

Menghadapi masa depan yang tak pasti

Bagaimana hutan dan manusia beradaptasi terhadap perubahan iklim

Bruno Locatelli

Markku Kanninen

Maria Brockhaus

Carol J. Pierce Colfer

Daniel Murdiyarso

Heru Santoso



Menghadapi masa depan yang tak pasti

Bagaimana hutan dan manusia beradaptasi terhadap perubahan iklim

Bruno Locatelli

Markku Kanninen

Maria Brockhaus

Carol J. Pierce Colfer

Daniel Murdiyarso

Heru Santoso

Kontributor

Peter Cronkleton, Ganga Ram Dahal, Houria Djoudi,
Kristen Evans, Fobissie Kalame, Hermann Kambire,
Rodel Lasco, Moira Moeliono, Raffaele Vignola

© 2009 Center for International Forestry Research

Dicetak di Indonesia
ISBN 978-979-1412-98-8

Locatelli, B., Kanninen, M., Brockhaus, M., Colfer, C.J.P., Murdiyarso, D. dan Santoso, H. 2009 Menghadapi masa depan yang tak pasti: Bagaimana hutan dan manusia beradaptasi terhadap perubahan iklim. Perspektif Kehutanan no. 5. CIFOR, Bogor, Indonesia.

Foto oleh Bruno Locatelli
Diterjemahkan oleh Siti Syafriati
Diedit oleh Heru Santoso dan Bonardo M. Wahono

Terjemahan dari
Locatelli, B., Kanninen, M., Brockhaus, M., Colfer, C.J.P., Murdiyarso, D. dan Santoso, H. 2008 Facing an uncertain future: How forests and people can adapt to climate change. Forest Perspectives no. 5. CIFOR, Bogor, Indonesia.

CIFOR
Jl. CIFOR, Situ Gede
Bogor Barat 16115
Indonesia

T +62 (251) 8622-622
F +62 (251) 8622-100
E cifor@cgiar.org

www.cifor.cgiar.org

Center for International Forestry Research

CIFOR memajukan kesejahteraan manusia, konservasi lingkungan dan kesetaraan melalui penelitian yang berorientasi pada kebijakan dan praktek kehutanan di negara berkembang. CIFOR merupakan salah satu dari 15 pusat penelitian dalam Kelompok Konsultatif bagi Penelitian Pertanian Internasional (Consultative Group on International Agricultural Research – CGIAR). CIFOR berkantor pusat di Bogor, Indonesia dengan kantor wilayah di Asia, Afrika dan Amerika Selatan.

Daftar isi

Kata pengantar	v
Ucapan terimakasih	vii
Ringkasan	ix
1. Pendahuluan	1
2. Adaptasi untuk hutan tropis	3
2.1. Kerentanan hutan tropis terhadap perubahan iklim	3
2.2. Mendefinisikan adaptasi hutan	8
2.3. Menerapkan adaptasi hutan	14
3. Hutan tropis untuk adaptasi	23
3.1. Jasa-jasa ekosistem dan kesejahteraan manusia	23
3.2. Hutan tropis untuk adaptasi masyarakat	28
3.3. Memasukkan hutan tropis dalam kebijakan adaptasi	32
4. Kesimpulan	45
Lampiran: Mengenal adaptasi	47
A.1. Skenario perubahan iklim di daerah tropis	47
A.2. Konsep tentang kerentanan	53
A.3. Apakah yang dimaksud dengan adaptasi?	61
A.4. Kebijakan-kebijakan dan pendanaan internasional	67
Referensi	73

Kotak

1. Perencanaan untuk perubahan iklim di Amazon	14
2. Kelompok belajar tentang Kebijakan Nasional di Nepal	19
3. Berbagi pembelajaran	20
4. Skenario masa depan: Belajar bersama bagaimana merencanakan dan menyiapkan untuk masa depan	21
5. Kerentanan penyimpanan karbon dan hubungan antara adaptasi dan mitigasi	27
6. Prinsip-prinsip dan kriteria untuk mengkaji kerentanan dari sistem hubungan manusia-lingkungan	31
7. Kebijakan-kebijakan aforestasi dan reforestasi terhadap perubahan Iklim di Afrika Barat	34
8. Memasukkan hutan ke dalam kebijakan adaptasi dan pembangunan di Filipina	39
9. Kerangka kerja penelitian kebijakan para pelaku, pembuat keputusan dan jejaring kebijakan	41
10. Pembangkit listrik tenaga air, hutan dan adaptasi di Kosta Rika: Mendukung proses pengambilan keputusan yang adaptif	42
11. Peran ilmu pengetahuan dalam mengkoordinasikan dan mendukung proses adaptasi di Afrika Barat	43
12. Kerangka kerja ATEAM untuk pengkajian kerentanan	56
13. Negara-negara yang rentan	58
14. Pendekatan delapan langkah untuk menilai kerentanan	60
15. Kerangka kerja kebijakan adaptasi	64
16. Biaya dan keuntungan adaptasi	66
17. Dana adaptasi UNFCCC	69

Gambar

1. Komponen paparan dan sensitivitas ekosistem hutan	4
2. Contoh adaptasi hutan	11
3. Contoh jasa ekosistem dan hubungannya dengan kesejahteraan manusia	24
4. Jasa ekosistem dan hubungannya dengan kerentanan terhadap perubahan iklim	29
5. Anomali tahunan dari suhu udara permukaan tanah global (°C), 1850 hingga 2005, relatif terhadap rata-rata 1961–1990 untuk CRUTEM3	48
6. Rata-rata perubahan pada suhu permukaan udara multimodel dan curah hujan untuk musim dingin di belahan utara bumi dan musim panas	49
7. Komponen-komponen kerentanan	55
8. Berbagai konseptualisasi dari dampak dan adaptasi	57

Tabel

1. Beberapa contoh dari langkah-langkah adaptasi bagi hutan kelolaan	12
2. Contoh jasa ekosistem yang relevan untuk sektor-sektor yang rentan	30
3. Tren perubahan iklim di tiga benua, menurut IPCC	51
4. Kategori dari faktor-faktor kerentanan	55
5. Jenis-jenis adaptasi	62

Kata pengantar

Pengetahuan tentang perubahan iklim telah mengalami banyak perkembangan sejak Pertemuan Tingkat Tinggi tentang Bumi diadakan di Rio de Janeiro (1992) dan Protokol Kyoto diadopsi pada tahun 1997. Kini kita menyadari bahwa perubahan iklim tak lagi terhindarkan. Bahkan skenario terbaik pun akan berdampak besar terhadap pola cuaca secara global dan sebagai akibatnya, terhadap kehidupan manusia terutama kaum miskin. Mitigasi perubahan iklim tidak lagi memadai. Kita harus beradaptasi dengan munculnya perubahan-perubahan yang mengundang ancaman; atau, lebih baik lagi, mengantisipasi perubahan-perubahan tersebut dengan mempersiapkan strategi adaptasi. Adaptasi perubahan iklim adalah salah satu dari empat bangunan penyangga Rencana Aksi Bali.

Hutan merupakan bagian penting dari usaha global untuk menghadapi perubahan iklim. Namun hingga saat ini, hutan seringkali dilihat dalam konteks mitigasi melalui reforestasi, aforestasi dan akhir-akhir ini, pencegahan deforestasi dan degradasi hutan. Tetapi dengan adanya miliaran orang yang bergantung kepada hutan (dengan berbagai cara) sebagai sumber mata pencaharian mereka, hutan dapat juga berperan penting dalam adaptasi.

Hutan menyediakan beragam bahan baku dalam bentuk makanan, bahan bakar dan material tempat berlindung bagi jutaan manusia. Dan hutan menyediakan jasa ekosistem, seperti pengaturan air, pencegahan erosi dan penyimpanan karbon—untuk miliaran orang lainnya. Kita memerlukan hutan sebagai

penyedia bahan-bahan baku dan jasa ekosistem tersebut di masa depan dan dalam menghadapi perubahan iklim.

Dalam laporan ini, para penulis menyampaikan persoalan agenda rangkap untuk meningkatkan peran hutan dalam adaptasi: membantu hutan bertahan terhadap datangnya badai perubahan iklim dan mengelola hutan sedemikian rupa agar memungkinkan orang-orang yang tergantung pada hutan dan masyarakat secara umum dapat berlindung terhadap perubahan yang akan datang. Mereka menyebut pendekatan ini sebagai 'adaptasi bagi hutan' dan 'hutan untuk adaptasi'.

Pendekatan-pendekatan ini mendatangkan tantangan yang berat, yang memerlukan kebijakan serta institusi baru di dalam dan di luar sektor kehutanan yang didefinisikan dengan seksama. Namun, mempromosikan adaptasi ke dalam strategi manajemen hutan dan mengarusutamakan hutan ke dalam strategi adaptasi merupakan tujuan yang tidak bisa lagi diganggu-gugat. Kedua hal tersebut diperlukan jika hutan memenuhi potensinya untuk meningkatkan kelenturannya ataupun ketahanan masyarakat terhadap perubahan iklim yang sudah berlangsung.

Frances Seymour
Direktur Jenderal, CIFOR

Ucapan terimakasih

Para penulis menyampaikan rasa terimakasih kepada para rekan dan sejawat yang telah menelaah draf awal dari laporan ini: Ian Burton, Thea Dickinson dan Manuel Guariguata.

Dokumen ini diterbitkan atas bantuan finansial dari Uni Eropa (EuropeAid/ENV/2004-81719). Isi dokumen ini tidak dapat—dalam kondisi apapun, dianggap sebagai gambaran dari posisi Uni Eropa.

Gambar 5 direproduksi dari Gambar 3.1, halaman 212, dalam Trenberth *et al.* (2007) dengan izin dari IPCC.

Gambar 6. direproduksi dari Gambar 10.9, halaman 767, dalam Meehl *et al.* (2007) dengan izin dari IPCC.



Ringkasan

Reaksi internasional yang paling menonjol atas perubahan iklim terfokus pada mitigasi (pengurangan akumulasi gas-gas rumah kaca) daripada adaptasi (pengurangan kerentanan masyarakat dan ekosistem). Namun, dengan adanya perubahan iklim yang tak terhindarkan, adaptasi menjadi penting dalam arena kebijakan. Selain itu, adaptasi adalah salah satu bangunan penyangga dari Rencana Aksi Bali yang berlaku dua tahun—negosiasi yang sedang berlangsung menuju kerangka kerja internasional untuk menggantikan Protokol Kyoto di tahun 2012.

Laporan ini mengungkapkan masalah adaptasi untuk hutan (pengurangan dampak perubahan iklim terhadap hutan dan jasa ekosistemnya) dan hutan untuk adaptasi (pemanfaatan hutan untuk membantu penduduk setempat dan masyarakat secara umum beradaptasi terhadap perubahan yang akan terjadi). Mengaitkan adaptasi dengan hutan tropis merupakan wilayah baru: adaptasi adalah suatu ajang baru bagi para ahli hutan tropis, dan hutan tropis adalah suatu ajang baru bagi para ahli adaptasi. Pengelolaan hutan tropis saat ini perlu diadaptasi sedemikian rupa sehingga melancarkan transisi melalui perubahan iklim. Sasarannya bisa saja untuk mempertahankan ekosistem dan spesies-spesies penting—dimana langkah-langkah adaptasi akan tertuju pada penolakan efek-efek dari perubahan iklim. Sebagai pilihan lain, sasarannya dapat berupa pemeliharaan jasa ekosistem yang disediakan oleh hutan dimana langkah-langkah adaptasi ditujukan untuk membantu hutan mengalami ‘evolusi’ sehingga hutan dapat melakukan tugas yang sama pada kondisi iklim yang baru. Tingginya keragaman hutan tropis dan situasi lokal juga berarti

bahwa beragam langkah adaptasi dibutuhkan, dimana langkah-langkah yang paling sesuai dapat dipilih untuk situasi yang berbeda. Selain itu, karena tidak adanya data tentang tingginya perubahan iklim di masa datang, setiap kasus dianjurkan untuk mempraktikkan lebih dari satu langkah dan penerapannya harus fleksibel mengikuti situasi yang berubah-ubah.

Kebijakan-kebijakan di bidang kehutanan, perubahan iklim dan sektor-sektor lain perlu memperhatikan isu-isu tersebut dengan tetap menjaga keterpaduan antara satu dengan lainnya—pendekatan antar sektor seperti itu merupakan hal penting bila keuntungan yang dihasilkan dari satu wilayah tidak hilang atau dikurangi di wilayah lain. Hingga saat ini, hutan tropis memiliki peran kecil dalam strategi adaptasi, bahkan dalam sebagian besar Program-program Aksi Adaptasi Nasional. Terlebih lagi, institusi-institusi yang terlibat dalam pembuatan dan penerapan kebijakan perlu menyesuaikan, dan bersikap fleksibel dan mampu belajar dalam situasi yang hubungan manusia dan lingkungan yang dinamis. Semua unsur ini perlu diterapkan di semua tingkatan dari komunitas lokal hingga pemerintah nasional dan komunitas internasional—lagi-lagi penekanan pada keterpaduan, yang jika diabaikan tindakan-tindakan pada satu tingkatan berisiko melemahkan tindakan-tindakan di tingkatan lainnya.

Laporan ini memperhatikan dua aspek—adaptasi untuk hutan tropis dan hutan tropis untuk adaptasi—termasuk lampiran tentang skenario iklim, konsep-konsep, serta kebijakan dan dana internasional.

1 Pendahuluan

Pada tahun 2007, Laporan Kajian Keempat yang dilansir Panel antar Pemerintah mengenai Perubahan Iklim (IPCC) mengungkapkan bukti-bukti tak terbantahkan bahwa iklim global terus berubah karena kegiatan manusia. Sejak Laporan pertama IPCC terbit pada tahun 1990, pengetahuan ilmiah telah berkembang dan berbagai kebijakan telah diterapkan di tingkat internasional, nasional dan lokal. Reaksi internasional yang paling menonjol terhadap perubahan iklim, Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang Perubahan Iklim (UNFCCC—yang didirikan pada tahun 1992) dan Protokol Kyoto (1997), fokus ditujukan pada mitigasi—mengurangi penumpukan gas rumah kaca di atmosfer—dari pada adaptasi—mengurangi kerentanan masyarakat dan ekosistem terhadap perubahan iklim.

Namun, adaptasi semakin penting dalam ajang kebijakan perubahan iklim, karena para pelakunya menyadari bahwa perubahan iklim tidak bisa sepenuhnya dihindari. Selain itu, kebijakan mitigasi membutuhkan waktu sebelum menjadi efektif (karena adanya kelembapan pada sistem ekonomi, atmosfer dan iklim). Pada bulan Desember 2007, Konferensi PBB tentang Perubahan Iklim (di Bali) berakhir dengan diterimanya Rencana Aksi Bali, suatu rencana 2 tahun untuk menegosiasikan kesepakatan baru tentang iklim. Adaptasi adalah satu dari empat bangunan penyangga negosiasi itu. Hasil negosiasi akan membentuk kerangka kerja internasional di masa mendatang yang mendukung aktivitas adaptasi di negara-negara berkembang.

Peran hutan tropis dalam memitigasi perubahan iklim, melalui penyimpanan karbon, telah diketahui dan disertakan ke dalam kesepakatan dan instrumen kebijakan-kebijakan internasional. Kontribusi dari aktivitas aforestasi dan reforestasi telah diakui dalam Mekanisme Pengembangan Bersih (CDM)

Protokol Kyoto. Banyak pasar karbon yang memberi kompensasi kepada aktivitas hutan tropis. Dimasukkannya pencegahan deforestasi hutan tropis dalam kesepakatan internasional di masa mendatang kini sedang dibahas. Sementara hutan-hutan tropis menjadi komponen penting dalam ilmu dan kebijakan mitigasi, peran mereka dalam adaptasi semakin jelas. Mengaitkan adaptasi dan hutan tropis merupakan wilayah baru bagi pengetahuan dan kebijakan, adaptasi merupakan wilayah baru bagi para ahli hutan tropis, dan hutan tropis merupakan wilayah baru bagi spesialis adaptasi.

Adaptasi dan hutan tropis memiliki ikatan ganda. Pertama, karena hutan tropis rentan terhadap perubahan iklim, mereka yang mengelola atau melindunginya harus menyesuaikan pengelolaan mereka terhadap kondisi di masa mendatang. Orang-orang yang tinggal di hutan sangatlah bergantung pada bahan-bahan dan jasa hutan, dan mereka rentan terhadap perubahan hutan baik secara sosial maupun ekonomis. Bahkan, bila para pemangku kepentingan setempat mengetahui lebih banyak mengenai hutan mereka dibandingkan orang lain, tingkat perubahan iklim yang belum pernah terjadi sebelumnya bisa mengacaukan kemampuan mereka untuk beradaptasi terhadap kondisi baru. Peningkatan kapasitas dan pengetahuan ilmiah dibutuhkan untuk memahami kerentanan hutan dan penduduk setempat serta untuk merancang dan menerapkan langkah adaptasi.

