskinan di negara-negara berpendapatan rendah pada saat itu. Kemudian \$1 per hari ini direvisi menjadi \$1,08 per hari yang diukur pada harga internasional tahun 1993. Baru-baru ini, garis kemiskinan internasional direvisi lagi menggunakan data PPP baru yang disusun pada putaran International Comparison Program tahun 2005, bersama data dari survei pendapatan dan pengeluaran rumah tangga. Garis kemiskinan ekstrem yang baru adalah \$1,25 per hari dalam PPP 2005, yang menggambarkan rata-rata garis kemiskinan di 15 negara termiskin yang diperingkat berdasarkan konsumsi per kapita. Garis kemiskinan baru mempertahankan standar kemiskinan ekstrem yang sama—garis kemiskinan yang menjadi ciri dari negara-negara termiskin di dunia—tetapi memperbaruinya menggunakan informasi terkini mengenai biaya hidup di negara-negara berkembang.

Kualitas dan ketersediaan data survei. Estimasi mengenai kemiskinan diperoleh dari survei-survei yang diadakan untuk mengumpulkan, antara lain, informasi mengenai pendapatan atau konsumsi dari suatu sampel rumah

tangga. Agar bermanfaat untuk estimasi kemiskinan, survei-survei harus representatif secara nasional dan menyertakan informasi yang memadai untuk menghitung suatu estimasi yang komprehensif dari total konsumsi rumah tangga atau pendapatan (mencakup konsumsi atau pendapatan dari swaproduksi), yang darinya dapat dibangun suatu distribusi konsumsi atau pendapatan berbobot yang tepat untuk setiap orang. Selama lebih dari 20 tahun terakhir terdapat perkembangan yang cukup banyak dalam jumlah negara yang melakukan survei dan juga dalam frekuensi surveinya. Kualitas datanya juga telah sangat meningkat. Basis data pemantauan kemiskinan di World Bank sekarang mencakup lebih dari 600 survei yang merepresentasikan 115 negara berkembang. Lebih dari 1,2 juta rumah tangga yang disampel secara acak diwawancarai dalam survei-survei ini, merepresentasikan 96 persen dari populasi negara-negara berkembang.

Isu-isu pengukuran menggunakan data survei. Selain frekuensi dan ketepatan waktu dari data survei, muncul masalah data yang lain dalam mengukur standar hidup rumah tangga. Salah satunya terkait dengan pilihan pendapatan atau konsumsi sebagai indikator kesejahteraan. Pendapatan biasanya lebih sulit untuk diukur secara tepat, dan konsumsi lebih dekat dengan gagasan mengenai standar hidup. Dan pendapatan bisa berbeda-beda seiring waktu, sementara standar hidup tidak. Akan tetapi data konsumsi tidak selalu tersedia: estimasi-estimasi terkini yang dilaporkan di sini menggunakan konsumsi dari dua pertiga negara yang terdaftar. Masalah lainnya adalah bahkan survei-survei yang serupa tidak dapat dibandingkan dengan tepat, karena perbedaan jumlah barang konsumsi yang diidentifikasi, atau perbedaan rentang waktu bagi responden untuk melaporkan pengeluaran mereka, atau perbedaan kualitas dan pelatihan petugas penghitungnya. Ketidaktanggapan selektif juga menjadi masalah dalam beberapa survei.

Perbandingan negara-negara di berbagai tingkat pembangunan juga merupakan satu potensi masalah karena perbedaan dalam kepentingan relatif dari konsumsi barang-barang non-pasar. Nilai pasar lokal dari semua konsumsi (termasuk produksi sendiri, khususnya penting di ekonomi pedesaan yang tertinggal) seharusnya dimasukkan dalam jumlah pengeluaran konsumsi, tetapi mungkin juga tidak. Sekarang survei-survei secara

rutin memasukkan nilai-nilai yang dihubungkan untuk barang konsumsi dari produksi sendiri. Keuntungan yang dihubungkan dengan produksi barang-barang non-pasar harus dimasukkan dalam pendapatan, tetapi tidak selalu dilakukan (pengecualian semacam itu menjadi masalah yang lebih besar di survei-survei sebelum 1980-an). Kebanyakan data survei sekarang memasukkan penilaian untuk konsumsi atau pendapatan dari produksi sendiri, tetapi metode penilaiannya beragam.

Definisi-definisi

Tahun survei adalah tahun di mana datanya dikumpulkan.

Populasi di bawah garis kemiskinan nasional, Nasional adalah persentase populasi yang hidup di bawah garis kemiskinan nasional. Perkiraan nasional didasarkan pada perkiraan subkelompok populasi berbobot dari survei rumah tangga.

Populasi di bawah \$1,25 per hari dan populasi di bawah \$2,00 per hari adalah persentase populasi yang hidup kurang dari \$1,25 per hari dan \$2,00 per hari pada harga internasional tahun 2005. Sebagai hasil dari revisi nilai tukar PPP, nilai kemiskinan untuk masing-masing negara tidak dapat dibandingkan dengan nilai kemiskinan yang dilaporkan pada edisi sebelumnya.

Jurang kemiskinan adalah rata-rata kekurangan dari garis kemiskinan (dengan menganggap bahwa yang tidak miskin memiliki kekurangan sebesar nol), dinyatakan sebagai persentase dari garis kemiskinan. Ukuran ini menggambarkan kedalaman kemiskinan dan juga tingkatnya.

Tabel 3. Millennium Development Goals: memberantas kemiskinan dan meningkatkan tarafhidup

Bagian dari kuintil termiskin dalam konsumsi dan pendapatan nasional adalah bagian dari 20 persen populasi termiskin dalam konsumsi atau pendapatan, di beberapa kasus. Ini adalah ukuran distribusional. Negara-negara dengan distribusi konsumsi (atau pendapatan) yang tidak merata memiliki tingkat kemiskinan yang lebih tinggi untuk suatu rata-rata pendapatan. Data berasal dari survei rumah tangga secara nasional. Oleh karena survei rumah tangga yang mendasarinya memiliki metode dan jenis data yang dikumpulkan secara berbeda, data

distribusinya tidak secara tepat dapat dibandingkan antara negara-negaranya. Staf World Bank telah melakukan upaya untuk memastikan datanya sedapat mungkin dibandingkan. Di mana memungkinkan, konsumsi digunakan alih-alih pendapatan.