Kedua, hutan tropis memberi jasa ekosistem yang penting bagi manusia melebihi hutan manapun di seluruh dunia. Karena jasa ekosistem ini memberi sumbangan dalam mengurangi kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim, konservasi atau pengelolaan hutan tropis harus disertakan dalam kebijakan adaptasi. Hubungan institusi antara hutan tropis dan sektor lainnya harus diciptakan atau digerakkan dengan menggunakan pendekatan lintas sektoral terhadap adaptasi.

Laporan ini bertujuan untuk memperlihatkan bahwa: 1) Hutan tropis perlu beradaptasi atau diadaptasi, karena ia rentan terhadap perubahan iklim; dan 2) hutan tropis diperlukan untuk adaptasi, karena ia membantu menurunkan kerentanan manusia terhadap perubahan iklim. Pertama, kami membahas bahwa langkah adaptasi harus didefinisikan dan diterapkan untuk mengurangi kerentanan hutan terhadap perubahan iklim (Bab 2). Kemudian, kita membuktikan bahwa hutan harus diimbuhkan dalam kebijakan adaptasi karena ia memberi sumbangan dalam mengurangi kerentanan masyarakat (Bab 3). Di akhir laporan ini, suatu lampiran menunjukkan informasi umum mengenai perubahan iklim, konsep-konsep kerentanan dan adaptasi, serta kebijakan dan pendanaan internasional yang berhubungan dengan adaptasi.

2 Adaptasi untuk hutan tropis

Hutan tropis rentan terhadap perubahan iklim dan adaptasi diperlukan untuk mengurangi kerentanannya. Dalam bab ini, kerentanan hutan tropis diperkenalkan pada Bagian 2.1, pilihan-pilihan adaptasi yang mungkin dilakukan disampaikan pada Bagian 2.2, dan penerapan dari adaptasi hutan dibahas pada Bagian 2.3.

2.1 Kerentanan hutan tropis terhadap perubahan iklim

Laporan Kajian Keempat yang disiapkan oleh Panel antar Pemerintah mengenai Perubahan Iklim (Parry *et al.* 2007) menunjukkan bahwa bila suhu global rata-rata meningkat hingga lebih dari 1,5-2,5°, diproyeksikan akan ada perubahan yang besar pada iklim lokal berupa perubahan pada rata-rata dan kisaran suhu, curah hujan dan kejadian-kejadian ekstrim (lihat lampiran). Perubahan iklim dan konsentrasi karbon dioksida akan mempengaruhi struktur dan fungsi ekosistem, interaksi ekologi antar spesies dan sebaran geografi spesies, dengan konsekuensi keragaman hayati (Malcolm *et al.* 2006) serta jasa-jasa ekosistem. Dalam abad ini, banyak ekosistem, termasuk hutan tropis, sepertinya dipengaruhi kombinasi perubahan iklim yang belum pernah terjadi sebelumnya, gangguan yang terkait (contohnya: banjir, kekeringan, kebakaran hutan atau semak, serangan serangga), dan penggerak perubahan

global lainnya (contohnya: perubahan tata guna lahan, polusi, eksploitasi sumberdaya alam secara berlebihan).

Efek perubahan iklim terhadap sistem ekologi telah diamati di berbagai tingkat organisasi ekologi mulai dari organisme hingga ekosistem. Pengamatan-pengamatan itu termasuk perubahan dalam struktur dan fungsi, perputaran karbon dan nitrogen, distribusi spesies, besarnya populasi, saat reproduksi atau migrasi, dan lamanya musim pertumbuhan (Corlett dan Lafrankie 1998; Gitay *et al.* 2002; Root *et al.* 2003; Clark 2007). Penelitian-penelitian ini melaporkan bahwa perubahan global dapat menjadi ancaman konservasi pada masa ini maupun masa mendatang. Penelitian ini juga menekankan pentingnya mempertimbangkan perubahan iklim dalam konservasi, pengelolaan atau restorasi hutan tropis. Ancaman lainnya akan muncul ketika iklim terus berubah, terutama ketika iklim berinteraksi dengan tekanan-tekanan lain seperti fragmentasi habitat (McCarty 2001; Brook *et al.* 2008).

Dampak Potensial

Dampak potensial dari perubahan iklim terhadap hutan tropis adalah fungsi paparan dan sensitivitas (lihat definisi dari konsep-konsep ini dalam Lampiran, Gambar 7). Hutan tropis terpapar oleh berbagai faktor perubahan iklim dan variabilitasnya, serta faktor penggerak lain seperti perubahan tata guna lahan atau polusi yang memperburuk dampak dari perubahan iklim (lihat Gambar 1). Sensitivitas merujuk pada suatu derajat dimana suatu sistem akan menanggapi suatu perubahan pada iklim, baik secara positif maupun negatif. Parameter

Paparan	Sensitivitas
Perubahan iklim dan variabilitas Peningkatan suhu Perubahan curah hujan Topan dan badai Peningkatan level CO ₂ Kenaikan permukaan laut Penggerak lainnya Perubahan tata guna lahan Fragmentasi bentang alam Eksploitasi sumberdaya alam Polusi	Perubahan pada rezim gangguan Contoh: kebakaran, hama dan penyakit Perubahan pada proses pertumbuhan pohon Contoh: produktivitas Perubahan penyebaran spesies Perubahan keadaan hutan Contoh: kondisi tanah Perubahan pada struktur tegakan Contoh: kerapatan, tinggi pohon

Gambar 1. Komponen paparan dan sensitivitas ekosistem hutan (menurut Johnston dan Williamson 2007)

sensitivitas di antaranya perubahan dalam rezim gangguan yang dipengaruhi oleh iklim dan praktek tata guna lahan (Murdiyaso dan Lebel 2007). Sebagai contoh, kekeringan yang disebabkan oleh El Niño telah memacu tingkat kebakaran di hutan tropis yang lembab (Barlow dan Peres 2004).

Hutan-hujan tropis. Penelitian tentang perubahan wilayah hutan tropis sejak zaman es terakhir memperlihatkan sensitivitas dari komposisi spesies dan ekologi terhadap perubahan iklim (Hughen *et al.* 2001). Beberapa penelitian telah meramalkan dampak dari perubahan iklim terhadap hutan-hujan tropis. Di wilayah tropis Queensland utara (Australia) yang lembab, perubahan yang nyata dalam tingkatan dan distribusi hutan tropis sangat mungkin, sebab beberapa jenis hutan sangatlah sensitif terhadap pemanasan 1°. Terlebih, kebanyakan jenis hutan itu sensitif terhadap perubahan curah hujan (Hilbert *et al.* 2001). Penurunan curah hujan di lembah sungai Amazon telah diprediksi oleh beberapa model iklim dan semakin kerapnya angin monsun (*monsoon*) di India akan berakibat besar terhadap ketersediaan air bagi hutan tropis (Bazzaz 1998). Di hutan Amazon, beberapa penelitian memprediksikan layunya pepohonan hutan yang secara masal digantikan oleh kehadiran padang rumput (Cox *et al.* 2001; Nepstad *et al.* 2008). Sensitivitas hutan hujan tropis terhadap iklim bertambah dengan semakin kerapnya interaksi dengan fragmentasi hutan yang meluas dan masih berlangsung. Di hutan Amazon, interaksi antara meluasnya pertanian, kebakaran hutan dan perubahan iklim mampu mempercepat proses degradasi hutan (Nepstad *et al.* 2008). Meski demikian, beberapa dampak perubahan iklim pada hutan hujan tropis masih belum dapat diukur (Granger Morgan *et al.* 2001; Wright 2005).

Hutan-awan tropis. Hutan-awan tropis adalah bagian penting dari hutan-hujan tropis dilihat dari perspektif perubahan iklim. Bahkan perubahan berskala kecil pada suhu dan curah hujan diperkirakan akan berakibat serius bagi hutan tropis di pegunungan-pegunungan tinggi; kenyataannya, perubahan iklim telah menyebabkan kepunahan spesies (Pounds *et al.* 1999). Hutan awan tropis sangat sensitif karena mereka berada di daerah dengan kemiringan yang curam dan kondisi iklim yang sangat spesifik (Foster 2002). Pemanasan atmosfer meningkatkan ketinggian lapisan tutupan awan yang menyediakan uap air pada spesies hutan-awan tropis melalui perendaman dalam awan dalam waktu yang lama (Pounds *et al.* 1999). Habitat dari spesies itu akan naik ke arah pegunungan karena mereka mengikuti awan yang menarik diri, memaksa mereka menuju daerah yang semakin sempit (Hansen *et al.* 2003). Sensitivitas iklimat hutan awan tropis yang ekstrim

terhadap perubahan iklim membuat habitat tersebut cocok dijadikan ‘tempat pengamatan’ untuk mendeteksi perubahan iklim (Loope dan Giambelluca 1998). Di dataran tinggi hutan-hujan Monteverde, Kosta Rika, pengangkatan dasar awan yang berhubungan dengan meningkatnya suhu lautan dikaitkan dengan menghilangnya 20 spesies katak (Pounds *et al.* 1999). Di Maui timur, Hawaii, gradien mikroklimat yang tajam di hutan pegunungan tropis dikombinasikan dengan peningkatan variabilitas curah hujan dan topan dalam satu tahun diharapkan akan menghasilkan suatu situasi dimana biota endemik akan digantikan oleh tanaman dan binatang bukan asli setempat (Loope dan Giambelluca 1998; Hansen *et al.* 2003).

Hutan kering tropis. Ekosistem di daerah-daerah semi tandus sangat sensitif terhadap perubahan curah hujan, yang dapat mempengaruhi produktivitas vegetasi dan kemampuan tanaman untuk bertahan hidup (Hulme 2005). Penelitian yang dilaksanakan di Tanzania dan Kosta Rika memperlihatkan bahwa hutan kering tropis bisa begitu sensitif terhadap perpindahan zona kehidupan¹ yang disebabkan perubahan iklim (Mwakifwamba dan Mwakasonda 2001; Enquist 2002). Hutan kering tropis kemungkinan besar dipengaruhi oleh kekeringan dan kebakaran. Sedikit saja berkurang curah hujan tahunan diperkirakan bisa membuat hutan kering tropis beresiko lebih besar terhadap kebakaran hutan dalam waktu dekat. Musim kering yang panjang akan meningkatkan desikasi (pengeringan), membuat sistem hutan lebih terpapar dan sensitif terhadap kebakaran. Namun, meningkatnya kebakaran pada akhirnya akan memancing berkurangnya kebakaran karena berkurangnya tanaman yang mudah terbakar seiring berjalannya waktu (Goldammer dan Price 1998; Hansen *et al.* 2003). Menurut Miles *et al.* (2006), hutan kering tropis di Amerika Latin akan lebih terpengaruh daripada yang berada di Afrika atau Asia.

Hutan bakau. Hutan bakau juga telah diidentifikasi sebagai salah satu jenis hutan yang paling banyak terancam oleh perubahan iklim. Ancaman utama bagi hutan bakau datang dari naiknya permukaan air laut dan perubahan-perubahan yang berkaitan dengan dinamika sedimen, erosi dan salinitas. Naiknya permukaan laut diperkirakan akan terjadi dua kali lebih cepat daripada kecepatan penumpukan sedimen (yang dibutuhkan untuk keberlangsungan hidup hutan bakau) dan mengakibatkan tenggelamnya sejumlah delta. Selanjutnya, erosi akan mengurangi luasan hutan bakau; erosi tebing pada sisi

1. Dalam konteks ini, zona-zona kehidupan bisa dianggap sebagai habitat spesifik baik secara biologis dan geografis dimana organisme tersebut tinggal. Dengan perubahan iklim, hal tersebut mudah berpindah, sebagai contoh, habitat dari vegetasi spesifik bisa saja menjadi ratusan kilometer lebih jauh setelah suatu kenaikan temperatur rata-rata global sebesar 2⁰.

yang menghadap ke laut yang menggoyahkan akar bakau, erosi permukaan di sepanjang permukaan rawa dan hilangnya bantaran kali (Hansen *et al.* 2003). Hutan bakau juga akan dipengaruhi oleh perubahan atmosfer lainnya, termasuk suhu, peningkatan karbon dioksida dan badai. Pengeringan hutan bakau akan menjadi sangat merusak, seperti kekeringan yang terjadi di Senegal dan Gambia yang telah mempengaruhi hutan bakau (Dudley 1998).

Kapasitas adaptasi hutan

Kapasitas adaptasi hutan masih terasa kabur (Julius dan West 2008). Hutan tropis merupakan ekosistem yang lebih kompleks daripada ekosistem pertanian, yang agaknya membuatnya lebih tahan terhadap perubahan-perubahan kecil di lingkungannya. Hutan tropis umumnya dapat menghadapi berbagai tingkatan tekanan atas cuaca, terutama hutan-hutan yang masih utuh (Malhi *et al.* 2008). Namun, banyak ilmuwan cemas bahwa kapasitas adaptasi hutan tidak akan cukup untuk beradaptasi terhadap tingkat perubahan iklim yang belum dialami sebelumnya (Gitay *et al.* 2002).

Kita membutuhkan pemahaman yang lebih baik mengenai faktor-faktor yang meningkatkan atau membatasi kapasitas adaptasi hutan (Julius dan West 2008), termasuk peran dari bentang alam di sekeliling hutan. Keterkaitan bentang alam dapat membantu adaptasi ekosistem dan kapasitas adaptasi dapat dikurangi oleh tekanan di luar hutan tersebut.

Spesies dapat beradaptasi dengan perubahan iklim melalui plastisitas *phenotype* (aklimatisasi), evolusi yang adaptif, atau migrasi ke lokasi yang lebih sesuai (Markham 1996; Bawa dan Dayanandan 1998). Tanpa pilihan-pilihan ini, spesies akan mengalami kemerosotan dan akhirnya punah (Noss 2001). Bukti tentang model pasangan iklim dan vegetasi memperlihatkan bahwa pemanasan global menghendaki tingkat migrasi yang jauh lebih cepat daripada tingkat migrasi sebelumnya yang teramati setelah zaman es. Karenanya, pemanasan global memiliki potensi untuk mengurangi biodiversitas dengan memilih spesies yang oportunis dan kerap berpindah (Malcolm *et al.* 2002; Pearson 2006).

Telah dilaporkan sebelumnya bahwa kekayaan dan keragaman spesies dalam ekosistem hutan dapat memicu ketahanan dan ketangguhan, penjelasan paling kuat adanya kelebihan keanggotaan multispesies dalam kelompok fungsional kritis (Walker 1992, 1995; Peterson *et al.* 1998). Keragaman dari kelompok-kelompok fungsional, selain keragaman spesies dalam kelompok, juga agaknya berfungsi menaikkan ketahanan ekologi (Noss 2001).

2.2. Mendefinisikan adaptasi hutan

Pentingnya pendekatan yang fleksibel dan beragam

Karena hutan tropis rentan terhadap perubahan iklim, kegiatan pengelolaan dan konservasi saat ini harus mengintegrasikan ancaman perubahan iklim dan mengarah pada pengurangan kerentanan. Pendefinisian langkah teknis adaptasi bagi hutan tidak bisa dilakukan secara langsung karena langkah-langkah adaptasi tergantung pada beragam faktor pendukung (jenis hutan, target pengelolaan, ancaman iklim, dan tekanan non iklim). Selain itu, walaupun penggunaan model telah dilakukan untuk meneliti kerentanan dari hutan tropis terhadap perubahan iklim, ketidakpastian yang terdapat dalam model-model ekosistem dan skenario iklim akan menghambat penggunaan model itu oleh para pengelola hutan atau pembuat kebijakan (Millar *et al.* 2007). Sebagai misal, tren curah hujan di masa mendatang masih belum tertangkap pada tingkat regional maupun lokal, terutama daerah tropis. Pada beberapa situasi, model yang tidak dapat membantu menentukan dampak di masa depan akan membantu melihat kemungkinan arah perubahan. Dalam hal kerentanan hutan, jurang utama dalam pengetahuan kita berkaitan dengan proses-proses yang menjelaskan kapasitas adaptif spesies: plastisitas *phenotype*, evolusi adaptif, dan migrasi (Noss 2001; Midgley *et al.* 2007).

Ketidakpastian tentang kerentanan iklim dan hutan di masa depan mengharuskan kita menerapkan pendekatan yang fleksibel dan berbeda-beda. Tergantung pada konteks lokalnya, pendekatan-pendekatan ini harus mengkombinasikan berbagai langkah yang dicomot dari 'kotak-peralatan adaptasi' (Millar *et al.* 2007). Pemilihan langkah-langkah ini bergantung pada ketidakpastian yang berhubungan dengan iklim dan hutan di masa mendatang. Ketika beberapa dimensi masa depan terbaca, pilihan dapat diarahkan pada skenario masa mendatang secara spesifik. Namun, dalam banyak kasus, tingginya tingkat ketidakpastian akan menjadi pembenaran untuk memilih langkah-langkah pengurangan resiko yang berkaitan dengan pemilihan suatu langkah yang kurang memadai.

Pemilihan langkah-langkah adaptasi juga tergantung pada variabel yang menurut masyarakat menarik. Contohnya, bergantung pada apakah adaptasi bertujuan untuk mempertahankan spesies yang bernilai tinggi atau mempertahankan jasa ekosistem hidrologi, langkah adaptasi harus dipilih untuk mempertahankan spesies-spesies penting atau memfasilitasi transisi

ekosistem menuju kondisi lain dimana struktur vegetasi memungkinkan pasokan jasa ekosistem hidrologi. Mungkin ada banyak sinergi di antara beberapa tujuan-tujuan yang berbeda, tetapi saling-tawar kadang dibutuhkan. Setelah mendefinisikan kemungkinan pengaruh perubahan iklim dan keadaan final yang diinginkan, pembuat keputusan harus memilih langkah-langkah dan mengevaluasinya dengan mempertimbangkan ketidakpastian. Penerapan dari langkah-langkah tersebut kemudian harus dikaitkan dengan pengawasan dan pembelajaran untuk memudahkan evaluasi yang sedang berjalan ataupun sesudahnya, dan fleksibilitas dalam pengelolaan untuk menerapkan pelajaran yang diperoleh (Spittlehouse dan Stewart 2003; Miller *et al.* 2007).

Kategori langkah-langkah adaptasi untuk hutan

Banyak penulis telah mengusulkan langkah-langkah adaptasi hutan (contohnya, Noss 2001; Spittlehouse dan Stewart 2003; Hansen *et al.* 2003; Millar *et al.* 2007; Fischlin *et al.* 2007; Guariguata *et al.* 2008; Ogden dan Innes 2008). Sebagian besar tindakan itu telah digariskan bagi hutan-hutan di daerah beriklim sedang atau hutan-hutan di belahan utara bumi. Namun, tindakan-tindakan itu dapat diekstrapolasi untuk hutan tropis walaupun beberapa di antaranya mungkin sulit untuk diterapkan di sana (karena hutan-hutan itu umumnya kurang begitu intensif dikelola dan memiliki keragaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan hutan di wilayah utara bumi dan beriklim sedang).

Mengikuti anjuran Smithers dan Smit (1997), kami membedakan dua kategori besar langkah-langkah adaptasi hutan, bergantung pada hasil atau efek yang diharapkan. Kategori pertama adalah langkah adaptasi yang ditujukan untuk melindungi suatu sistem dari perubahan-perubahan kecil, dengan meningkatkan ketahanan dan ketangguhan terhadap perubahan. Ketahanan adalah 'kemampuan suatu sistem untuk menahan perubahan-perubahan kecil dari luar' (Bodin dan Wiman 2007), sementara ketangguhan adalah kemampuan suatu sistem 'untuk menyerap gangguan dan mengenalinya sambil menjalani perubahan sehingga tetap memiliki fungsi, struktur, identitas dan masukan yang pada dasarnya sama (Walker *et al.* 2001). Menurut Millar *et al.* (2007), tindakan perlindungan yang mencoba untuk mempertahankan hutan dalam keadaan mereka yang sekarang atau yang lampau bukanlah penyelesaian masalah. Itu mungkin hanya efektif untuk jangka pendek. Dengan bertambahnya perubahan kondisi lingkungan, usaha-usaha semacam ini pada akhirnya akan gagal. Dikarenakan resiko-resiko yang ditimbulkan dan biaya terkait, langkah semacam ini harus diterapkan terutama untuk hutan-hutan bernilai tinggi (contoh: hutan-hutan yang menjadi tempat tinggal bagi spesies

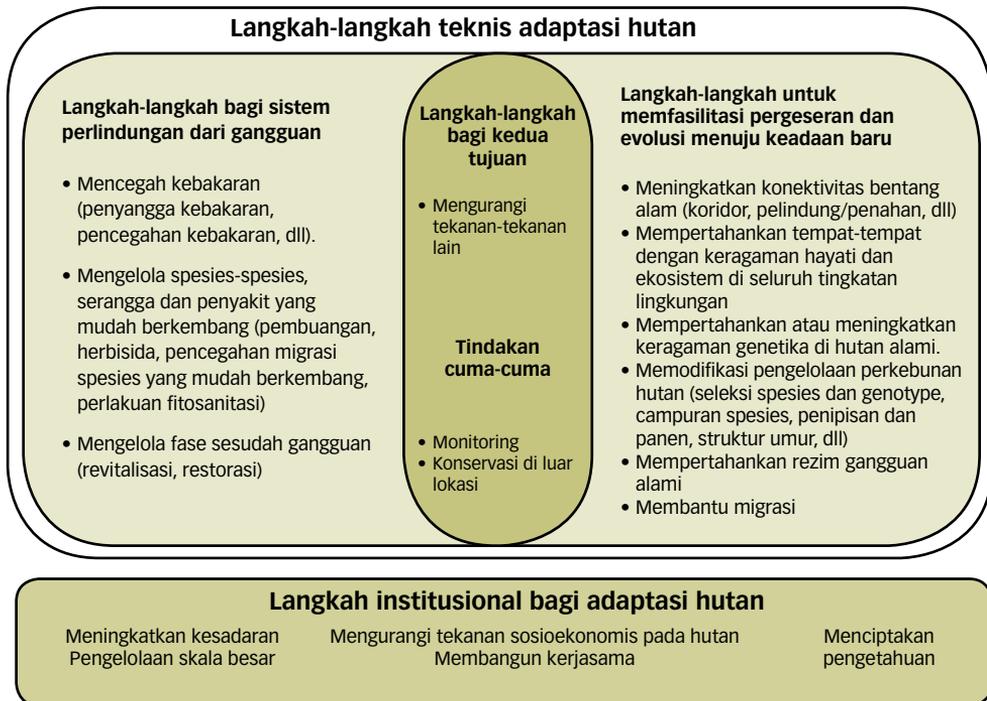
hampir punah dengan skala prioritas tinggi atau yang memberi bahan-bahan penting bagi masyarakat setempat), atau pada hutan-hutan dengan sensitivitas yang rendah terhadap perubahan iklim (Millar *et al.* 2007). Langkah-langkah ini juga relevan untuk tujuan pengelolaan jangka pendek, sebagai contoh, perkebunan hutan yang mendekati masa panen.

Pada kategori kedua, tujuan langkah adaptasi hutan adalah memfasilitasi perpindahan atau evolusi sistem menuju keadaan baru (Smithers dan Smit 1997). Berbeda dengan kategori pertama, tujuan tindakan itu bukanlah untuk melawan perubahan, tetapi untuk mempermudah dan mengelola proses adaptasi secara alami (Millar *et al.* 2007). Namun, seperti dalam kategori pertama, ketangguhan suatu ekosistem adalah kunci dari proses ini, bukan berarti harus menjaga ekosistem dalam keadaan yang sama setelah ada gangguan, tetapi untuk membantunya tumbuh kembali sedemikian rupa dengan mempertahankan fungsi, struktur dan identitasnya (yang diharapkan oleh pengelola dan masyarakat), seperti menyimpan jumlah karbon yang sama, mengatur kualitas air atau memproduksi barang-barang bagi masyarakat setempat.

Contoh-contoh dari langkah adaptasi untuk hutan

Beberapa langkah untuk meningkatkan ketahanan dan ketangguhan hutan (lihat Gambar 2, kiri) berfokus untuk mencegah gangguan-gangguan seperti kebakaran (pengelolaan bahan bakar, penekanan atau pembatasan kebakaran), mencegah masuknya spesies yang mudah berkembang pesat dan membatasi serangan atau penyakit (penerapan fitosanitasi). Pilihan lainnya untuk sistem perlindungan dari gangguan-gangguan adalah untuk secara aktif mengelola ekosistem setelah adanya gangguan; misalnya, tempat spesies yang diprioritaskan dalam suatu rencana restorasi.

Alih-alih mencegah kebakaran dan melakukan pembakaran yang telah ditentukan, Barlow dan Peres (2004) mengusulkan dua strategi untuk mengendalikan kebakaran di hutan tropis yang lembab: mengurangi kemudahan terbakarnya hutan (contohnya, pengelolaan hutan harus menghindari penambahan jumlah bahan bakar yang tersimpan di bawah dan pengurangan kelembaban di bawah) dan mencegah api menjangkau hutan yang mudah terbakar (contohnya, dengan pemutus api, pendidikan, legislasi dan insentif keuangan).



Gambar 2. Contoh adaptasi hutan

Langkah-langkah untuk melindungi hutan dari berbagai gangguan bisa menjadi sangat mahal dan melebihi kemampuan ekonomi bagi kebanyakan negara-negara tropis (Barlow dan Peres 2004). Terlebih lagi, beberapa langkah tersebut kiranya memiliki dampak lingkungan negatif (misalnya herbisida) atau tidak berkelanjutan. Pengendalian kebakaran mungkin tidak akan produktif dalam jangka panjang ketika iklim berubah (Hulme 2005).

Untuk memfasilitasi perpindahan atau evolusi dari ekosistem (lihat Gambar 2, kanan), salah satu langkah adalah dengan meningkatkan konektivitas dan mengurangi fragmentasi bentang alam. Konektivitas antar habitat meningkatkan kemampuan spesies untuk bermigrasi. Koridor-koridor yang dibangun searah dengan gradien iklim dapat membantu spesies untuk beradaptasi terhadap perubahan iklim (Noss 2001). Langkah lain terdiri dari penetapan wilayah prioritas tinggi untuk konservasi berdasarkan skenario perubahan iklim. Dikarenakan ketidakpastian tentang kerentanan berbagai hutan, strategi yang baik adalah melindungi hutan dengan spektrum yang luas—sebagai contoh, ekosistem yang meliputi seluruh gradien lingkungan atau tempat-tempat dengan keragaman hayati tinggi—demi nilai mereka dan kemungkinan ketangguhan

Tabel 1. Beberapa contoh dari langkah-langkah adaptasi bagi hutan kelolaan (dari Guariguata *et al.* 2008)

Jenis pengelolaan hutan	Langkah-langkah adaptasi	
	Langkah-langkah untuk memfasilitasi kapasitas adaptasi	Langkah-langkah silvikultur lainnya
Pengelolaan hutan secara alami berdasarkan pembalakan terseleksi	Memaksimalkan besarnya populasi tanaman muda dan reproduktif	Mengintensifkan pembuangan liana
	Mempertahankan pergerakan antar populasi dari polen dan/ atau benih (dengan meminimalkan dampak pemanenan pada struktur hutan dan dengan memaksimalkan konektivitas bentang alam)	Meminimalisasi tingkat pemotongan melalui pembalakan dengan dampak yang dikurangi
	Memaksimalkan variasi genetik dari bibit yang ditanam ketika mengisi celah karena pembalakan.	Perlebar jalur-jalur penyangga/ pemutus api
	Penggunaan dari bahan-bahan translokasi dalam penanaman kembali	
Perkebunan tanaman	Tanam berbagai genotype dan "biarkan alam melanjutkannya"	Tanam berbagai campuran spesies dan terapkan seleksi spesies yang sesuai
	Menerapkan seleksi spesies yang sesuai (terutama dalam zona transisi)	Perlebar jalur-jalur penyangga/ pemutus api
	Gunakan sumber benih yang telah beradaptasi untuk kondisi masa depan yang diharapkan	
	Gunakan genotype yang 'stabil' yang cenderung untuk berkembang baik pada suatu sebaran lingkungan	

mereka yang lebih tinggi (Noss 2001). Keterhubungan bentang alam juga memiliki peran dalam keanekaragaman genetik.

Karena keanekaragaman genetik merupakan elemen kunci untuk memahami kapasitas adaptasi ekosistem, beberapa penulis mengusulkan langkah-langkah untuk mempertahankan atau meningkatkan kapasitas itu dalam hutan-hutan yang dikelola (lihat Tabel 1 dari Guariguata *et al.* 2008). Bagi perkebunan hutan, langkah-langkah teknisnya cukup luas karena ekosistem ini umumnya dikelola dengan intensif dan pengelolaannya bisa dimodifikasi untuk beradaptasi

dengan perubahan iklim. Sebagai contoh, seleksi spesies dan genotype bisa diadaptasi untuk iklim masa mendatang. Sementara itu, campuran spesies dan struktur umur yang tidak seimbang bisa meningkatkan ketahanan atau ketangguhan. Atau, pemanenan bisa diantisipasi guna menurunkan resiko (Guariguata *et al.* 2008).

Beberapa penulis berpendapat bahwa rezim gangguan alami (misalnya kebakaran) harus dipertahankan karena beberapa program pengurangan kebakaran telah menyebabkan penurunan spesies tanaman yang dilindungi (Noss 2001; Hansen *et al.* 2003). Namun, diakui kebakaran yang dipicu oleh kelakuan manusia merupakan ancaman terhadap ekosistem, terutama di daerah tropis. Keseimbangan yang tepat harus ditemukan antara mengurangi kebakaran, membiarkan kebakaran alami terjadi dan mewajibkan cara pembakaran tertentu guna mengurangi kebakaran dengan intensitas yang tinggi. Memindahkan spesies tanaman ke daerah yang diproyeksikan akan memiliki iklim yang sesuai nantinya juga merupakan langkah yang kontroversial², karena potensi risiko translokasi spesies dengan bantuan manusia akan membawa spesies yang bersifat invasi (Mueller dan Hellman 2008).³

Beberapa langkah adaptasi bisa berkontribusi untuk melindungi sistem dari gangguan-gangguan dan memfasilitasi perpindahan (lihat Gambar 2, tengah); misalnya, mengurangi tekanan-tekanan lain seperti perusakan habitat, fragmentasi dan degradasi (Noss 2001; Hansen *et al.* 2003; Malhi *et al.* 2008). Sebagai suatu ancaman, perubahan iklim penambahan dari tekanan-tekanan lainnya, beberapa diantaranya saat ini memberikan tekanan yang lebih berat daripada iklim. Bila ancaman-ancaman lain ini tidak diperhatikan, adaptasi akan menjadi tidak relevan atau akan terlihat seperti sekedar pertanyaan akademis (Markham 1996). Mengurangi ancaman-ancaman lain juga akan meningkatkan ketangguhan ekosistem dan memfasilitasi perpindahan (lihat Kotak 1).

Langkah-langkah lainnya saling mendukung langkah yang telah disebutkan di atas. Sebagai contoh, monitoring penting untuk memungkinkan penyesuaian yang sedang berlangsung dalam strategi adaptasi (Fischlin *et al.* 2007). Pada tingkat lainnya, konservasi luar-lokasi (*ex-situ*) telah disebutkan sebagai suatu langkah adaptasi oleh beberapa penulis. Walaupun tidak menyebutkan langkah itu sebagai adaptasi terhadap ekosistem itu sendiri, ia

² Populasi tumbuhan (termasuk pepohonan) bisa bermigrasi ratusan atau ribuan meter per tahun melalui penyebaran benih.

³ Translokasi spesies bisa bersifat menyerang dalam habitat barunya.

Kotak 1. Perencanaan untuk perubahan iklim di Amazon

Kemungkinan bahwa perubahan iklim akan meningkatkan kekeringan di Amazon merupakan perhatian utama. Malhi *et al.* (2008) mengajukan beberapa elemen kunci tentang suatu rencana pembangunan, konservasi dan adaptasi guna meningkatkan ketangguhan sistem sosioekologi Amazon: 1) Menjaga deforestasi di bawah ambang batas; 2) mengendalikan penggunaan api melalui pendidikan dan regulasi; 3) mempertahankan koridor yang luas untuk migrasi spesies; 4) melindungi koridor sungai sebagai penyangga kelembaban dan migrasi; 5) menjaga pusat Amazon bagian barat laut dari kerusakan.

Malhi *et al.* (2008) membahas isu-isu pengaturan dan finansial yang berhubungan dengan rencana ini, dan juga peran dari wilayah-wilayah yang dilindungi, penduduk setempat, pengusaha kecil dan agroindustri, serta pemerintah.

akan membantu mempertahankan keanekaragaman genetik yang terancam kepunahan. Koleksi bisa memungkinkan pengenalan ulang spesies di masa depan (Hansen *et al.* 2003).

Sejalan dengan langkah-langkah teknis, langkah-langkah institusional harus dikembangkan, seperti meningkatkan kesadaran dalam komunitas hutan itu sendiri dan sektor kehutanan mengenai adaptasi terhadap perubahan iklim (Spittlehouse 2005; lihat juga bagian 2.3).

2.3. Menerapkan adaptasi hutan

Membangun di lokal

Kompleksitas dan ketidakpastian yang berhubungan dengan adaptasi hutan dan perubahan iklim diperbesar dengan beragamnya manusia dan geografi. Ada dorongan dan tradisi yang kuat yang menghambat perhatian akan variasi lokal—perhatian semacam ini biasanya terlihat terlalu rumit, terlalu sulit, terlalu mahal dan tidak praktis. Namun kepentingan, atau bahkan kebutuhan, untuk memperhatikan variasi lokal semakin bertambah jelas (misalnya, Agrawal 2008). Kini saatnya untuk menerima konsekuensi atas pilihan yang sulit dan membuat perubahan kelembagaan yang diperlukan agar kita bisa membangun di tingkat lokal, bukannya mencoba membuat rencana skala besar yang pada akhirnya akan gagal juga di banyak tempat.