Pekerjaan yang rentan adalah jumlah dari pekerja keluarga tak berpendapatan dan pekerja usaha sendiri sebagai persentase dari jumlah tenaga kerja. Proporsi pekerja keluarga tak berpendapatan dan pekerja usaha sendiri dalam seluruh tenaga kerja berasal dari informasi status dalam pekerjaan. Setiap status menghadapi risiko ekonomi yang berbeda, dan pekerja keluarga tak berpendapatan dan pekerja usaha sendiri adalah yang paling rentan—oleh karena itu merupakan yang paling mungkin jatuh ke dalam kemiskinan. Mereka adalah yang paling tidak mungkin memiliki pengaturan kerja formal, yang paling tidak mungkin memiliki perlindungan dan jaring pengaman sosial untuk melindungi diri terhadap guncangan ekonomi, dan seringkali tidak mampu menghasilkan tabungan yang cukup untuk mengatasi guncangan semacam ini.

Prevalensi anak kurang gizi adalah persentase anak-anak di bawah lima tahun yang beratnya kurang dari minus dua standar deviasi dari median untuk populasi acuan internasional usia 0-59 bulan. Tabel menunjukkan data untuk standar pertumbuhan anak yang diterbitkan oleh WHO pada tahun 2006. Estimasi untuk angka kurang gizi berasal dari data survei nasional. Proporsi anak-anak yang beratnya kurang adalah indikator paling umum dari kondisi kekurangan gizi. Dengan berat yang kurang, bahkan sedikit saja, risiko kematian meningkat dan pertumbuhan kognitif anak-anak menjadi terhambat. Terlebih lagi, hal tersebut membawa masalahnya dari satu generasi ke yang selanjutnya, karena perempuan yang kekurangan gizi lebih mungkin melahirkan bayi yang bobotnya kurang.

Tingkat tamat pendidikan dasar adalah persentase murid yang menyelesaikan sekolah dasar. Tingkat ini dihitung dengan cara mengambil total murid di tahun akhir sekolah dasar, dikurangi jumlah yang tinggal kelas, dibagi dengan jumlah anak-anak usia kelulusan. Tingkat penyelesaian pendidikan dasar menggambarkan siklus dasar seperti yang didefinisikan oleh International Standard Classification of Education (ISCED), mulai dari tiga atau empat tahun pendidikan dasar (di sebagian kecil

negara) sampai lima atau enam tahun (di kebanyakan negara) dan tujuh tahun (di beberapa negara). Karena kurikulum dan standar penyelesaian sekolah berbeda antara satu negara dengan negara lainnya, tingkat penyelesaian pendidikan dasar yang tinggi bukan berarti tingkat pendidikan murid yang tinggi.

Rasio pendaftaran sekolah oleh perempuan dibandingkan oleh laki-laki di sekolah dasar dan menengah adalah rasio tingkat pendaftaran oleh kaum perempuan secara bruto di sekolah dasar dan menengah dibandingkan tingkat pendaftaran laki-laki secara bruto.

Menghilangkan perbedaan gender dalam pendidikan akan membantu meningkatkan status dan kemampuan perempuan. Indikator ini merupakan ukuran yang imperfek dari aksesibilitas sekolah relatif bagi perempuan. Dengan sasaran tahun 2005, hal ini merupakan sasaran pertama yang jatuh tempo. Data pendaftaran sekolah dilaporkan ke Institute for Statistics UNESCO oleh para pakar pendidikan nasional. Pendidikan dasar memberikan keahlian membaca, menulis, dan matematika dasar bagi anak-anak, beserta dengan pemahaman dasar tentang mata pelajaran seperti sejarah, geografi, ilmu alam, ilmu sosial, seni, dan musik. Pendidikan menengah melengkapi pendidikan dasar yang dimulai di tingkat dasar, dan bertujuan meletakkan fondasi untuk mempelajari tentang hidup dan pertumbuhan manusia, dengan memberikan arahan yang lebih berorientasi pada mata pelajaran atau keahlian dengan pengajar yang lebih khusus.

Angka kematian usia di bawah lima tahun adalah kemungkinan meninggal sebelum mencapai usia lima tahun per 1.000 bayi yang baru lahir, dengan adanya angka kematian untuk usia tertentu yang berlaku. Sumber utama data kematian adalah sistem pencatatan vital dan estimasi langsung atau tidak langsung berdasarkan sampel survei atau sensus. Untuk membuat estimasi kematian usia di bawah lima tahun dapat dibandingkan antarnegara dan menurut waktu, serta memastikan konsistensi antara perkiraan oleh badan-badan yang berbeda, UNICEF dan World Bank mengembangkan dan mengadopsi suatu metode statistik yang menggunakan seluruh informasi yang tersedia untuk menyatukan perbedaannya. Metode tersebut mencocokkan suatu garis regresi terhadap hubungan antara angka kematian dengan tanggal referensinya menggunakan kuadrat terkecil berbobot.

Angka kematian ibu adalah jumlah perempuan yang meninggal selama kehamilan dan saat melahirkan,

per 100.000 kelahiran yang selamat. Nilainya merupakan perkiraan yang dimodelkan. Perkiraan yang dimodelkan didasarkan pada suatu perlakuan oleh World Health Organization (WHO), United Nations Children's Fund (UNICEF), United Nations Population Fund (UNFPA), dan World Bank. Untuk negara-negara dengan sistem pencatatan vital yang lengkap dan dengan disertai informasi penyebab kematian, data digunakan sebagaimana dilaporkan. Untuk negara-negara dengan data nasional, baik dari sistem pencatatan vital lengkap tanpa informasi penyebab kematian yang pasti atau kurang jelas, atau dari survei rumah tangga, kematian ibu yang dilaporkan biasanya disesuaikan dengan suatu faktor penghitungan yang kurang dan misklasifikasi. Untuk negara-negara tanpa data nasional yang empiris (sekitar 35 persen), angka kematian ibu diperkirakan dengan model regresi menggunakan informasi sosial ekonomi, termasuk kesuburan, pembantu proses kelahiran, dan PDB.

Prevalensi HIV adalah persentase orang berusia 15-49 tahun yang terjangkit HIV. Angka prevalensi HIV dewasa menggambarkan tingkat infeksi HIV dalam populasi setiap negara. Meskipun demikian, tingkat prevalensi nasional yang rendah dapat sangat menyesatkan. Data tersebut sering menyamarkan epidemi yang awalnya terpusat di tempat tertentu atau di antara kelompok populasi tertentu dan berpotensi meluap ke populasi yang lebih luas. Di banyak negara berkembang, infeksi baru kebanyakan terjadi pada orang muda, khususnya perempuan muda yang rentan. Estimasi prevalensi HIV didasarkan pada ekstrapolasi data yang dikumpulkan melalui survei dan pengawasan kelompok-kelompok kecil yang non-representatif.

Insidensi tuberculosis (TBC) adalah estimasi jumlah kasus baru TBC (paru-paru, positif uji lumas, dan luar paru-paru). TBC merupakan salah satu penyebab kematian utama dari satu penyebab tunggal di antara orang dewasa di negara berkembang. Di negara-negara berpendapatan tinggi TBC sebagian besar muncul kembali sebagai akibat dari kasus diantara kaum imigran. Estimasi insidensi TBC dalam tabel adalah berdasarkan pendekatan di mana kasus yang dilaporkan disesuaikan dengan rasio pemberitahuan kasus dengan perkiraan kasus yang dideteksi oleh panel beranggotakan 80 pakar epidemiologi yang dikumpulkan oleh WHO.

Emisi karbon dioksida adalah yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dan pembuatan semen

serta termasuk karbon dioksida yang dihasilkan selama konsumsi bahan bakar padat, cair, dan gas serta penyalaaan gas, dibagi populasi tengah tahun (Carbon Dioxide Information Analysis Center, World Bank).

Akses ke fasilitas sanitasi yang lebih baik adalah persentase populasi yang setidaknya memiliki akses yang memadai ke fasilitas pembuangan kotoran (pribadi atau berbagi, bukan umum) yang dapat secara efektif mencegah kontak manusia, binatang, dan serangga dengan kotoran (fasilitas tersebut tidak harus termasuk pengolahan untuk membuat aliran kotorannya tidak berbahaya). Fasilitas yang baik mulai dari lubang kakus yang sederhana tetapi terlindung hingga toilet siram dengan hubungan pengaliran kotoran. Agar efektif, fasilitas tersebut harus dibangun dengan benar dan dipelihara dengan baik.

Pengguna Internet adalah orang-orang yang memiliki akses ke jaringan global.

Tabel 4. Aktivitas ekonomi

Produk domestik bruto (PDB) adalah nilai tambah bruto, pada harga-harga pembeli, oleh semua produsen penduduk dalam perekonomian ditambah pajak dan dikurangi subsidi yang tidak termasuk dalam nilai produk-produk. Nilai ini dihitung tanpa mengurangi depresiasi aset yang difabrikasi, ataupun pengurangan atau penurunan sumber daya alam. Nilai tambah adalah output dari suatu industri setelah menjumlahkan semua output dan mengurangi input-input perantara. Asal-usul industri dari nilai tambah ditentukan oleh International Standard Industrial Classification (ISIC) revisi 3. World Bank biasanya menggunakan dolar A.S. dan menerapkan nilai tukar resmi rata-rata yang dilaporkan oleh International Monetary Fund untuk tahun tersebut. Satu faktor konversi alternatif diterapkan jika nilai tukar resmi dinilai berbeda dengan selisih yang besar dari nilai efektif yang diterapkan pada transaksi mata uang asing dan produk-produk yang diperdagangkan.

Nilai pertumbuhan PDB rata-rata tahunan dihitung dari data harga tetap PDB dalam mata uang lokal.

Produktivitas pertanian adalah rasio nilai tambah pertanian, diukur dalam dolar A.S. tahun 2000, terhadap jumlah pekerja dalam sektor pertanian. Produktivitas pertanian diukur dengan nilai tambah per unit input. Nilai tambah pertanian termasuk dari kehutanan dan

perikanan. Dengan demikian, interpretasi mengenai produktivitas lahan harus dilakukan dengan hati-hati.

Nilai tambah adalah output dari suatu industri setelah ditambahkan semua output dan mengurangi input-input perantara. Asal-usul industri dari nilai tambah ditentukan oleh International Standard Industrial Classification (ISIC) revisi 3.

Nilai tambah pertanian berkaitan dengan ISIC divisi 1–5 dan termasuk kehutanan dan perikanan.

Nilai tambah industri terdiri dari pertambangan, manufaktur, konstruksi, kelistrikan, air, dan gas (ISIC divisi 10–45).

Nilai tambah jasa berkaitan dengan ISIC divisi 50–99.

Pengeluaran konsumsi akhir rumah tangga adalah nilai pasar dari semua barang dan jasa, termasuk produk-produk tahan lama (seperti mobil, mesin cuci, dan komputer rumah), yang dibeli oleh rumah tangga. Nilai ini tidak termasuk pembelian tempat tinggal tetapi termasuk sewa tempat tinggal yang digunakan pemilik. Nilai ini juga termasuk pembayaran dan biaya ke pemerintah untuk mendapatkan izin dan lisensi. Di sini, pengeluaran konsumsi rumah tangga termasuk pengeluaran dari rumah tangga institusi pelayanan nirlaba, walaupun dilaporkan terpisah oleh negara tersebut. Pada kenyataannya, pengeluaran konsumsi rumah tangga dapat menyertakan ketidaksesuaian statistik dalam penggunaan sumber daya relatif terhadap pasokan sumber daya.