Agar bisa melaksanakan adaptasi perubahan iklim di tiap hutan dunia, sejumlah perubahan kelembagaan dibutuhkan. Macqueen dan Vermeulen (2006), sebagai contoh, di antaranya menggariskan pentingnya ‘meningkatkan kepemilikan lokal dan akses terhadap sumberdaya hutan; mengembangkan pengawasan lokal dan analisa dampak perubahan iklim dan membangun tanggung jawab institusi bagi strategi adaptasi’. Agrawal (2008) menekankan pentingnya menilai dan memperkuat institusi lokal, mengembangkan solusi lokal yang sesuai serta menghubungkan pelaku pada berbagai tingkatan. Yang paling mendasar, manajer di semua lini perlu menggunakan setiap mekanisme yang ada yang memungkinkan orang-orang dalam keadaan tertentu beradaptasi dengan sistem mereka sendiri secara lebih efektif ketika kondisi mereka berubah.

Belajar dari pengalaman sebelumnya

Menerapkan adaptasi hutan tidak harus dimulai dari nol, tetapi dibangun dari pengalaman membangun pengelolaan kolaboratif dan adaptif, mengenali kebutuhan akan hubungan dan saling mendukung di setiap tingkatan.

Dalam berbagai konteks, para peneliti telah melakukan percobaan sejak tahun 1990an dengan pendekatan yang menekankan pada adaptasi dan kolaborasi. Sejumlah literatur yang relevan bagi penerapan adaptasi hutan pada skala lokal—sebagai contoh, seri ACM CIFOR (*Adaptive Collaborative Management*/pengelolaan kolaboratif adaptif) (lihat di bawah), Buck *et al.* (2001), Tompkin dan Adger (2004), Armitage *et al.* (2008). Pendekatan-pendekatan ini dikembangkan sebagian karena, pada akhir tahun 1990an, para peneliti makin merasakan bahwa proses terkait dalam meningkatkan keberlanjutan dan kesejahteraan manusia perlu diteliti dan ditingkatkan, bukan hanya mendokumentasikan kegagalan-kegagalan atas kenyataan itu

Pendekatan pengelolaan kolaboratif adaptif

Pendekatan ACM, sebagai contoh yang baik, dibangun di atas tiga tiang dan kesemuanya akan menjadi sangat penting dalam mengadaptasi perubahan iklim. Ketiga tiang ini dibangun berdasarkan pengamatan berikut (masing-masing diikuti oleh jenis tindakan yang diperlukan untuk memperlakukannya).

1. Kebutuhan untuk memahami pandangan-pandangan dari para pemangku kepentingan yang tertarik pada hutan dan pengelolaannya. Alat bantu telah dikembangkan untuk mengidentifikasi orang-orang yang relevan dan membentuk forum di mana mereka bisa saling berkomunikasi secara lebih efektif ketika menghadapi perubahan.
2. Kebutuhan untuk mempunyai mekanisme yang lebih baik untuk belajar dari pengalaman. Para peneliti telah bekerja dengan kelompok-kelompok orang untuk menganalisa, merencanakan, memonitor dan mengubah arah—kemampuan yang penting ketika iklim berubah.
3. Kebutuhan untuk memperhatikan distribusi kekuatan yang tidak seimbang di hutan-hutan saat ini (hingga ke masa depan). Para peneliti yang cenderung beraksi telah bekerja dengan kelompok-kelompok marginal dan dominan, baik perempuan maupun laki-laki di berbagai tingkatan, untuk menyamaratakan arena permainan, dalam usaha untuk memperhatikan kebutuhan mereka yang saat ini memiliki kebutuhan yang penting (dan mungkin semakin besar). Sedikit saja suara dalam pengelolaan hutan lokal serta keputusan-keputusan lain akan mempengaruhi kesejahteraan mereka.

Seperti biasanya, fasilitator lokal yang terlatih diberikan peranan utama. Fasilitator ini menggunakan penelitian aksi partisipatoris untuk bekerja dengan kelompok komunitas lokal (dan akhir-akhir ini dengan pemerintah setempat) untuk memperkuat kemampuan analitis lokal dan kapasitas adaptasi, juga berbagai keahlian lainnya, seperti aksi massal, negosiasi, jejaring dan manajemen konflik. Pada kasus lain, peneliti dan fasilitator bekerja dengan para pelaku di skala yang lebih besar, seperti industri kayu, proyek konservasi, pemerintah regional dan nasional, untuk memperkuat dukungan bagi aksi lokal dan meningkatkan dampak dari usaha-usaha lokal. Pendekatan-pendekatan yang berbeda digambarkan oleh Colfer (2005), CIFOR (2008) dan Pfund *et al.* (2008).

Pengawasan mungkin akan menjadi hal yang kritis dalam usaha global yang dialamatkan kepada adaptasi perubahan iklim. Karya awal dari Prabhu dan rekan-rekannya (contohnya, Prabhu dan Colfer 1996; Prabhu *et al.* 1998) memperlihatkan kemungkinan dan kepraktisan membangun dan beradaptasi dengan serangkaian kriteria dan indikator (C&I) untuk mengawasi pengelolaan hutan dan kesejahteraan manusia dalam konteks lokal yang spesifik. Pengawasan semacam ini penting untuk kepentingan beradaptasi

terhadap perubahan sambil berbagi visi yang sama tentang masa depan yang diinginkan. Alat bantu ini telah terbukti bermanfaat di segala tingkatan, sejak dari proses komunitas hingga internasional walaupun kesesuaiannya di setiap konteks perlu diuji. Bila dianggap bermanfaat, ia dapat diadaptasikan dengan kondisi lokal. Contoh-contoh dari pengujian komunitas dari C&I dan pengawasan partisipasi diberikan oleh McDougall (2002), Hartanto *et al.* (2003), Guijit (2007) dan Evans dan Guariguata (2008).

Memahami aneka situasi

Mekanisme yang menjaga hubungan dan umpan-balik dari konteks lokal yang berbeda hingga pembuat keputusan kunci dibutuhkan untuk memastikan efek dari intervensi politik yang tetap relevan dan positif. Salah satu pilihan, digunakan dalam proyek Mosaik Bentang Alam (Pfund *et al.* 2008), adalah memilih desa-desa yang berkaitan dengan hutan-hutan dengan kualitas dan keterpencilan yang berbeda, guna memaksimalkan pengertian tentang kemungkinan determinan ekologi dan sosio-ekonomi. Pilihan lain dapat dijatuhkan pada komunitas di sepanjang jalur perubahan iklim yang mungkin terjadi, contohnya di sepanjang gradien kelembaban di mana kondisi yang lebih kering atau lebih basah bisa berkembang. Sebagai contoh, dengan mempelajari bagaimana sistem sosial yang ada beradaptasi terhadap variabilitas iklim di daerah yang paling kering, kemudian pemahaman akan sistem tersebut dibagi dengan orang-orang yang tinggal di tempat-tempat tertentu yang mungkin akan menghadapi kondisi lebih kering yang di masa depan menyamai. Pilihan lainnya adalah dengan mengamati sistem lain dari kelompok etnis yang berbeda (contohnya, Dounias dan Colfer 2008), yang seringkali memiliki sistem sosial yang sangat berbeda meskipun dalam kelompok ekologi yang sama, atau dengan mendeskripsikan dan bekerja dengan manajemen dan tujuan yang lain yang melampaui batasan gender (Shea *et al.* 2005).

Pendekatan lainnya berkaitan dengan bagaimana menghubungkan komunitas tertentu dengan pelaku tingkat pemerintah kabupaten, sebagaimana dilakukan di Jambi, Sumatra, Indonesia (Komarudin *et al.* 2008) atau yang sedang berjalan di lokasi Mosaik Bentang Alam di Guinea, Tanzania, Kamerun, Lao PDR, Indonesia dan Madagaskar (Pfund *et al.* 2008). Penggunaan forum multi pemangku kepentingan bisa memaksimalkan komunikasi dan kolaborasi yang sama di banyak tingkatan dan pelaku (contohnya, Yuliani *et al.* 2008a,b).

Model-model tersebut dibangun melalui pendekatan ACM seperti digambarkan di atas, melalui penelitian aksi partisipatoris baik di masyarakat maupun di tingkat pemerintah kabupaten. Perhatian yang sama kemudian diidentifikasi. Kolaborasi dianjurkan karena penduduk desa dan petugas berjuang dengan memperhatikan tujuan yang sama.

Menghubungkan skala lokal dan nasional

Kebutuhan untuk menghubungkan skala lokal dan nasional telah membuktikan perkembangan mekanisme pembelajaran yang membantu pertukaran informasi antara kedua skala yang berbeda tersebut. Salah satu contohnya adalah pendekatan Kelompok Belajar Kebijakan Nasional yang digunakan di Indonesia dan Nepal untuk menyatukan para pelaku pemerintahan dan non-pemerintahan yang benar-benar memiliki komitmen untuk memperhatikan masalah-masalah nasional (lihat Kotak 2). Hingga saat ini, fasilitator ACM telah memainkan peran kepemimpinan dalam kelompok-kelompok ini dan menanamkan suatu pendekatan pembelajaran yang sistematis di dalam kelompok. Perubahan iklim merupakan ‘masalah’ sempurna bagi kelompok-kelompok semacam ini, yang idealnya terus menjaga hubungan dekat di tingkat masyarakat (apakah melalui uji coba bersama, kunjungan lapangan, keterlibatan langsung masyarakat atau mekanisme lainnya).

Satu lagi pendekatan berskala besar adalah ‘lokakarya berbagi pembelajaran’ (lihat Kotak 3). Lokakarya itu menyatukan individu-individu dari semua tingkatan dan berbagai latar belakang untuk berbagi apa yang telah berhasil dikerjakan dalam lokalitas masing-masing. Lokakarya semacam telah cukup berhasil dalam menyediakan suatu mekanisme bagi kabupaten-kabupaten di Indonesia (baru saja diberlakukan setelah undang-undang desentralisasi tahun 2001) untuk belajar dari keberhasilan dan kegagalan masing-masing. Pendekatan lain untuk membangun skenario masa depan dengan pemangku kepentingan dijelaskan dalam Kotak 4. Pendekatan-pendekatan ini juga bisa berkontribusi pada adaptasi perubahan iklim.

Semua pendekatan ini bermanfaat dan dibutuhkan. Tetapi satu lagi perubahan yang penting telah menunggu—dan ini sangat sulit: Standar prosedur kerja pada birokrasi kehutanan pemerintah perlu diubah. Perhatian yang tulus, penuh arti terhadap penduduk lokal dan variasi ekologi membutuhkan

Kotak 2. Kelompok belajar tentang Kebijakan Nasional di Nepal oleh Ganga Ram Dahal

Dalam rangka membangun hubungan antara penelitian dan penerapan kebijakan, *National Policy Learning Groups*/Kelompok Belajar Kebijakan Nasional (NPLG/KBKN) Nepal dibentuk pada tahun 2005 sebagai hasil dari penelitian aksi yang dipimpin oleh CIFOR tentang Pengelolaan Kolaboratif Adaptif (ACM/PKA). Walaupun hal ini merupakan jejaring lepas dari berbagai pemangku kepentingan yang mewakili pemerintah, LSM dan kelompok-kelompok masyarakat sipil, dampak di lapangan dalam hal merubah hasil penelitian menjadi aksi/tindakan telah ada. Salah satu contoh adalah formulasi kebijakan pemerintah untuk memberi lebih banyak kekuasaan kepada komunitas lokal dalam pengembangan perusahaan-perusahaan yang berbasis hasil hutan bukan kayu (NTFPs/HHBK). Kebijakan ini diformulasikan berdasarkan temuan-temuan dan rekomendasi dari penelitian kebijakan yang dilaksanakan di Nepal. Penyelenggaraan pertemuan periodik antara anggota jejaring memberi ruang untuk berbagi pembelajaran di satu pihak, dan penciptaan suatu lingkungan bagi sinergi agenda yang sama (contohnya, pengembangan kebijakan pro-rakyat miskin, isu-isu perubahan iklim dan lingkungan) di pihak yang lain. Isu-isu nyata lainnya yang menjadi perhatian yang sama dalam sektor kehutanan di Nepal termasuk hutan rakyat, transportasi kayu ilegal antar perbatasan, reformasi hak penggunaan hutan, serta ekuitas, kesemuanya dibahas secara teratur oleh kelompok ini.

Inisiatif hak-hak dan sumberdaya (penelitian aksi lainnya di Nepal, 2006-2008) menggunakan jejaring ini untuk meningkatkan partisipasi anggotanya dalam penelitian dan penggunaannya atas hasil penelitian dalam bentuk praktek. Penelitian itu melihat dampak dari reformasi hak penggunaan hutan terhadap mata pencaharian, pendapatan, kondisi hutan dan ekuitas (dikenal dengan singkatan LIFE).

Perubahan konteks politik di Nepal telah meningkatkan lagi signifikansi NPLG. Jejaring itu kini ditugaskan untuk menyediakan masukan-masukan yang sah kepada pemerintah tentang proses reformasi sektor kehutanan dan formulasi kebijakan yang berkaitan dengan hutan. Sifat forum yang secara politik tidak bias, demokratis dan terbuka luas membantu mempengaruhi proses kebijakan di Nepal. Jejaring itu termasuk Federasi Komunitas Pemakai Kehutanan Nepal (FECOFUN), Asosiasi Ahli kehutanan Nepal, dan beberapa LSM serta organisasi bilateral.

Akhir-akhir Ini, NPLG Nepal telah dihubungkan dengan Kelompok Belajar Pengendalian Hutan global (FGLG), yang akan lebih memperkuat perannya dan efektivitasnya dalam mengubah kebijakan menjadi praktek.

Kotak 3. Berbagi pembelajaran

oleh Moira Moeliono

Antara tahun 2005 dan 2007, CIFOR dan PILI (Jejaring Hijau: Suatu Jembatan Menuju Keberlanjutan, LSM Indonesia)—menyelenggarakan tujuh lokakarya yang berfokus pada pengelolaan kolaboratif sumberdaya alam di wilayah yang dilindungi di Indonesia. Lokakarya ini mengadopsi prinsip ‘penyamarataan arena permainan’, dimana setiap peserta merupakan guru dan murid. Kegiatannya dibuat menyerupai pendekatan-pendekatan pembelajaran seperti pembelajaran aksi, penelitian aksi partisipatoris, aksi dan pembelajaran partisipatoris, dan pembelajaran sosial. Tujuan dari lokakarya-lokakarya ini bergeser dari yang mulanya berupa saluran untuk informasi kebijakan menjadi pembelajaran untuk perubahan kebijakan. Kami menggunakan metoda berbagi pembelajaran untuk membangun, menggunakan dan membagi informasi dan pengetahuan. Yang lebih penting lagi, berbagi pembelajaran berguna untuk menggiatkan pembelajaran di dalam kelompok maupun antar kelompok untuk meningkatkan perubahan sosial.

Latar belakang yang tidak formal, beragam metoda yang digunakan, fokus pada pengalaman, dan pembelajaran yang timbul dari pengalaman peserta semua ini membuat lokakarya-lokakarya ini begitu populer. Suatu jejaring telah dibangun di mana pembelajaran berlangsung dan usaha-usaha kolaborasi muncul.

dua perubahan yang sulit namun penting. Yang pertama, pengetahuan dan kontribusi potensial dari penghuni wilayah pertanian harus lebih diakui dan dimungkinkan untuk mempengaruhi pembuatan keputusan resmi. Hal ini berarti mengubah sikap para petugas dan memperkuat mekanisme umpan balik dalam birokrasi.

Kedua, kelenturan yang lebih tinggi dan ‘kebebasan untuk gagal’ akan dibutuhkan, terutama bagi petugas-petugas lapangan. Kapasitas orisinil untuk mengadaptasi kebijakan-kebijakan yang diperlukan membutuhkan adanya kemampuan mencoba; dan seringkali pembelajaran terbaik datang dari kegagalan. Nilai-nilai birokrasi perlu diubah untuk mendorong percobaan dan untuk menerima kegagalan sewaktu-waktu dalam mencari tujuan yang diinginkan.