Pengeluaran konsumsi akhir pemerintah umum termasuk semua pengeluaran pemerintah saat ini untuk pembelian barang dan jasa (termasuk kompensasi pegawai). Nilai ini juga termasuk pengeluaran untuk pertahanan dan keamanan nasional, kecuali pengeluaran militer pemerintah yang menjadi bagian dari pembentukan modal pemerintah.

Pembentukan modal bruto terdiri dari pengeluaran untuk penambahan aset-aset tetap dari perekonomian ditambah perubahan tingkat persediaan dan barang-barang berharga. Aset tetap meliputi perbaikan lahan (pagar, parit, saluran, dan sebagainya); pembelian pabrik, mesin, dan peralatan; serta konstruksi bangunan, jalan, rel kereta, dan sebagainya, termasuk bangunan-bangunan komersial dan industri, perkantoran, sekolah, rumah sakit, dan tempat tinggal pribadi. Persediaan adalah stok barang yang dipegang oleh perusahaan untuk memenuhi fluktuasi

produksi atau penjualan sementara atau tak terduga, dan “pekerjaan dalam proses”. Menurut SNA tahun 1993 akuisisi barang-barang berharga juga dianggap sebagai pembentukan modal.

Saldo barang dan jasa eksternal adalah ekspor barang dan jasa dikurangi impor barang dan jasa. Perdagangan barang dan jasa terdiri dari semua transaksi antara penduduk satu negara dengan negara-negara lain yang melibatkan pertukaran kepemilikan barang dagang umum, barang-barang yang dikirim untuk pemrosesan dan perbaikan, emas non-moneter, dan jasa-jasa.

Deflator implisit PDB mencerminkan perubahan harga untuk semua kategori permintaan akhir, seperti konsumsi pemerintah, pembentukan modal, dan perdagangan internasional, juga komponen utama, konsumsi akhir pribadi. Nilai ini berasal dari rasio PDB saat ini dengan harga tetap PDB. Deflator PDB dapat juga dihitung secara eksplisit sebagai indeks harga Paasche di mana bobotnya adalah jumlah output pada periode sekarang.

Indikator-indikator laporan nasional bagi negara-negara berkembang dikumpulkan dari organisasi-organisasi statistik nasional dan bank-bank sentral oleh misi World Bank yang berkunjung dan yang menetap. Data untuk negara berpendapatan tinggi berasal dari Organization for Economic Cooperation.

Tabel 5. Perdagangan, bantuan, dan keuangan

Ekspor barang dagang menunjukkan franco (f.o.b.) nilai barang yang disediakan ke negara-negara dalam nilai dolar AS.

Impor barang dagang menunjukkan c.i.f. nilai barang (biaya barang termasuk asuransi dan pengangkutan) yang dibeli dari negara-negara dalam nilai dolar AS. Data mengenai perdagangan barang berasal dari World Trade Organization (WTO) dalam laporan tahunannya.

Ekspor barang manufaktur terdiri dari komoditas dalam Standard Industrial Trade Classification (SITC) bagian 5 (bahan kimia), 6 (manufaktur dasar), 7 (mesin dan peralatan transportasi), dan 8 (barang manufaktur lain-lain), kecuali divisi 68.

Ekspor barang berteknologi tinggi adalah produk dengan intensitas penelitian dan pengembangan yang tinggi. Ini termasuk produk-produk berteknologi tinggi seperti penerbangan, komputer, farmasi, instrumen ilmiah, dan mesin-mesin kelistrikan.

Saldo sekarang adalah jumlah ekspor barang dan jasa netto, pendapatan netto, dan perpindahan netto saat ini.

Investasi asing langsung (FDI) adalah arus masuk netto dari investasi untuk mendapatkan kepentingan manajemen jangka panjang (10 persen jumlah suara atau lebih) dalam sebuah perusahaan di suatu negara yang bukan negara asal investor tersebut. Nilai ini adalah jumlah modal ekuitas, pendapatan yang diinvestasikan kembali, modal jangka panjang lainnya, dan modal jangka pendek, seperti ditunjukkan dalam neraca pembayaran. Data mengenai FDI didasarkan pada data neraca pembayaran yang dilaporkan oleh IMF, dilengkapi oleh estimasi staf World Bank menggunakan data yang dilaporkan oleh Conference on Trade and Development PBB serta sumber-sumber nasional yang resmi.

Bantuan pembangunan resmi netto (ODA) dari anggota-anggota Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) berpendapatan tinggi adalah sumber utama untuk pendanaan luar yang resmi untuk negara-negara berkembang, tetapi ODA juga dikeluarkan oleh beberapa negara donor penting yang bukan anggota dari Development Assistance Committee (DAC) OECD. DAC memiliki tiga kriteria untuk ODA: dilakukan oleh sektor resmi; memajukan pembangunan ekonomi atau kesejahteraan sebagai tujuan utama; dan disediakan dengan syarat longgar, dengan unsur bantuan setidaknya 25 persen dari pinjaman (dihitung dengan nilai diskon 10 persen).

Bantuan pembangunan resmi terdiri dari hibah dan pinjaman, pembayaran kembali secara netto, yang memenuhi definisi DAC mengenai ODA serta dibuat untuk negara-negara dan wilayah-wilayah dalam daftar penerima bantuan DAC. Daftar penerima DAC yang baru dikelola berdasarkan kriteria yang lebih objektif berdasarkan kebutuhan, dibandingkan pendahulunya, dan termasuk semua negara berpendapatan menengah ke bawah, kecuali yang menjadi anggota G8 atau Uni Eropa (termasuk negara-negara dengan tanggal pasti untuk mendapatkan keanggotaan UE).

Utang eksternal total adalah utang kepada penduduk luar yang dapat dibayarkan dalam mata uang asing, barang, atau jasa. Nilai ini adalah jumlah dari utang umum, utang jaminan umum, dan utang jangka panjang swasta tanpa jaminan, penggunaan kredit IMF, serta utang jangka pendek. Utang jangka pendek termasuk semua utang yang berusia satu tahun atau kurang dan bunga tunggakan utang jangka panjang.

Nilai utang sekarang adalah jumlah utang eksternal jangka pendek ditambah jumlah potongan pembayaran jasa utang berdasarkan utang eksternal umum, utang jaminan umum, dan utang jangka panjang swasta tanpa jaminan terhadap umur pinjaman yang berjalan.

Data mengenai utang eksternal kebanyakan berasal dari laporan World Bank melalui Debtor Reporting System dari negara-negara anggota yang telah menerima pinjaman IBRD atau kredit IDA, dengan informasi tambahan dari arsip World Bank, IMF, African Development Bank dan African Development Fund, Asian Development Bank dan Asian Development Fund, serta Inter American Development Bank. Tabel ringkasan utang luar dari negara-negara berkembang diterbitkan setiap tahun di *Global Development Finance* Bank Dunia.

Kredit domestik yang disediakan oleh sektor perbankan meliputi semua kredit kepada berbagai sektor dengan basis bruto, dengan pengecualian kredit ke pemerintah pusat, yaitu netto. Sektor perbankan termasuk para ahli moneter, bank-bank deposito, dan institusi perbankan yang datanya tersedia (termasuk institusi yang tidak menerima deposito yang dapat ditransfer tetapi menghasilkan kewajiban, seperti deposito berjangka dan simpanan). Contoh institusi perbankan lainnya mencakup institusi simpan pinjam dan hipotek serta asosiasi bangunan dan pinjaman. Datanya berasal dari *International Finance Statistics* IMF.

Migrasi netto adalah jumlah netto migran selama periode tertentu. Ini merupakan jumlah total imigran dikurangi jumlah total emigran, termasuk penduduk dan non-penduduk. Data merupakan perkiraan lima tahun. Datanya berasal dari *World Population Prospects: The 2008 Revision* United Nations Population Division.

Tabel 6. Indikator-indikator utama untuk perekonomian-perekonomian lainnya

Lihat catatan teknis untuk Tabel 1. Indikator utama pertumbuhan.

Metode-Metode Statistik

Bagian ini menjelaskan perhitungan nilai pertumbuhan kuadrat terkecil, nilai pertumbuhan eksponensial (titik akhir), dan metodologi Atlas World Bank untuk menghitung faktor konversi yang digunakan untuk memperkirakan PNB dan PNB per kapita dalam dolar A.S.

Nilai pertumbuhan kuadrat terkecil

Nilai pertumbuhan kuadrat terkecil digunakan di mana terdapat deret waktu yang cukup panjang untuk melakukan perhitungan yang dapat diandalkan. Tidak ada nilai pertumbuhan yang dihitung jika lebih dari setengah pengamatan dalam periode tersebut tidak tersedia.

Nilai pertumbuhan kuadrat terkecil, r , diestimasi dengan cara mencocokkan garis tren regresi linier ke nilai tahunan logaritmik dari variabel dalam periode yang relevan. Persamaan regresinya adalah

$$\ln X_t = a + bt,$$

yang sama dengan transformasi logaritma dari persamaan pertumbuhan gabungan,

$$X_t = X_0 (1 + r)^t.$$

Dalam persamaan ini, X adalah variabel, t adalah waktu, dan $a = \log X_0$ dan $b = \ln (1 + r)$ adalah parameter yang diperkirakan. Jika b^* adalah estimasi kuadrat terkecil dari b , rata-rata nilai pertumbuhan tahunan, r , diperoleh dari $[\exp(b^*) - 1]$ dan dikalikan 100 untuk menyatakannya sebagai persentase.

Nilai pertumbuhan yang dihitung merupakan nilai rata-rata yang mewakili pengamatan yang terdapat di seluruh periode. Nilai itu tidak harus sama dengan nilai pertumbuhan yang sebenarnya antara dua periode yang manapun.

Nilai pertumbuhan eksponensial

Nilai pertumbuhan antara dua titik waktu untuk data demografik tertentu, khususnya tenaga kerja dan populasi, dihitung dari persamaan

$$r = \ln (p_n/p_1)/n,$$

di mana p_n dan p_1 adalah pengamatan terakhir dan pertama dalam periode itu, n adalah jumlah tahun dalam periode, dan \ln adalah lambang logaritma natural. Nilai pertumbuhan ini berdasarkan model pertumbuhan yang kontinu dan eksponensial antara dua titik dalam waktu. Nilai ini tidak memasukkan nilai-nilai tambahan dari rangkaian tersebut. Catat pula bahwa nilai pertumbuhan eksponensial tidak berhubungan dengan nilai perubahan