Kotak 4. Skenario masa depan: Belajar bersama bagaimana merencanakan dan menyiapkan untuk masa depan

oleh Kristen Evans dan Peter Cronkleton

Di Bolivia, desentralisasi dan reformasi pewarisan hutan baru-baru ini telah memberikan kesempatan kepada komunitas masyarakat untuk memperoleh kepemilikan terhadap hutan-hutan mereka dan mendapatkan sumberdaya alam yang lebih banyak bagi pembangunan komunitas, melalui proses penganggaran dan perencanaan lokal. Namun, di wilayah berhutan lebat Pando, penduduk setempat—baik komunitas masyarakat maupun petugas pemerintahan setempat—tidak berpengalaman dengan metoda perencanaan partisipatoris dan sering kali bingung bagaimana mengelola kesempatan baru ini bersama-sama. Masyarakat beranggapan bahwa petugas setempat angkuh dan korup; petugas setempat merasa frustrasi atas ketidakmampuan masyarakat untuk menyampaikan permintaan praktis dan bernegosiasi secara masuk akal. Peneliti CIFOR yang terlibat dalam Proyek penelitian Kemiskinan dan Desentralisasi BMZ menyarankan agar mereka bereksperimen dengan ‘skenario masa depan’ sebagai metoda untuk merencanakan dan menyiapkan diri untuk masa depan. Skenario masa depan adalah aktivitas berbasis lokakarya dimana orang-orang dengan minat yang berbeda bisa datang bersama-sama untuk mengantisipasi, membayangkan dan merencanakan masa depan. Metoda ini menstimulasi refleksi dan dialog di antara pemangku kepentingan—elemen yang penting untuk perencanaan partisipasi dan kolaborasi produktif—dan mereka menimbulkan minat dalam keterlibatan dalam proses perencanaan (Evans *et al.* 2008). Metoda ini juga bisa membantu peserta untuk berpikir tentang masa depan yang ideal, mengungkapkan harapan dan keinginan, membaginya dalam kelompok, dan mencapai kesepakatan tentang visi yang sama (Wollenberg *et al.* 1999; Evans *et al.* 2006). Di Pando, lokakarya skenario masa depan pertama kali dilaksanakan di sekelompok komunitas, difasilitasi oleh para peneliti CIFOR. Anggota komunitas mengembangkan visi masa depan yang ideal bagi komunitas mereka dan menyampaikannya kepada pemerintah setempat. Walaupun pada awalnya skeptis, tapi pada presentasi kedua walikota melihat bahwa metode ini bisa dipakai dalam merencanakan masa depan sedemikian rupa sehingga adil, transparan, dan terbuka luas. Dia meminta agar metoda ini digunakan di semua komunitas dan kemudian di tingkat pemerintah kota sebagai proses perencanaan partisipatoris yang normal. Pemimpin setempat juga dilatih sebagai fasilitator. Hasilnya adalah proses perencanaan pemerintahan kota yang lebih produktif, adil, transparan dan demokratis di mana anggota komunitas dan petugas setempat belajar bagaimana merencanakan dan mempersiapkan masa depan bersama-sama.

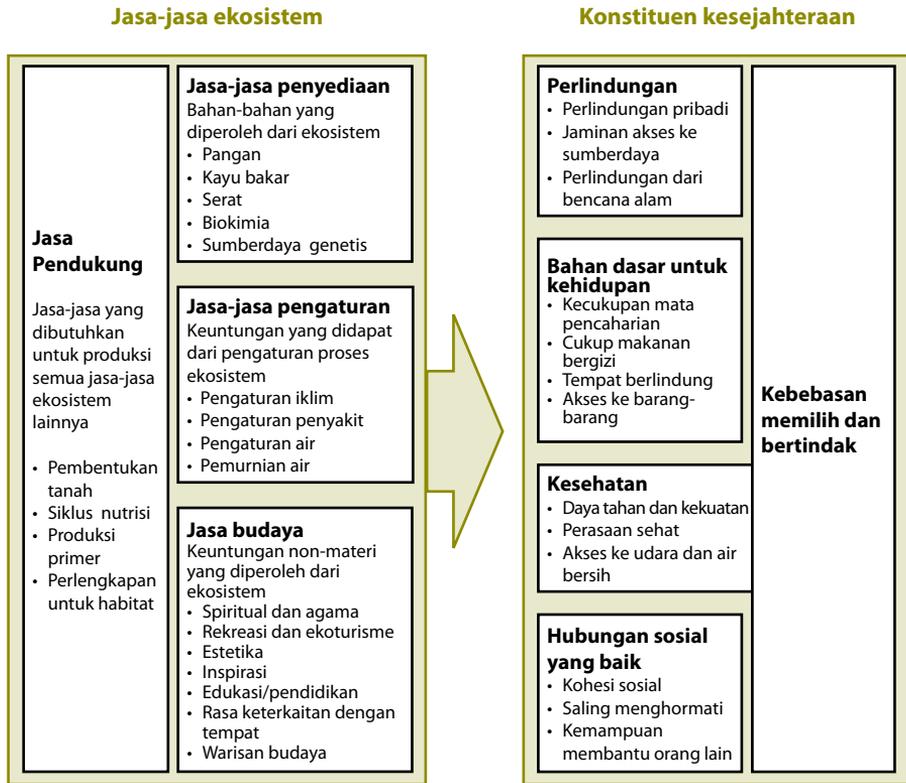
3 Hutan tropis untuk adaptasi

Hutan tropis memberikan jasa-jasa penting pada skala yang berbeda, dari komunitas masyarakat lokal hingga dunia, dan bisa menyumbang kepada penurunan kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim. Karena itu, hutan tropis perlu dimasukkan dalam kebijakan adaptasi. Peran dari jasa-jasa ekosistem bagi kesejahteraan manusia dijelaskan dalam Bagian 3.1 dan kontribusi hutan tropis terhadap adaptasi masyarakat pada perubahan iklim dirinci dalam Bagian 3.2. Masuknya hutan dalam kebijakan adaptasi dibahas dalam Bagian 3.3.

3.1. Jasa-jasa ekosistem dan kesejahteraan manusia

Konsep jasa-jasa ekosistem

Millenium Ecosystem Assessment (2003) mendefinisikan jasa-jasa ekosistem sebagai keuntungan yang diperoleh manusia dari ekosistem. Tiga jenis jasa-jasa ekosistem yang secara langsung menyumbang kepada kesejahteraan manusia: *jasa-jasa penyediaan* (disebut juga barang-barang ekosistem), seperti makanan dan kayu bakar; jasa-jasa pengaturan, seperti pengaturan air, iklim atau erosi; dan *jasa-jasa budaya*, seperti rekreasi, spiritual dan agama. Selain dari ketiga jenis ini, *jasa-jasa pendukung* mewakili jenis jasa keempat dan termasuk jasa-jasa yang penting untuk menghasilkan jasa-jasa lainnya; sebagai contoh, produksi primer, siklus nutrisi dan pembentukan tanah (lihat Gambar 3).



Gambar 3. Contoh jasa ekosistem dan hubungannya dengan kesejahteraan manusia (menurut Millenium Ecosystem Assessment 2003).

Hutan tropis menyelubungi kurang dari 10% lahan dunia tetapi merupakan penyedia jasa ekosistem yang penting di berbagai skala dari yang lokal (contoh, hasil hutan bukan kayu, penyerbukan dan pemandangan yang indah) hingga ke regional (contoh, jasa-jasa hidrologi) dan global (contoh, penyerapan karbon). Kekayaan biologi hutan tropis (50-90% dari spesies darat yang hidup di atas bumi) berkontribusi pada penyediaan jasa ekosistem (WRI *et al.* 1992).

Hutan tropis menghasilkan berbagai barang bagi penduduk setempat, sebagaimana didokumentasikan di Asia (Kuster dan Beleher 2004), Afrika (Sunderland dan Ndoye 2004) dan Amerika Latin (Alexiades dan Shanley 2005). Kayu saat ini merupakan komoditas ekonomis hutan yang penting bagi kebanyakan negara tropis. Kayu bakar juga penting, terutama di negara-negara berkembang dimana kayu bakar memenuhi sekitar 15% dan lebih dari 90% kebutuhan energi di 13 negara (Shvidenko *et al.* 2005). Hasil hutan bukan kayu sangatlah beragam, sejak dari makanan untuk hewan dan makanan untuk manusia hingga obat-obatan dan kosmetik. Mata pencaharian dari sekitar 250 juta hingga satu miliar orang tergantung pada hasil hutan ini (Byron dan Arnold 1999). Hasil hutan yang bisa dimakan merupakan hasil yang paling penting di negara berkembang; sebagai contoh daging hewan buruan dan

ikan, yang merupakan sumber protein utama bagi penduduk setempat (Nasi *et al.* 2008). Hutan tropis juga menghasilkan obat-obatan tradisional, banyak digunakan secara lokal di negara berkembang dan untuk pengembangan obat-obatan modern (Shvidenko *et al.* 2005)

Banyak jasa-jasa pengaturan yang disediakan oleh hutan tropis. Hutan tropis memainkan peranan penting dalam mengatur iklim global karena mereka menyimpan sejumlah besar karbon, sekitar 212 Gigaton dalam vegetasi (yaitu 45% dari seluruh karbon yang tersimpan di vegetasi dunia) dan 216 Gigaton di dalam tanah hingga kedalaman satu meter (yaitu 11% dari karbon yang tersimpan dalam tanah dunia) (Watson *et al.* 2000).

Jasa-jasa pengaturan lainnya bersifat lokal dan regional, seperti pemurnian air, mitigasi banjir dan kekeringan, detoksifikasi dan dekomposisi sampah, pembentukan dan pembaharuan tanah, penyerbukan tanaman pangan dan vegetasi alami, pengendalian hama pertanian, penyebaran benih, dan pengurangan suhu yang ekstrim serta kecepatan angin dan ombak (Daily 1997). Dalam konteks perubahan iklim, yang terpenting adalah peran hutan dalam mengatur volume dan kualitas air. Walaupun hutan bukanlah jalan keluar bagi semua masalah yang berkaitan dengan air (seperti kekeringan di daerah kering atau banjir berskala besar), kontribusinya terhadap konservasi aliran bawah, mengurangi kecepatan badai, mempertahankan kualitas air dan mengurangi sedimentasi telah banyak diperlihatkan di banyak tempat (Chomits dan Kumari 1996; Calder 2002; Bruijnzeel 2004; Bonell dan Bruijnzeel 2005; FAO dan CIFOR 2005).

Bagi banyak komunitas lokal, hutan tropis memiliki nilai spiritual dan keagamaan dan perubahan ekosistem dapat mempengaruhi identitas budaya dan stabilitas sosial (DeGroot dan Ramakrishnan 2005; Ramakrishnan 2007). Jasa-jasa lainnya, seperti estetika, rekreasi dan warisan budaya, dinikmati oleh penduduk setempat, pengunjung dan orang-orang yang ekosistemnya mempunyai kepentingan simbolis.

Ekosistem dan kesejahteraan manusia

Jasa-jasa ekosistem mempengaruhi semua komponen kesejahteraan yang ditunjukkan dalam Gambar 3 (Millenium Ecosystem Assessment 2005). Jasa-jasa ekosistem meningkatkan rasa aman orang yang tinggal di sekitarnya, sebagai contoh, melalui peran melindungi yang dimainkan oleh jasa-jasa pengaturan dalam melawan bencana alam. Jasa-jasa ekosistem langsung berhubungan dengan pendapatan, jaminan pangan dan ketersediaan air yang merupakan materi dasar bagi kehidupan (Levy *et al.* 2005). Kesehatan manusia juga berhubungan dengan hutan, karena banyak studi kasus dan pendapat-

pendapat yang memperlihatkannya (contohnya, Colfer *et al.* 2006; Colfer 2008). Hubungan sosial juga tergantung pada ekosistem, melalui kemampuan untuk mewujudkan estetika dan aktivitas rekreasi dan mengekspresikan nilai-nilai budaya bila mereka dihubungkan dengan beberapa habitat atau spesies (Levy *et al.* 2005). Jasa-jasa ekosistem juga dihubungkan dengan kebebasan—kemampuan untuk memutuskan tentang kehidupan apa yang akan dijalankan. Sebagai contoh, degradasi dari sumberdaya jasa-jasa hidrologi atau kayu bakar akan memperpanjang waktu yang digunakan oleh komunitas lokal dalam mengumpulkan sumberdaya energi dan air, mengakibatkan lebih sedikit waktu untuk pendidikan, pekerjaan atau bersenang-senang (Levy *et al.* 2005).

Banyak penelitian tentang penilaian yang mencoba memberi nilai ekonomi kepada jasa-jasa ekosistem, walaupun mereka tidak mempunyai nilai jual; menggunakan beragam metoda (contohnya, Constanza *et al.* 1997; Ludwig 2000; Farber *et al.* 2002; National Research Council 2004; Norton dan Noonan 2007; Nijkamp *et al.* 2008). Penilaian-penilaian ekonomi telah dilaksanakan untuk memperlihatkan hubungan antara ekosistem dan kesejahteraan manusia, untuk mengidentifikasi ekosistem penting dan untuk membimbing pembuatan keputusan mengenai konservasi ekosistem (Bingham *et al.* 1995; Pritchard *et al.* 2000). Penelitian ini memperlihatkan nilai jasa-jasa ekosistem yang tinggi pada skala yang berbeda (contohnya, Constanza *et al.* 1997; Pattannayak 2004).

Kerentanan jasa-jasa ekosistem

Jasa-jasa ekosistem terancam oleh berbagai tekanan manusia selain perubahan iklim, seperti perubahan tata guna lahan, fragmentasi bentang alam, degradasi habitat, pengambilan sumberdaya yang berlebihan, polusi, penumpukan nitrogen dan spesies-spesies bersifat invasi. Perubahan iklim akan memperburuk tekanan-tekanan tersebut dalam dekade mendatang (Fischlin *et al.* 2007). Tren perubahan iklim akan mempengaruhi spesies dan ekosistem dan mengakibatkan menurunnya jasa-jasa ekosistem (Leemans dan Eickhout 2004). Hilangnya jasa-jasa ekosistem akan mengurangi kesejahteraan manusia di semua tingkatan.

Meningkatnya degradasi ekosistem merupakan kekhawatiran besar bagi pembangunan berkelanjutan (Mäler 2008), dan kekhawatiran ini akan semakin besar di masa depan ketika kebutuhan manusia akan jasa-jasa ekosistem semakin meningkat (Millenium Ecosystem Assessment 2005). Hubungan antara hutan dan pengentasan kemiskinan harus ditekankan pada program-program pembangunan (Angelsen dan Wunder 2003; Innes dan Hickey 2006). Ada kebutuhan yang sangat mendesak untuk memasukkan jasa-jasa ekosistem dalam perencanaan dan penentuan prioritas guna pencapaian berbagai tujuan

konservasi dan pemfokusan pada kesejahteraan manusia (Egoh *et al.* 2007). Semua tingkat institusi terimbas oleh hilangnya jasa-jasa ekosistem tersebut, sejak dari rumah tangga, melalui komunitas lokal dan perusahaan-perusahaan lokal, hingga organisasi-organisasi nasional dan internasional (Hein *et al.* 2006). Karena peran ekosistem dalam pengaturan iklim global, organisasi internasional semakin mencari solusi untuk mengurangi deforestasi dan degradasi hutan (lihat Kotak 5).

Kotak 5. Kerentanan penyimpanan karbon dan hubungan antara adaptasi dan mitigasi

Kerentanan ekosistem terhadap perubahan iklim membawa konsekuensi penting terhadap sistem iklim, karena perubahan ekosistem akan melepaskan karbon ke atmosfer (memperbesar pemanasan global) atau memindahkan karbon dari atmosfer (mengurangi pemanasan global). Pengaruh bolak-balik hubungan iklim dan vegetasi ini telah diteliti secara luas; namun, masih banyak ketidakpastian (Canadell *et al.* 2004). Di skala global, peningkatan CO₂ di atmosfer dikombinasikan dengan musim pertumbuhan yang lebih panjang pada wilayah lintang tinggi, bisa menyebabkan kenaikan produktivitas ekosistem, sehingga juga berarti peningkatan dalam pemindahan karbon dari atmosfer. Namun, besarnya pengaruh ini masih belum pasti, karena ketersediaan nutrisi akan menjadi terbatas, dan CO₂ memiliki efek kedua pada keseimbangan air ekosistem dan komposisi spesies (Fischlin *et al.* 2007). Di daerah tropis, ekosistem saat ini merupakan sumber dari gas-gas rumah kaca karena deforestasi. Cramer *et al.* (2004) menggunakan skenario iklim dan deforestasi dan memperkirakan bahwa dampak perubahan iklim dan deforestasi akan menambah antara 29 dan 129 ppm CO₂ ke atmosfer sebelum tahun 2100. Deforestasi bertanggung jawab bagi sebagian besar emisi ini. Bagi daerah tropis, beberapa model menunjukkan bahwa hutan Amazon bisa hancur (Cox. 2004) atau bahwa beberapa daerah hutan tropis bisa menjadi sumber karbon yang dihasilkan dari kombinasi perubahan iklim dan CO₂, terutama karena tekanan kekeringan (Berthelot. 2003).