tahunan yang diukur pada rentang satu tahunan yang dinyatakan dengan

$$(p_n - p_{n-1})/p_{n-1}.$$

Metode Atlas World Bank

Dalam menghitung PNB dan PNB per kapita dalam dolar A.S. untuk tujuan operasional tertentu, Bank Dunia menggunakan faktor konversi Atlas. Tujuan dari faktor konversi Atlas adalah mengurangi dampak fluktuasi nilai tukar dalam perbandingan pendapatan nasional antarnegara. Faktor konversi Atlas untuk satu tahun adalah rata-rata nilai tukar mata uang negara tersebut (atau faktor konversi alternatif) untuk tahun tersebut dan nilai tukarnya untuk dua tahun yang sebelumnya, disesuaikan terhadap selisih antara nilai inflasi di negara tersebut dengan nilai inflasi di Jepang, Inggris, Amerika Serikat, dan daerah Euro. Nilai inflasi sebuah negara diukur oleh perubahan pada deflator PDB-nya. Nilai inflasi untuk Jepang, Inggris, Amerika Serikat, dan daerah Euro, yang merepresentasikan inflasi internasional, diukur oleh perubahan pada deflator SDR. (*Special drawing rights*, atau SDR, adalah unit perhitungan yang digunakan di IMF.) Deflator SDR dihitung sebagai rata-rata berbobot dari deflator PDB negara tersebut dinyatakan dalam SDR, bobot adalah jumlah mata uang setiap negara dalam satu unit SDR. Bobotnya beragam seiring dengan waktu karena komposisi SDR dan nilai tukar relatif untuk setiap perubahan mata uang. Deflator SDR dihitung dalam SDR terlebih dahulu kemudian dikonversi ke dalam dolar A.S. menggunakan faktor konversi Atlas SDR ke dolar. Faktor konversi Atlas kemudian diterapkan ke PNB negara tersebut. Hasil PNB dalam dolar A.S. dibagi dengan populasi tengah tahun untuk mendapatkan PNB per kapita.

Jika nilai tukar resmi dianggap tidak dapat diandalkan atau tidak mewakili nilai tukar efektif selama periode

tersebut, maka digunakan sebuah perkiraan alternatif nilai tukar dalam rumus Atlas (lihat di bawah ini).

Rumus berikut menggambarkan perhitungan faktor konversi Atlas untuk tahun t :

$$e_t^* = \frac{1}{3} \left[e_{t-2} \left(\frac{p_t}{p_{t-2}} / \frac{p_t^{ss}}{p_{t-2}^{ss}} \right) + e_{t-1} \left(\frac{p_t}{p_{t-1}} / \frac{p_t^{ss}}{p_{t-1}^{ss}} \right) + e_t \right]$$

dan perhitungan PNB per kapita dalam dolar AS untuk tahun t :

$$Y_t^s = (Y_t/N_t)/e_t^*$$

di mana e_t^* adalah faktor konversi Atlas (mata uang nasional ke dolar AS) untuk tahun t , e , adalah nilai tukar tahunan rata-rata (mata uang nasional ke dolar AS) untuk tahun t , p_t adalah deflator PDB untuk tahun t , p_t^{ss} adalah deflator SDR dalam dolar AS untuk tahun t , Y_t^s adalah PNB per kapita Atlas dalam dolar AS untuk tahun t , Y_t adalah PNB saat ini (mata uang lokal) untuk tahun t , dan N_t adalah populasi tengah tahun untuk tahun t .

Faktor konversi alternatif

World Bank secara sistematis menilai kelayakan nilai tukar resmi sebagai faktor konversi. Suatu faktor konversi alternatif digunakan jika nilai tukar resmi dinilai berbeda jauh dari nilai yang diterapkan secara efektif pada transaksi domestik untuk mata uang dan produk dagang asing. Hal ini berlaku untuk sejumlah kecil negara, seperti yang ditunjukkan dalam tabel dokumentasi data Primer di *World Development Indicators 2008*. Faktor-faktor konversi alternatif digunakan dalam metodologi Atlas dan di tempat-tempat lainnya di dalam Indikator Pembangunan Dunia Terpilih sebagai faktor konversi satu tahun.

Indeks

A

Adaptasi, 1, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 37, 58, 61, 63, 64, 70, 76, 78, 84, 86
Adaptation Fund, 31, 317, 338
Advisory services, 187
Agenda Pembangunan Doha oleh Organisasi Perdagangan Dunia, 222
Akuakultur berbasis pakan tanaman, 217
Amerika Utara, iii
Analisis biaya-manfaat, 68, 70, 74, 75
Annual Report on Portfolio Performance, 381
Asuransi parametris, 145
Atmosfer, 1, 3, 4, 5, 11, 13, 18, 28, 35
Aturan umpanan masuk, 297
Auctioning assigned amount units, 34

B

Bacillus thuringiensis, 214
Badai Katrina, 63, 70
Badai Mitch, 59
Bahan bakar fosil, 2, 3, 4, 5, 25, 39
Bali Action Plan, 88
Bantuan finansial dan teknis, 3
Barefoot hydrogeologists, 226
Battelle memorial Institute's Joint Global Change Research Institute, 331
Benguela Current Commission, 219
Berlin Mandate 1995, 333
Bisnis-seperti-biasanya, 9, 10, 12, 80, 102, 111
BRIICS (Brazil, Federasi Rusia, India, Indonesia, China, dan Afrika Selatan), 399
Bulk water, 196

C

C40 Climate Leadership Group, 28
Cap-and-trade, 34
Carbon capture and storage—CCS, 261
Carbon Partnership Facility, 413
Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility, 16, 50, 145, 171
Certified Emission Reductions (CERs), 359
Chicago Climate Exchange, 33, 234, 243
Chinese Academy of Social Sciences, 323
Cities for Climate Protection Campaign, 28
Citra satelit, 225
Clean Development Mechanism (CDM), 28, 49
Clean Technology Fund, 28
Climate Analysis Indicators Tool, 35, 51
Climate Change Partnership, 126
Climate policy ramp, 68
Coalition of Rainforests, 33
Common Agricultural Policy, 236
Compact fluorescent lamp, 294
Conference of the Parties, 318
Conservation Reserve Program, 234, 243, 256
Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR), 417, 418
Country Policy and Institutional Assessment, 378, 381

D

Dana Adaptasi, 31
Danajon Bank reef, 216
Defisit adaptasi, 121
Deklarasi Paris tentang Efektivitas Bantuan, 359
Deklarasi Paris tentang Keefektifan Bantuan, 31
Disability adjusted life years (DALY), 59