Diskusi internasional sedang berlangsung untuk memasukkan penghindaran deforestasi hutan tropis kedalam rezim iklim internasional. Mengurangi emisi dari deforestasi dan degradasi hutan (REDD) di negara-negara berkembang merupakan langkah penting bagi mitigasi perubahan iklim. Namun, potensi dari mekanisme REDD dapat digagalkan oleh dampak perubahan iklim hutan (Fischlin *et al.* 2007). Hal ini menjadi alasan pencarian opsi yang akan mendorong sinergi antara adaptasi dan mitigasi (Nabuurs *et al.* 2007). Selain itu, aktifitas REDD bisa mempengaruhi kerentanan masyarakat di skala nasional atau regional. Konservasi jasa-jasa ekosistem bisa menguntungkan bagi adaptasi, tetapi aktivitas REDD yang tidak dirancang dengan baik juga akan menghalangi penduduk setempat memperoleh sumber utama pencahariannya. Oleh karena itu, dampak dari mitigasi pada adaptasi menjadi sangat penting. Karena itu, nampaknya penting sekali untuk mendorong sinergi antara mitigasi dan adaptasi dalam pengelolaan hutan dan di sektor-sektor yang tergantung pada jasa-jasa ekosistem hutan. (Murdiyarso *et al.* 2005; Klein *et al.* 2007; Ravindranath 2007).

3.2. Hutan tropis untuk adaptasi masyarakat

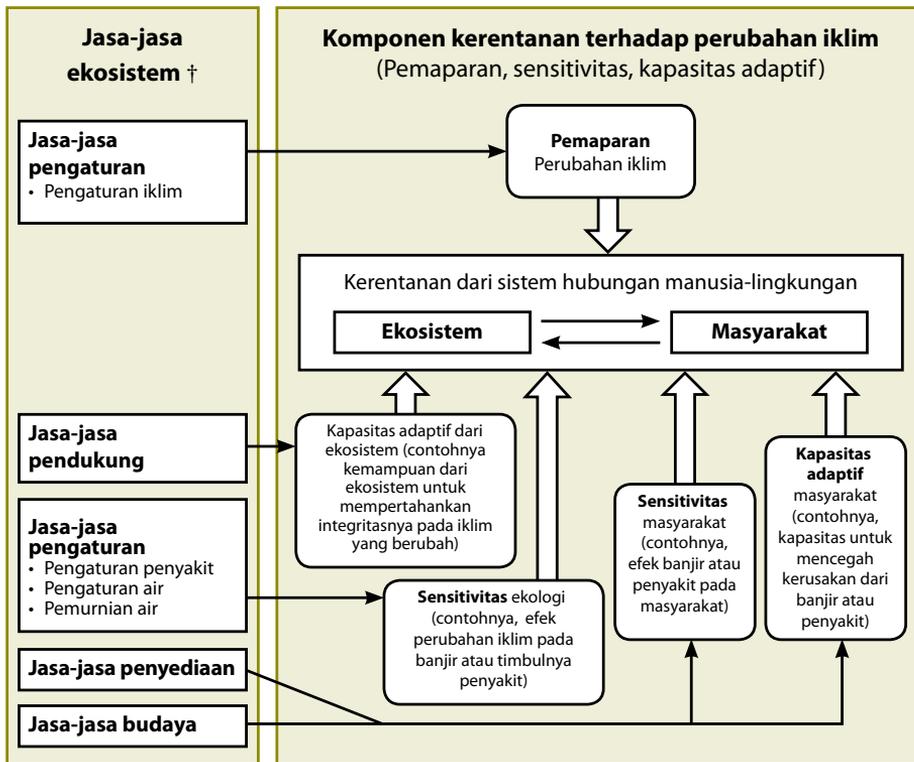
Jasa-jasa ekosistem dan kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim

Dalam kerangka konsep untuk memahami hubungan antara jasa-jasa ekosistem dan kehidupan manusia (Gambar 3), banyak komponen kesejahteraan yang bisa diartikan sebagai dimensi kerentanan terhadap perubahan iklim. Sebagai contoh, keselamatan dan keamanan pribadi jelas sekali berhubungan dengan kerentanan manusia terhadap bencana. Kecukupan mata pencaharian dan kesehatan yang baik juga bisa menentukan sensitivitas dan kemampuan adaptasi dari suatu populasi yang menghadapi ancaman berkaitan dengan iklim.

Beberapa kriteria yang digunakan dalam penelitian kuantitatif dari kerentanan sosial berhubungan dengan pendapatan atau kekayaan, pendidikan, kesehatan, kapital sosial dan jejaring, jaring penyelamat, atau akses ke air (contohnya Cutter *et al.* 2003; Sullivan dan Meigh 2005; Eakin dan Bojórquez-Tapia 2008). Kriteria-kriteria sensitivitas atau kapasitas adaptif rumah tangga, komunitas atau negara jelas berhubungan dengan jasa-jasa ekosistem (Millenium Ecosystem Assessment 2003, 2005).

Selain dari kesamaan antara indikator kerentanan dan konstituen kesejahteraan, kami bermaksud menghubungkan jasa-jasa ekosistem dan kerentanan dengan perubahan iklim (lihat Gambar 4), menggunakan komponen-komponen kerentanan yang didefinisikan oleh IPCC; pemaparan, sensitivitas dan kapasitas adaptif (lihat Lampiran, Gambar 7 untuk definisi-definisi). Jasa-jasa ekosistem dapat membantu mengurangi pemaparan, sensitivitas atau kerentanan dari sistem hubungan manusia-lingkungan dalam berbagai cara.

Pemaparan suatu sistem terhadap perubahan iklim bisa dikurangi dengan kebijakan mitigasi, dimana jasa ekosistem untuk penyerapan karbon mempunyai peran untuk dimainkan (lihat Kotak 5). Namun, praktek lokal tentang penyerapan karbon takkan mempunyai dampak yang terukur terhadap pemaparan dari lokalitas perubahan iklim karena aktivitas penyerapan karbon seharusnya dilaksanakan pada skala global untuk mempunyai dampak pada mitigasi. Jasa-jasa ekosistem lokal atau regional lebih relevan untuk adaptasi. Jasa-jasa pendukung berkontribusi pada kapasitas adaptif dari suatu ekosistem karena siklus nutrisi dan produksi primer merupakan komponen penting dari pendayagunaan, ketahanan dan ketangguhan ekosistem. Jasa-jasa pengaturan bisa menurunkan sensitivitas sistem hubungan manusia dan lingkungan; sebagai misal, jasa pengaturan air yang disediakan oleh hutan menentukan reaksi peristiwa-peristiwa



Gambar 4. Jasa ekosistem dan hubungannya dengan kerentanan terhadap perubahan iklim

† Lihat juga Gambar 3.

perembesan air hingga hujan. Kerentanan sistem sosial juga dihubungkan dengan jasa-jasa penyediaan dan budaya karena nutrisi, akses kepada barang-barang, kesehatan dan kohesi sosial berkontribusi pada sensitivitas dan kapasitas adaptif.

Semua sektor yang digambarkan rentan terhadap perubahan iklim oleh IPCC (Parry *et al.* 2007) mendapat keuntungan dari jasa-jasa ekosistem yang berbeda (lihat Tabel 2). Kerentanan faktor-faktor ini tergantung dari kerentanan ekosistem tempat mereka bergantung. Namun, kebanyakan kajian kerentanan menggunakan pendekatan sektoral, yang mengabaikan hubungan antara sektor dengan ekosistem. Kami berpendapat bahwa bila jasa-jasa ekosistem relevan terhadap sektor tertentu, kajian kerentanan harus menangani kerentanan dari kedua sistem manusia dan alam pada saat yang sama dan mempertimbangkan hubungan antara mereka. Dua contoh dari pendekatan-pendekatan seperti ini disampaikan di bawah dan sebuah penerapan diperlihatkan dalam Kotak 6.

Tabel 2. Contoh jasa ekosistem yang relevan untuk sektor-sektor yang rentan

Jasa-jasa ekosistem	Sektor-sektor yang rentan [†]					
	Sumberdaya air tawar	Ekosistem [‡]	Pangan, serat dan hasil hutan	Sistem pantai dan daerah-daerah rendah	Industri, hunian dan masyarakat	Kesehatan
Penyediaan						
– Makanan			X		X	X
– Kayu, kayu bakar, serat lainnya			X		X	
– Biokimia dan sumberdaya genetik			X		X	X
Pengaturan						
– Mengurangi banjir, longsor, erosi tanah, kekuatan ombak dan angin	X	X	X	X	X	X
– Pemurnian air, pembusukan sampah, pengendalian penyakit	X	X	X		X	X
– Mengurangi kekeringan dan suhu ekstrim	X	X	X		X	X
– Penyerbukan tanaman dan ekosistem alami, pengendalian hama pertanian, penyebaran benih		X	X			X
– Pengaturan iklim global	X	X	X	X	X	X
Budaya					X	X

[†] Menurut IPCC (Parry *et al.* 2007).

[‡] Ekosistem di luar jasa-jasa penyediaan hutan.

[§] Energi, transportasi, pariwisata, asuransi.

Mengkaji kerentanan dari sistem hubungan alam dan manusia

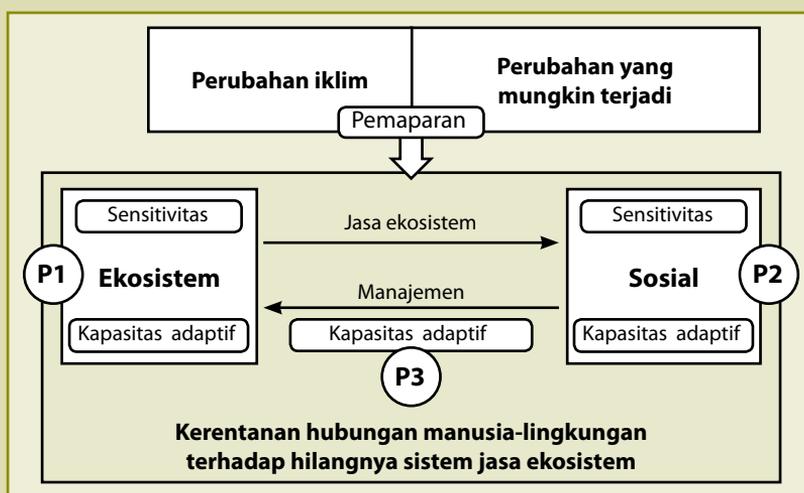
Proyek ATEAM (Advanced Terrestrial Ecosystem Analysis and Modelling/ Analisa dan Model Ekosistem Terrestrial Lanjutan, <http://www.pik.postdam.de/ateam>) mengembangkan suatu pendekatan untuk mengkaji dimana manusia atau sektor-sektor mungkin akan rentan terhadap hilangnya jasa-jasa ekosistem, sebagai akibat dari perubahan tata guna lahan dan iklim. Pendekatan ini menunjukkan bahwa kerentanan masyarakat terhadap perubahan global juga merupakan akibat dari dampak pada ekosistem dan jasa-jasa yang mereka sediakan (Metzger *et al.* 2005, 2006).

Sistem Penelitian dan Pengkajian bagi Program Berkelanjutan (<http://sust.harvard.edu>) mengembangkan kerangka kerja kerentanan untuk pengkajian sistem hubungan manusia-lingkungan (Turner *et al.* 2003). Beberapa elemen penting yang dipertimbangkan dalam kerangka kerja itu adalah hubungan

Kotak 6. Prinsip-prinsip dan kriteria untuk mengkaji kerentanan dari sistem hubungan manusia-lingkungan

Kajian kerentanan memberi informasi penting bagi pembuat kebijakan yang perlu memprioritaskan usaha-usaha adaptasi (Luers *et al.* 2003). Penilaian multikriteria partisipatif merupakan hal efektif dalam hal dampak kebijakan karena memungkinkan pembuat kebijakan dan pemangku kepentingan lokal terlibat dalam definisi dan penilaian kriteria (Mendoza dan Prabhu 2005).

Suatu kerangka kerja umum dikembangkan oleh proyek TroFCCA (Tropical Forests and Climate Change Adaptation/Hutan Tropis dan Adaptasi Perubahan Iklim, CIFOR-CATIE, <http://www/cifor.cgiar.org/trofcca>) dan saat ini diaplikasikan untuk jasa-jasa ekosistem dalam berbagai konteks, seperti hasil hutan bukan kayu di Afrika barat dan jasa-jasa hidrologi hutan di Amerika tengah. Kerangka kerja ini sengaja cukup luas, karena harus menjadi penuntun diskusi sewaktu penerapannya pada kasus-kasus yang spesifik (lihat gambar).



Konsep kerangka kerja ini terinspirasi dari karya Turner *et al.* (2003) dan Metzger *et al.* (2005), dan menekankan peran dari jasa-jasa ekosistem bagi masyarakat. Tiga prinsip utama didefinisikan (lihat lingkaran dalam gambar). Prinsip pertama (P1) berkaitan dengan kerentanan jasa-jasa ekosistem terhadap perubahan atau variabilitas iklim dan ancaman lainnya. Hal ini dapat diutarakan melalui kriteria yang berhubungan dengan pemaparan dan sensitivitas terhadap perubahan atau variabilitas iklim, dan kapasitas adaptif ekosistem sebagai fungsi dari degradasi saat ini atau tekanan-tekanan lainnya.

Prinsip kedua (P2) berkaitan dengan sistem manusia dan kerentanannya terhadap hilangnya jasa-jasa ekosistem. Sensitivitas dari sistem (misalnya ketergantungan pada NTFP atau air bersih) dan kapasitas adaptifnya (misalnya ketersediaan pengganti/substitusi bagi jasa-jasa yang hilang) dapat digunakan sebagai kriteria bagi P2. Penggerak perubahan dari luar, seperti kebijakan makroekonomi atau harga energi, harus juga diperhitungkan dalam karakterisasi prinsip ini.

Prinsip ketiga (P3) mempertimbangkan kapasitas adaptif dari sistem secara keseluruhan. Hal ini menyangkut kapasitas dari sistem manusia untuk mengurangi hilangnya jasa-jasa ekosistem. Kriteria dapat mengacu pada kapasitas untuk melepas praktek-praktek yang meningkatkan tekanan pada ekosistem dan kapasitas untuk menerapkan adaptasi hutan.

antara manusia dan kerentanan biofisik dan dinamika kompleks dari sistem manusia-lingkungan.

Karena penilaian kerentanan harus mempertimbangkan kerentanan sektor-sektor bersama-sama dengan kerentanan ekosistem tempat mereka bergantung, kebijakan adaptasi juga harus melakukan hal yang sama. Langkah-langkah adaptasi tidak boleh terbatas hanya pada tindakan teknis dan sosio-ekonomi di dalam sektor. Namun ia juga harus meluas mempertimbangkan pengelolaan ekosistem sebagai pilihan adaptasi. Sebagai contoh, pembangkit listrik tenaga air atau fasilitas air minum yang menghadapi masalah endapan tanah atau kualitas air bisa berpartisipasi dalam pengelolaan hutan bagian hulu. Ini lebih baik daripada menanamkan uang mencari solusi penyaringan secara teknis atau perlakuan kimia. Tanggapan terhadap kebijakan adaptasi menghubungkan hutan dengan sektor-sektor lain dibahas di bagian selanjutnya.

3.3. Memasukkan hutan tropis dalam kebijakan adaptasi

Kebijakan adaptasi dibutuhkan untuk memfasilitasi adaptasi hutan tropis dan meningkatkan peran hutan bagi adaptasi masyarakat. Memasukkan hutan tropis ke dalam kebijakan adaptasi harus mengikuti dua tujuan berikut: pertama, mempromosikan adaptasi bagi hutan tropis, dengan mendorong pengelolaan hutan adaptasi dan kedua, mempromosikan hutan tropis untuk adaptasi, dengan menghubungkan hutan dengan sektor-sektor yang mendapat keuntungan dari jasa-jasa ekosistem.

Kebutuhan untuk menyertakan adaptasi hutan ke dalam kebijakan

Sebagaimana diterangkan dalam bagian sebelumnya, adaptasi teknis dan kemasyarakatan dibutuhkan untuk mengurangi kerentanan sistem manusia-lingkungan terhadap perubahan iklim. Walaupun kebutuhan akan adaptasi hutan dan manusia terhadap perubahan iklim terdokumentasi dengan baik, masih ada kekurangan dalam proses kebijakan adaptasi pada tingkat nasional. Keragu-raguan dalam perencanaan kebijakan dan program adaptasi seringkali dihubungkan dengan kurangnya informasi, ketidakpastian tentang arah yang 'pasti' dari perubahan iklim dan 'jeram ketidaktahuan'. Hal ini juga berkaitan dengan pilihan politik untuk memperoleh keuntungan ekonomi dalam jangka pendek, serta kondisi saling-tawar yang terasa di antara sektor yang berbeda. Ancaman seperti perubahan dan variabilitas iklim tidak cukup memadai dimasukkan dalam strategi nasional (Mortimore dan Manvell 2006).

Ada suatu argumentasi yang kuat bahwa tata pemerintahan dengan struktur, mekanisme dan institusi-institusinya adalah kunci penentu bagi kapasitas adaptif (Adger *et al.* 2004; Brooks *et al.* 2005), karena ia menentukan kerangka dimana adaptasi terjadi atau dimana adaptasi dibutuhkan. Dalam konteks ini, kebijakan pembangunan nasional dan struktur pemerintah yang direvisi harus memungkinkan adaptasi di berbagai skala. Karenanya, kita perlu memasukkan adaptasi ke dalam kebijakan pembangunan nasional, program-program dan intervensi untuk mengurangi kerentanan dari sistem ekologi dan sosial (Huq *et al.* 2003; DFID 2006; UNFCCC 2007; lihat Lampiran untuk diskusi tentang pro dan kontra mengenai penyertaan adaptasi ke dalam pembangunan).

Letak hutan dalam Kebijakan adaptasi

Kebutuhan untuk memasukkan hutan ke dalam kebijakan adaptasi menjadi lebih jelas ketika menelaah komunikasi nasional dan rencana aksi untuk adaptasi disiapkan dalam UNFCCC (lihat Lampiran untuk pengantar pada komunikasi nasional dan rencana adaptasi di bawah UNFCCC), dimana peran hutan untuk adaptasi dan pentingnya adaptasi untuk hutan guna mengurangi kerentanan belum digambarkan dengan baik (UNFCCC 2008). Hutan memainkan peran kedua (seandainya memang ada) dalam kebijakan adaptasi (Kalame *et al.* dalam persiapan), walau adanya kepentingan mereka akan mata pencaharian dan lintas hubungan dengan sektor lain. Dalam banyak hal, hutan dan kehutanan tidaklah menjadi prioritas dalam National Adaptation Programmes of Actions/Program Adaptasi Nasional untuk Aksi (NAPAs). Namun, banyak contoh strategi adaptasi yang memang memasukkan kehutanan, seperti penurunan bahaya akibat perubahan iklim melalui aforestasi wilayah pantai di Bangladesh, pencegahan kebakaran hutan di Samoa, konservasi daerah tangkapan hujan dengan reforestasi di Haiti dan beberapa contoh di Afrika Barat (lihat Kotak 7).

Dalam NAPAs dan komunikasi nasional yang disampaikan ke UNFCCC, kebutuhan adaptasi yang teridentifikasi di sektor hutan terkait dengan adaptasi teknis (misalnya sistem informasi untuk inventori hutan) dan masyarakat (misalnya pembangunan kemampuan/kapasitas bagi komunitas dan negara). Kegiatan-kegiatan yang diajukan seringkali terkait dengan peningkatan berbasis pasar misalnya, pengembangan hasil hutan bukan kayu dan pada peninjauan tata pengelolaan hutan dan rencana-rencana konservasi atau pendirian baru. Kebanyakan komunikasi nasional dan rencana aksi untuk adaptasi mengidentifikasi kurangnya kapasitas sumberdaya manusia dan finansial sebagai hambatan untuk suksesnya adaptasi.

Kotak 7. Kebijakan-kebijakan aforestasi dan reforestasi terhadap perubahan iklim di Afrika Barat

oleh Fobissie Kalame

Afrika Barat mengalami kekeringan yang berulang, desertifikasi dan deforestasi dan percepatan degradasi hutan dan lingkungan, yang mengakibatkan pengurangan kesuburan tanah, produktivitas tanaman pangan dan hutan, terjadinya kelaparan dan kemiskinan yang ekstrim, sehingga meningkatkan kerentanan ekosistem dan komunitas.

Sebagian besar pemerintahan Afrika Barat telah menanggapi degradasi hutan dengan mengembangkan strategi untuk aforestasi dan deforestasi dengan dua tujuan: 1) menyediakan jasa-jasa ekosistem untuk melawan desertifikasi dan degradasi lingkungan, dan 2) memperbaiki penyusutan hutan dan aset-aset berbasis pohon yang menjadi tempat bergantung komunitas lokal (misalnya hasil hutan bukan kayu, kayu atau kayu bakar).

Di Ghana, sebagai contoh, *'Forest and Wildlife Policy/Kebijakan Hutan dan Margasatwa'* tahun 1994 menekankan pada kebutuhan akan inisiatif reforestasi tingkat komunitas, swasta dan negara untuk memperbaiki sumberdaya hutan yang terdegradasi. *'Forestry Code/Prinsip Kehutanan'* di Burkina Faso tahun 1997 juga menjelaskan tentang wilayah terdegradasi yang akan direforestasi, diaforestasi dan diregenerasi untuk melindungi hutan dan lingkungan. Proyek '8000 desa—8000 hutan' (1994-1997) dan 'Kampanye Reforestasi Nasional' (2003-2012) adalah contoh-contoh dari program reforestasi skala besar di Burkina Faso.

Banyak dari program-program aforestasi/reforestasi menggunakan spesies-spesies tanaman yang multiguna, cepat tumbuh, tahan kekeringan, dan tahan api. Tantangan besar berada di level penerapan dengan isu-isu partisipasi lokal dan tidak memadainya sumberdaya manusia, materi dan finansial.

Walaupun tidak dinamakan sebagai langkah adaptasi perubahan iklim, aktivitas-aktivitas aforestasi/reforestasi yang didorong oleh kebijakan hutan bisa berkontribusi untuk mengurangi kerentanan lokal. Akhir-akhir ini, NAPAs (Program Adaptasi Nasional untuk Aksi) di beberapa negara (misalnya, Burkina Faso dan Mali) telah merekomendasikan aforestasi/reforestasi sebagai suatu langkah adaptasi. Karenanya, kebijakan hutan nasional perlu meluruskan tujuan mereka dengan fokus adaptasi perubahan iklim yang jelas.

Untuk mendapatkan hal-hal yang diperlukan dan aktivitas yang telah diidentifikasi ini, gabungan kebijakan diajukan dalam NAPAs dan komunikasi nasional dengan menggunakan instrumen peraturan (contohnya, revisi dari undang-undang hutan yang telah ada, penegakan hukum untuk perlindungan dan konservasi hutan), instrumen yang berbasis insentif dan ekonomi

(misalnya, instrumen pasar untuk hasil hutan bukan kayu, pembayaran bagi jasa ekosistem hutan, pajak), dan instrumen kebijakan berbasis informasi (misalnya, aktivitas pengembangan kapasitas untuk badan-badan pemerintah dan pemakai hutan). Penekanannya adalah pada instrumen peraturan serta instrumen dan langkah-langkah yang berbasis informasi, tergantung pada bentuk tata pengelolaan (secara hirarki, pasar dan jejaring) dan pada struktur tata pengelolaan yang mana (struktur tradisional, bawah-ke-atas, pengelolaan bersama, desentralisasi, sentralisasi, swasta) adaptasi harus diterapkan.

Namun, kebijakan adaptasi nasional mengajukan instrumen dan langkah-langkah kebijakan yang seperti biasa tanpa menganalisa 'pelajaran yang diperoleh' dari kegagalan yang lalu dalam sektor hutan. Ada faktor-faktor lain juga yang bisa menjelaskan kenapa kebijakan adaptasi nasional belum juga berhasil dalam memasukkan adaptasi dan mengintegrasikan hutan, walau ada usaha-usaha yang dilakukan dalam komunikasi nasional dan NAPAs.

Pertama, pendekatan regulasi seringkali gagal sebagai akibat dari kekurangan atau tidak adanya penerapan dan penegakan hukum dalam konteks institusi dan politik di negara-negara berkembang. Pengalihan sumberdaya hutan ke skala lokal juga menghadapi kegagalan besar (Agrawal dan Ribot 1999; Colfer 2005; Ribot *et al.* 2006; Tacconi 2007). Dalam makalahnya tentang sejarah pengelolaan hutan di Afrika Barat, Ribot (2001) memperlihatkan bahwa, meskipun di bawah pemerintahan desentralisasi, pengelolaan hutan dan keuntungannya akan tetap terpusatkan bila partisipasi lokal hanya terbatas pada tanggung jawab saja tanpa hak-hak. Para pelaku dan struktur dari skala-skala lainnya (misalnya komunitas donor) juga nampaknya telah mengkonfirmasi pengelolaan sentralisasi, menerima monopoli pemerintah dalam menentukan jalan yang benar untuk mengelola dan memanfaatkan hutan dan karenanya menolak hak-hak lokal dan menghalangi pembangunan kapasitas adaptif lokal (Ribot 2001).

Kedua, hubungan antara kebijakan adaptasi dan proses politik lain yang sedang berlangsung serta isu-isu yang memiliki relevansi politik yang tinggi, seperti reformasi hak penggunaan tanah, hak atas kepemilikan dan akses ke sumberdaya alam jarang sekali dilakukan walaupun hak dan kepemilikan sumberdaya alam dianggap sebagai kunci dari pengaturan hutan dan kemampuan adaptasi (Agrawal *et al.* 2008). Kompleksitas dari ajang kebijakan hutan dan adaptasi menyebabkan tidak adanya hubungan antara hutan dan adaptasi.

Yang terakhir dan mungkin yang paling penting, tidak ada koordinasi horizontal dan vertikal di antara institusi yang terkait dalam perancangan

kebijakan adaptasi. Koordinasi seringkali terputus dari skala lokal, dimana adaptasi seharusnya terjadi (Agrawal 2008; Brockhaus dan Kambire menyusun).

Kegagalan dan kekurangan dalam tata pemerintahan hutan bagi pengelolaan hutan yang berkelanjutan—yang telah teramati di masa lalu bahkan tanpa penggerak yang sekarang semakin jelas sekali seperti perubahan iklim dan kebutuhan yang timbul untuk adaptasi—belum dipertimbangkan dalam kebijakan adaptasi nasional, yang mungkin akan berakibat pada semakin tingginya kerentanan bagi hutan dan masyarakat dan sektor yang bergantung pada hutan.

Karenanya, pendekatan kebijakan yang inovatif dibutuhkan untuk mengenal kedua kebutuhan akan kebijakan adaptasi yang mendorong adaptasi pengelolaan hutan dan kebutuhan akan kebijakan yang mengaitkan sektor-sektor lain yang memperoleh keuntungan dari jasa ekosistem hutan dalam adaptasi hutan.

Kebijakan yang mendorong adaptasi untuk hutan

Kebijakan nasional yang bertujuan untuk mendorong adaptasi hutan terhadap perubahan iklim harus mengikuti banyak tujuan. Pertama, kebijakan tersebut harus mengurangi ancaman-ancaman non-iklim terhadap hutan; sebagai contoh, insentif terhadap biofuel atau tanaman lain yang bersaing dengan lahan hutan. Kedua, kebijakan harus mendorong pengambilan keputusan berskala besar bagi pengelolaan hutan atau lebih umum lagi keragaman hayati. Pendekatan bentang alam yang lebih besar dibutuhkan untuk merancang dan menerapkan langkah-langkah adaptasi hutan (Hansen *et al.* 2003). Ketiga, kebijakan konservasi harus secara jelas memasukkan perubahan iklim sebagai penggerak perubahan (Hannah *et al.* 2002; Killeen dan Solórzano 2008). Sebagai contoh, rancangan sistem nasional tentang wilayah yang dilindungi dan koridor biologi harus mempertimbangkan kerentanan dari ekosistem yang dilindungi dan peran dari koridor dalam memfasilitasi perpindahan spesies di bawah skenario perubahan iklim (IUCN 2003). Keempat, kebijakan harus mencoba mendorong untuk berbagi informasi tentang adaptasi hutan dan membangun sistem monitoring akan dampak perubahan iklim terhadap hutan. Masyarakat harus diikuti sebagai target untuk diseminasi informasi dan timbulnya kesadaran. Kelima, kebijakan hutan harus mendorong kemitraan dalam sektor hutan secara luas (pemangku kepentingan hutan lokal, sektor swasta hutan, lembaga-lembaga hutan pemerintah, ilmuwan hutan dari ilmu alam dan ilmu sosial, LSM-LSM pembangunan dan konservasi, lembaga internasional yang menangani isi-isu kehutanan). Keenam, karena pilihan adaptasi di skala lokal

sering dibatasi oleh kemampuan finansial dan institusional (Agrawal 2008), kebijakan harus mempunyai tujuan untuk memperkuat institusi lokal, melalui pembangunan kapasitas dan pendanaan.

Banyak hambatan yang bisa diidentifikasi saat menjelang penerapan kebijakan sejenis, sebagaimana bisa dilihat dari pengalaman lama tentang kebijakan hutan. Namun, ancaman perubahan iklim bisa menjadi katalisator untuk mencapai pengelolaan hutan yang lebih baik atau konservasi, terutama bila para pelakunya yang memperoleh keuntungan dari jasa-jasa ekosistem hutan di berbagai skala dilibatkan dalam proses tersebut.

Kebijakan yang mendorong hutan untuk adaptasi

Sebagaimana dijelaskan sebelumnya, jasa-jasa ekosistem hutan merupakan hal yang penting bagi mata pencaharian masyarakat setempat, bagi pembangunan sektoral dan lintas sektoral, nasional dan subnasional, dan untuk komunitas internasional. Sektor-sektor yang tergantung pada jasa-jasa ekosistem hutan saat ini tidak terlibat dalam adaptasi hutan. Pengelolaan sumberdaya alam seringkali dilakukan oleh pemangku kepentingan dengan sedikit (bila ada) hubungan dengan mereka yang memperoleh keuntungan dari jasa-jasa ekosistem atau yang menanggung konsekuensi dari hilangnya jasa-jasa ekosistem. Pada pengelolaan daerah aliran sungai dan wilayah pantai, sektor-sektor ataupun para pemangku kepentingan yang memperoleh keuntungan dari kualitas air yang disediakan oleh hutan di daerah hulu atau perlindungan dari badai yang disediakan oleh hutan bakau harus terlibat dalam pembuatan keputusan dan dalam pengelolaan ekosistem (lihat Kotak 8).

Dengan pandangan multiskala, dari global hingga lokal, banyak institusi-institusi dan sektor-sektor lebih mengkhawatirkan adaptasi hutan: sebagai contoh, dana adaptasi internasional (lihat Lampiran), dana-dana mitigasi dan mekanisme untuk melindungi karbon yang tersimpan di hutan, dana keanekaragaman hayati internasional, lembaga-lembaga nasional yang terlibat dalam pencegahan bencana atau pemberantasan kemiskinan, LSM-LSM konservasi dan pembangunan, sektor swasta yang memperoleh keuntungan dari keindahan pemandangan atau keanekaragaman hayati untuk ekoturisme atau dari air bersih untuk tujuan industri, dan pengguna lokal air dan hasil hutan. Kebijakan adaptasi harus bertujuan menghubungkan para pelaku ini dengan mereka yang terlibat dalam pengelolaan atau konservasi hutan. Andil dari para pelaku non-hutan bisa dalam berbagai bentuk; sebagai contoh, partisipasi dalam pembuatan keputusan, pembangunan kapasitas, pengawasan dan pendanaan.

Kontribusi finansial dari para pelaku non-hutan bagi pengelolaan adaptasi hutan sangatlah penting. Instrumen kebijakan berbasis insentif seperti pembayaran bagi jasa-jasa lingkungan (PES) dapat memberi dampak positif bagi konservasi atau usaha-usaha pengelolaan berkelanjutan, dan berkontribusi pada adaptasi untuk hutan maupun untuk para pemakai jasa-jasa ekosistem. Namun, PES juga menghadapi tantangan yang berhubungan dengan penyediaan jasa (masalah pengukuran), pembayaran (uang dan non-uang), identifikasi pembeli dan penjual (swasta; umum), prosedur, institusi dan pemerintah (Wunder 2005). Walaupun pengalaman-pengalaman PES khususnya mengenai adaptasi belum didokumentasikan dengan baik, instrumen ini memiliki potensi sebagai pendanaan yang inovatif untuk langkah-langkah adaptasi mengintegrasikan konservasi hutan, pengelolaan adaptasi, reforestasi dan aforestasi.

Institusi yang mana?

Selain kebutuhan untuk merevisi kebijakan pembangunan nasional guna mencapai tujuannya, struktur pemerintah yang telah ada perlu direvisi agar kebijakan-kebijakan ini berhasil diterapkan.

Mengarusutamakan hutan ke dalam kebijakan adaptasi membutuhkan pendekatan-pendekatan lintas sektoral. Namun, integrasi kebijakan adaptasi antar sektor tetap menjadi tantangan (Adger *et al.* 2005b). Untuk mengatasi hambatan dalam perancangan dan penerapan kebijakan dan proses-proses adaptasi, institusi dan mekanisme yang berjenjang perlu memperhatikan interaksi lintas skala, tanpa meremehkan kemampuannya untuk mengorganisir diri sendiri di skala tertentu (Cash *et al.* 2006; Lebel *et al.* 2006). Walaupun demikian, ketidakseimbangan kekuasaan dalam jejaring lintas skala atau institusi bisa mengganggu pengelolaan berkelanjutan dari sumberdaya alam di skala lokal dan menghalangi perubahan akan adaptasi; sebagai contoh, ketika kekuasaan digunakan untuk mempertahankan keadaan tetap (*status quo*) (Adger *et al.* 2005a, b; Paavola dan Adger 2006; Armitage 2008).