Disaster Coordination Council, 132

Doha Communiqué, 344

Dunia cerdas iklim, 5

E

Ekonomi keperilakuan, 444

Electric Car Company, 399

El Niño Southern Oscillation (ENSO), 224

Emisi gas rumah kaca, 2, 15, 18, 21, 28, 30, 351, 353, 361, 367, 444, 467

Energy service companies, 291, 292

Environmental Protection Agency, 450

Environmental Benefits Index, 234

Environment Protection Agency AS, 409

42 kesepakatan teknologi International Energy Agency, 403

Episode cuaca ekstrem, 1

Equilibrium Fund, 61

Etanol selulosa, 64

F

Farm Inputs Promotion, 214

Fasilitas Kerja Sama Karbon Hutan Bank Dunia, 33

Fasilitas Lingkungan Global, 28

Food and Agricultural Organization, 226

Foreign direct investment, 420

Forest Carbon Partnership Facility (FCPF), 373

Fourth Assessment Report dari Intergovernmental Panel in Climate Change, 5

Framework Convention, 78, 100

Fungsi regulasi gletser, 131

G

GAVI Alliance, 409

Gaya hidup padat karbon, 4

Gelombang panas, 464

Global Earth Observation System of Systems, 404

Global Environment Facility (GEF), 28, 317, 340

Greenhouse Office Australia, 450

Green Revolution, 58

Guardrail, 76

H

Hak milik pribadi, 187

Hukum Laut, 177

Hyogo Framework of Action, 136

I

India yang Hijau, 456

Inersia, 4, 13, 25, 35

Inframerah, 101, 102, 104

Inland Empire Utilities Agency, 194

Instituto de Pesquisa Planejamento Urbano de Curitiba, 129

Integrated Assessment of Agricultural Knowledge, Science, and Technology for Development (IAASTD), 212

Inter-American Institute for Global Change Research, 405

International Coffee Organization, 209

International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 329

International Maritime Organization, 368

International Research Institute for Climate and Society (IRI), 417

International Scientific Congress on Climate Change 2009, 36

International Union for Conservation of Nature, 177, 181

Investasi “tanpa penyesalan,” 441

J

Jalur rendah karbon, 3, 7, 30

Jaringan pengamanan sosial, 17

Jaring pengaman, 146, 148, 149, 150

Jaring Pengaman Produktif, 150

Jasa konsultasi, 187

Jurang hijau, 441

K

Kapasitas keuangan dan institusional, 6

Karbon dioksida ekuivalen, 2, 35

Kebijakan “penekanan teknologi,” 393

Kebijakan cerdas iklim, 12

Kebijakan Pertanian Umum, 236

Kebijakan perubahan iklim, 2

Keluaran karbon, 2, 3, 28

Kesepakatan global, 5, 25, 27

Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang Perubahan Iklim, 28

Konversi tata guna lahan, 173

Kota-kota Inovasi, 128

L

“London Warming” Action Plan, 25
 Laporan Pengembangan Air Dunia PBB, 191
 Law of the Non-Navigational Uses of International Watercourses, 218
 Law of the Sea, 177
 Layanan ekosistem, 6, 37
 Least Developed Countries—LDC, 457
 London Warning Report, 126

M

Makerere University, 417
 Manhattan Project, 299
 Matriks lingkungan, 176
 Mayor’s Climate Protection, 28
 Measurable, reportable, verifiable—MRV, 334
 Mediterranean Solar Plan, 300, 301
 Mekanisme Pembangunan Bersih, 30, 32
 Mercy Corps, 140, 167
 Metana, 71, 101, 102, 105, 109, 111, 112, 113
 Millennium Ecosystem Assessment, 113, 116, 173, 180, 182
 Minimizing the maximum regret, 77
 Mitigasi, 2, 3, 4, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 21, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 36, 38
 Modal alam, 6
 Model GLOCAF, 364
 MoSSaiC, 447
 Multilateral environmental agreements—MEAs, 345
 Multilateral Fund for the Implementation of the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer, 29
 Municipal Planning Institute, 129

N

Nairobi Work Program, 338
 National Adaptation Program of Action, 317, 338, 457
 National Coordination Committee on Climate Change, 456
 National Development and Reform Commission, 456
 National Environmental Awareness and Education Act 2008, 450
 National Leading Group to Address Climate Change, 456
 Negara-negara OECD, 66, 88

Net present value, 69
 Nobel Perdamaian 2007, 85

O

Ocean acidification, 100
 1998 National Water Act, 195
 Organisasi Kesehatan Dunia, 59
 Organisasi Makanan dan Pertanian, 226
 Organisasi Meteorologi Dunia, 223
 Organisasi Perdagangan Dunia, 29
 Organisation for Economic Co-operation and Development, 88
 Organization for Economic Co-operation dan Development, 318
 Ozon, 101, 108, 112, 113

P

Pacific Climate Information System (PaCIS), 406
 Pajak hijau, 66, 67
 Papan arah, 77
 Paris Declaration on Aid Effectiveness, 31, 359
 Pasar karbon, 187, 204, 213, 232, 235, 236
 Payments for environmental services, 176
 Pemaksimalan penyesalan minimum, 77
 Pemanasan 2°C, 4, 12
 Pembangunan yang berkelanjutan, 2
 Pembatasan dan perdagangan, 34
 Pembayaran untuk layanan lingkungan, 176
 Pembiayaan Multilateral untuk Pelaksanaan Protokol Montreal tentang Zat yang Menipiskan Lapisan Ozon, 29
 Penangkapan karbon dan penyimpanan, 29
 Pendanaan BioKarbon Bank Dunia, 235
 Pendanaan Teknologi Bersih, 28
 Pendanaan Umum PBB untuk Komoditas, 209
 Pendekatan “tolerable windows”, 68
 Pendekatan pagar pengaman, 76
 Penelitian, pembangunan, dan penerapan, 2
 Penelitian, pembangunan, demonstrasi, dan penyebaran (RDD&D), 394
 Pengasaman lautan, 100
 Peningkatan skala, 454
 Perbankan habitat, 176
 Pergeseran ekosistem, 1
 Perjanjian Nasional Air pada tahun 1998, 195

Persatuan Internasional untuk Pelestarian Alam, 210
 Pertemuan Internasional untuk Perubahan Iklim, 209
 Perubahan iklim, 1, 6, 7, 9, 26
 Peta digital, 225
 Pew Center on Global Climate Change, 307, 310, 331, 342
 Philippines Crop Insurance Corporation, 141
 Polikultur, 217
 Productive Safety Net, 150
 Produk domestik bruto, 3
 Program Passarelle, 411
 Program Super-Efficient Refrigerator, 410
 Protokol Kyoto, 5, 15, 28, 31
 Public Sector Agreement no. 27, 458
 Punuk migrasi, 152

R

Rapid bus transits, 285
 Reaktor fusi ITER, 405
 Reduced Emissions from Deforestation and Forest Degradation, 33, 178
 Rencana Aksi UNFCCC, 30
 Rencana Tindakan Nasional, 456
 Revolusi Hijau, 58, 207
 Rezim Long-Range Transboundary Air Pollution, 329

S

Sasaran sektoral “no-lose”, 372
 Sector no-lose targets, 33
 Sel fotovoltaik surya, 20, 28
 Signposts, 77
 Sine qua non, 177
 Sistem iklim, 4, 5, 11, 13, 14, 35
 Sistem terasering, 188
 Small Business Innovation Research Program, 411
 Sport utility vehicles, 291
 Standar portofolio terbarukan, 292, 297, 298
 Stellenbosch University, 417
 Stern Review of the Economics of Climate Change, 68
 Strategic Priority on Adaptation Global Environment Facility, 338
 Strategi pembangunan cerdas iklim, 62
 Strategi Pengurangan Risiko Bencana PBB, 223

Sustainable development policies and measures—SD-PAM, 332

T

Tahun Baru China, 63, 64
 Technology and Economic Assessment Panels, 404
 Teknologi penginderaan jauh, 224, 225
 Terumbu karang, 177, 216
 The Benguela Current's Large Marine Ecosystem Programme, 219
 The World Bank Treasury, 144
 Third National Communication on Climate Change, 450
 Tindakan mitigasi, 2
 Trade in Endangered Species, 345

U

U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration, 406
 UN Climate Change Conference, 336
 UN Common Fund for Commodity, 209
 UN Environment Programme, 412
 UNFCCC's Bali Action Plan, 30
 UNFCCC Bali Conference of Parties, 344
 Union for the Conservation of Nature, 210, 247
 United Nation Framework Convention on Climate Change, 3, 35, 50, 178
 United Nations International Strategy for Disaster Reduction, 223

V

Variasi genetik, 208
 Varietas tanaman transgenik, 214

W

World Bank BioCarbon Fund, 178, 235
 World Bank's Forest Carbon Partnership Facility, 33
 World Mayors Council on Climate Change, 28
 World Meteorological Organization, 223, 259
 World Resource Institute, 88
 World Trade Organization, 29
 WTO's 1997 Information Technology Agreement, 348
 WTO's Doha Development Agenda, 222
 WTO Doha Round, 348

Tantangan pembangunan yang sangat besar saat ini semakin rumit dengan adanya peristiwa perubahan iklim—tantangan pembangunan dan perubahan iklim sangat berhubungan dan menuntut perhatian segera. Perubahan iklim mengancam semua negara, khususnya negara berkembang. Memahami pentingnya perubahan iklim untuk kebijakan pembangunan merupakan tujuan *Laporan Pembangunan Dunia 2010*.

Perkiraanannya adalah negara berkembang akan menghadapi 75 sampai 80 persen biaya antisipasi dampak yang disebabkan oleh perubahan iklim. Negara-negara berkembang tidak bisa begitu saja mengabaikan perubahan iklim, atau hanya berfokus pada adaptasi saja. Jadi, tindakan untuk mengurangi kerentanan dan meletakkan dasar untuk transisi ke jalur pertumbuhan rendah karbon merupakan hal yang sangat penting.

Laporan Pembangunan Dunia 2010 mengeksplorasi bagaimana kebijakan publik dapat berubah untuk membantu orang dalam menghadapi risiko baru atau risiko yang semakin memburuk, bagaimana pengelolaan lahan dan air harus beradaptasi untuk melindungi lingkungan alami yang terancam dengan lebih baik seraya memberi pangan bagi penduduk yang semakin meluas dan makmur, dan bagaimana sistem energi perlu untuk ditransformasi.

Para penulis menelaah bagaimana mengintegrasikan realitas pembangunan ke dalam kebijakan iklim—dalam kesepakatan internasional, pada instrumen untuk memicu pendanaan karbon, dan dalam langkah untuk mempromosikan inovasi dan difusi teknologi baru.

Laporan Pembangunan Dunia 2010 merupakan sebuah seruan untuk segera bertindak, baik untuk negara-negara berkembang yang berusaha keras untuk memastikan agar kebijakan diadaptasikan pada realitas dan bahaya planet yang lebih panas, dan untuk negara berpendapatan tinggi yang perlu menerapkan mitigasi ambisius sambil mendukung usaha-usaha negara-negara berkembang.

Para penulis berpendapat bahwa dunia cerdas iklim berada dalam jangkauan kita jika kita **bertindak sekarang** untuk menangkis inersia yang substansial pada iklim, infrastruktur, serta dalam gaya hidup dan institusi; jika kita **bertindak bersama-sama** untuk menyatukan kebutuhan pertumbuhan dengan pilihan pembangunan yang bijaksana dan terjangkau; dan jika kita **bertindak secara berbeda** dengan berinvestasi pada kebutuhan revolusi energi dan mengambil langkah yang diperlukan untuk beradaptasi pada planet yang berubah dengan cepat.



THE WORLD BANK



Penerbit
Salemba Empat

ISBN: 978-979-061-108-5



9 789790 611085