Ada juga kebutuhan untuk mengembangkan institusi pembelajaran yang fleksibel dan bisa beradaptasi di segala tingkatan untuk menanggapi dinamika non-linier dari sistem sumberdaya alam dan manusia (Folke *et al.* 2005). Untuk mencapai tujuan tersebut, harus ada perhatian pada pembangunan kapasitas dan pembelajaran. Atribut dari kapasitas pemerintahan dan individu, organisasi atau komunitas untuk beradaptasi menentukan keberhasilan adaptasi terhadap perubahan iklim (Pelling dan High 2005). Pentingnya pengetahuan, pembelajaran dan pemikiran dianggap sebagai kunci bagi kapasitas adaptif diamini oleh hasil kerja yang lebih luas dalam hal perubahan di luar perdebatan iklim; misalnya, di literatur mengenai pengelolaan bersama yang adaptif untuk hutan (Colfer 2005; Armitage 2008).

Kotak 8. Memasukkan hutan ke dalam kebijakan adaptasi dan pembangunan di Filipina

oleh Rodel Lasco

Sedikit sekali pertimbangan tentang keseluruhan strategi adaptasi perubahan iklim dan berbagai pilihannya bagi ekosistem hutan Filipina.

Pengelolaan daerah aliran sungai, konservasi hutan dan partisipasi komunitas lokal yang besar dapat membantu dalam adaptasi perubahan iklim. Sebagai contoh, melindungi hutan yang telah ada memungkinkan penyesuaian alami terhadap rezim iklim yang baru. Keterlibatan komunitas lokal yang lebih banyak dapat meminimalkan biaya finansial adaptasi (ditanggung oleh lembaga pemerintah). Namun, perubahan iklim hampir tidak dipertimbangkan sama sekali dalam proses perencanaan pemerintah untuk sumberdaya hutan. Kekhawatiran yang lebih penting adalah menyelamatkan hutan yang tersisa dari eksploitasi manusia—ancaman yang segera terjadi.

Demi menanggapi kekurangan-kekurangan ini, suatu inisiatif di Filipina memperhatikan pentingnya pelaku individual sebagai perantara dan katalisator dalam ajang kebijakan tentang perubahan iklim dan adaptasi, juga kebutuhan untuk menghubungkan struktur pemerintahan setempat ke dalam proses nasional dan global untuk pengarusutamaan adaptasi dan hutan: Pusat Agroforestri Dunia (ICRAF) dalam kemitraan dengan Luntiang Pilipinas (Filipina Hijau, sebagai organisasi nasional yang diketuai oleh seorang pemerhati lingkungan dan senator yang berpengaruh, Loren Legarda), dengan dana awal dari GTZ, meluncurkan program Pohon untuk Kehidupan di tahun 2008. Program ini dirancang untuk mempromosikan pohon dan agroforestri untuk adaptasi dan mitigasi perubahan iklim secara nasional, dengan unit-unit pemerintah lokal (LGU) sebagai sasaran utama. Tujuan kunci program ini adalah meningkatkan kesadaran dan kapasitas LGU-LGU dan LSM-LSM nasional secara luas dalam memanfaatkan pohon-pohon dan agroforestri untuk meningkatkan adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. Ini merupakan pengakuan terhadap peran pohon-pohon dan agroforestri dalam meningkatkan ketangguhan petani-petani skala kecil terhadap dampak perubahan iklim.

Selain itu, Senator Legarda mengajukan undang-undang pada Senat Filipina pada bulan Agustus 2008, yang disebut Aksi Pengarusutamaan Adaptasi Perubahan iklim, di antara bagiannya adalah penggalakan hutan dan penanaman pohon untuk mitigasi dan adaptasi perubahan iklim.

Jejaring, aksi kolektif dan kapital sosial yang melekat juga merupakan kunci penentu untuk menanggapi perubahan dan untuk mencapai pengelolaan sumberdaya alam yang berkelanjutan (Adger 2003; Tompkins dan Adger 2004; Pelling dan High 2005).

Dukungan dan penguatan dari fitur-fitur pemerintahan tersebut bisa menjadi jalan menuju pencapaian tata kelola hutan yang adaptif pada perubahan iklim, seperti yang diperlihatkan Boyd (2008) untuk hutan Amazon.

Peran ilmu pengetahuan yang sesuai dengan kebijakan

Ilmu pengetahuan harus memainkan peran mendasar dalam mengarusutamakan hutan ke dalam kebijakan adaptasi karena bisa menjadi informasi bagi pembuat kebijakan tentang penilaian kerentanan, pengidentifikasian pilihan tanggapan dan perancangan strategi adaptasi. Penilaian kerentanan harus memprioritaskan tempat atau sektor dengan kerentanan tertinggi dan memperlihatkan bagaimana adaptasi hutan bisa berkontribusi mengurangi kerentanan dari para pelaku non-hutan.

Membangun dialog sains-kebijakan adalah hal penting. Bukti berdasarkan penelitian yang terus menerus perlu diterjemahkan menjadi bahasa yang sesuai untuk kebijakan dan ditempatkan ke dalam proses kebijakan. Namun, terdokumentasi dengan jelas bahwa pembuatan kebijakan tidak selalu berorientasi solusi dan berdasarkan bukti. Selain itu, penelitian ilmiah tidak selalu memenuhi kriteria kualitas seperti kredibilitas, orientasi solusi dan, khususnya, penyampaian tepat waktu (Sutcliffe dan Court 2006).

Untuk mencapai dialog sains-kebijakan dan merancang kebijakan adaptasi, ilmuwan harus menganalisa struktur dan jalur-jalur pada konteks institusi dan kebijakan tertentu untuk mengidentifikasi kebijakan yang mungkin dilakukan dan untuk mendukung proses-proses perubahan dan adaptasi yang berhasil. Pendekatan yang memadai harus memungkinkan pekerjaan di kedua hambatan utama dalam dialog sains-kebijakan ini secara terus menerus—pengetahuan yang tidak sesuai dan proses-proses kebijakan maladaptif (adaptif yang salah). Kerangka kerja penelitian kebijakan yang melibatkan para pelaku dan jejaring kebijakan harus membantu dalam menganalisa isi dan struktur dari ajang pembuatan keputusan khusus. Kerangka kerja seperti itu harus mempertimbangkan aktivitas penelitian biofisik dan sosioekonomis serta aksi pada saat yang sama, untuk secara aktif menginformasikan proses kebijakan itu sendiri (lihat contoh dalam Kotak 9).

Jalur-jalur yang teridentifikasi harus memungkinkan diatasinya hambatan-hambatan struktural dan perantara yang teridentifikasi bisa membantu dalam mengurangi kendala-kendala institusi (lihat Kotak 10). Ilmu pengetahuan itu sendiri bertindak sebagai perantara kebijakan dan jejaring ilmiah dalam wilayah tertentu dapat memanfaatkan kesempatan ini untuk memastikan bahwa hasil-hasil yang diperoleh dari penelitian antar disiplin diterjemahkan menjadi kebijakan.

Kotak 9. Kerangka kerja penelitian kebijakan para pelaku, pembuat keputusan dan jejaring kebijakan

Dalam proyek TroFCCA (Tropical Forests and Climate Change Adaptation/ Hutan Tropis dan Adaptasi Perubahan Iklim <http://www.cifor.cgiar.org/trofcca>), aktivitas penelitian kebijakan sangat berfokus pada kemampuan adaptasi dari pemangku kepentingan yang terlibat dalam proses pembuatan keputusan dan kebijakan lintas skala dan lintas sektor yang sesuai untuk hutan dan adaptasi terhadap perubahan iklim. Kerangka kerja itu terdiri dari pendekatan hubungan manusia-ekologi, dimana tiga bagian fase penelitian diterapkan serempak.

Fase 1 – Identifikasi bukti tentang pemaparan dan sensitivitas dari sistem tertentu: penelitian biofisik tentang ekosistem hutan dan jasa-jasanya yang dipengaruhi oleh perubahan iklim dikombinasikan dengan penelitian tentang sistem sosial yang dipengaruhi perubahan iklim secara langsung dan tidak langsung melalui perubahan dalam sebagian jasa-jasa semacam itu.

Fase 2 – Identifikasi kemampuan adaptasi dari sistem tersebut: kerangka institusi dan kebijakan dianalisa dengan menerapkan analisa kandungan kebijakan dan analisa pemangku kepentingan (persepsi, kesadaran resiko, sistem keyakinan, kapasitas (kemampuan)/fleksibilitas pembelajaran pribadi dan organisasi, pilihan kebijakan), termasuk analisa jejaring dimana para pelaku beroperasi dalam ajang pembuatan kebijakan atau keputusan untuk hutan dan adaptasi (jejaring informasi dan pengaruh).

Fase 3 – Kontribusi untuk memasukkan adaptasi dan hutan dengan mengidentifikasi pilihan dan dengan mendukung rancangan strategi adaptasi.

Dua fase pertama akan memfasilitasi rancangan dari strategi adaptasi bersama-sama dengan pemangku kepentingan lainnya dan memasukkan adaptasi ke dalam kebijakan pembangunan.

Hasil pertama dari Burkina Faso, Kosta Rika, Indonesia, Mali dan Filipina memastikan bahwa beberapa kegiatan bisa membantu mengidentifikasi jalur-jalur yang memungkinkan untuk menyertakan adaptasi ke dalam kebijakan, dan secara berkesinambungan menggerakkan perbaikan dari kapasitas adaptasi. Kegiatan-kegiatan ini adalah:

- Menganalisa struktur dan isi arena kebijakan
- Mengidentifikasi perantara dan penghubung, kelompok dan koalisi yang sudah ada
- Mencoba mengerti sistem yang diyakini para pelaku.

Kotak 10. Pembangkit listrik tenaga air, hutan dan adaptasi di Kosta Rika: Mendukung proses pengambilan keputusan yang adaptif

oleh Raffaele Vignola

Produksi listrik tenaga air adalah prioritas pembangunan Kosta Rika dan sangat rentan terhadap efek perubahan iklim. Sebuah studi kasus di daerah aliran sungai Reventazon memperlihatkan bahwa naiknya curah hujan dalam keadaan ekstrim akan meningkatkan tingkat erosi dan karenanya membuat keruh dam yang memiliki fungsi penting sebagai pembangkit listrik tenaga air. Dalam konteks ini, pengelolaan dataran tinggi curam yang tidak sesuai saat ini dapat meningkatkan anggaran yang memang sudah tinggi itu.

Kebijakan saat ini tidak cukup untuk menggerakkan suatu program bagi pengelolaan tanah secara berkelanjutan, serta untuk mempertahankan dan meningkatkan jasa-jasa yang disediakan oleh hutan. Sesungguhnya, skema pembayaran bagi jasa-jasa ekosistem tidak meliputi tataguna tanah bentang alam yang luas, termasuk pertanian, dan karenanya gagal untuk mempunyai dampak nyata dalam hal pengendalian erosi.

Namun, dalam rangka membangun institusi yang inovatif untuk mendanai dan mengelola jasa-jasa hutan bagi perlindungan tanah, pertama-tama kami perlu mengerti konteks biofisik dan mengkarakterisasi skenario potensial. Pada saat yang sama, kami mengkarakterisasikan minat, tujuan dan kendala-kendala para pemangku kepentingan, dan kemudian menggunakan skenario dan tujuan untuk melaksanakan suatu proses keputusan terstruktur di sekitar alternatif-alternatif yang ada. Selain itu, analisa mengenai peran dan posisi berbagai pelaku dalam jejaring informasi membantu dalam menentukan pelaku utama untuk memperlancar proses adopsi hasil keputusan yang diperoleh.

Sistem penggerak yang kompleks dengan berbagai faktor-faktor eksternal dan internal untuk perubahan tidak menyediakan jawaban sangat sederhana yang berdasar satu penyebab. Mencoba mengerti kompleksitas dari perubahan iklim, jasa-jasa ekosistem hutan dan adaptasi merupakan tantangan terhadap ilmu pengetahuan sebagaimana ia merupakan tantangan bagi pembuat kebijakan dan masyarakat sipil (lihat Kotak 11). Usaha-usaha lebih lanjut dibutuhkan oleh semua pelaku dalam arena kebijakan nasional dan subnasional dalam menerapkan kebijakan adaptasi yang efisien.

Kotak 11. Peran ilmu pengetahuan dalam mengkoordinasikan dan mendukung proses adaptasi di Afrika Barat

oleh Houria Djoudi, Hermann Kambire dan Maria Brockhaus

Hasil pertama analisa jejaring kebijakan yang sedang berjalan di Burkina Faso mengindikasikan celah informasi antara badan koordinasi untuk adaptasi pada struktur tata pemerintahan skala nasional dan subnasional. Selain itu, tidak ada koordinasi horizontal untuk adaptasi dan hutan baik di level nasional maupun lokal, dan hubungan dengan institusi lokal (biasanya, institusi terpilih dan badan negara seperti jawatan-jawatan) sering kali terputus. Jendela kesempatan—seperti proses desentralisasi dan pengalihan sumberdaya hutan kepada skala lokal—tetap tidak dimanfaatkan untuk mendukung usaha-usaha adaptasi di skala lokal (Brockhaus dan Kambire menyusul).

Lokakarya tentang penguasaan lokal, hutan dan kapasitas adaptif di kotamadya di barat daya Burkina Faso, dengan para pelaku dari skala yang berbeda, menghasilkan suatu platform untuk berbagi pengetahuan dan pembelajaran tentang hutan dan adaptasi terhadap perubahan iklim. Usaha-usaha untuk berkontribusi pada koordinasi vertikal adaptasi, juga dukungan bagi pemerintahan lokal dan koordinasi horizontal dalam proses pembuatan keputusan yang berhubungan dengan perubahan iklim dan hutan, sedang berlangsung. Namun demikian, institusi dan konteks kebijakan yang tidak adaptif bisa menghalangi keberhasilan adaptasi karena tidak adanya kemampuan dan struktur untuk pembelajaran, dan tidak adanya pengetahuan (ditekankan selama lokakarya ini serta lokakarya lain di Burkina faso dan Mali). Penelitian perbandingan di dua kotamadya di Burkina Faso memperlihatkan bahwa pemahaman masing-masing menentukan atas adaptasi apa yang bisa dilaksanakan dan ditawarkan oleh struktur pemerintahan tertentu. Realita terputusnya kelembagaan dan hukum di lapisan berbeda, serta pandangan pertimbangan keuntungan dan kerugian di antara sektor-sektor dapat menjadikan wilayah-wilayah, sektor-sektor dan sebagian dari populasi terpinggirkan (Brockhaus dan Kambire menyusul).

Penelitian yang sedang berlangsung tentang adaptasi pada pertemuan sisi antara jasa-jasa ekosistem hutan dan sistem peternakan di Mali memperlihatkan kesulitan untuk berhasilnya adaptasi di wilayah terpencil dan wilayah tanpa perwakilan pemerintahan, terutama dalam konteks dimana program-program pembangunan dan intervensi belum lagi memperhitungkan perubahan iklim dan belum memasukkan adaptasi ke dalam rancangan proyek (Brockhaus dan Djoudi 2008). Dalam situasi ini, aktivitas-aktivitas proyek yang berada pada pertemuan sisi antara ekosistem hutan dan sistem-sistem peternakan bisa saling berlawanan dan menihilkan strategi-strategi dan usaha-usaha adaptasi lokal yang ada. Karenanya, pendekatan penelitian yang terintegrasi diterapkan, dimana ilmu pengetahuan bisa menjembatani skala lokal dan nasional.



4 Kesimpulan

- Karena hutan tropis rentan terhadap perubahan iklim, praktek pengelolaan dan konservasi harus mengintegrasikan ancaman perubahan iklim dan bertujuan untuk mengurangi kerentanan. Pilihan-pilihan adaptasi telah didefinisikan untuk melindungi hutan dari gangguan atau untuk memfasilitasikan perpindahan atau ‘evolusi’ hutan menuju keadaan baru yang telah menyesuaikan dengan kondisi iklim yang telah berubah.
- Hutan-hutan tropis menyediakan jasa-jasa penyediaan, pengaturan dan budaya yang penting yang membantu kesejahteraan manusia pada skala lokal dan global. Meningkatnya degradasi dan menurunnya kapasitas ekosistem untuk menyediakan jasa-jasa menjadi kekhawatiran utama bagi pembangunan berkelanjutan dan kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim, karena jasa-jasa ekosistem membantu mengurangi paparan atau sensitivitas dan meningkatkan kemampuan adaptasi sebagian besar sektor di masyarakat. Karenanya, penilaian kerentanan harus mempertimbangkan kerentanan sektor-sektor ini selain kerentanan dari ekosistem tempat mereka bergantung.
- Langkah-langkah adaptasi harus diterapkan dan kebijakan harus dirancang untuk memfasilitasi adaptasi hutan tropis dan untuk meningkatkan peran hutan bagi adaptasi masyarakat. Selain itu untuk mengarusutamakan adaptasi ke dalam pembangunan, hutan perlu dipertimbangkan dalam strategi adaptasi. Kebijakan nasional harus mendorong adaptasi untuk hutan—kebijakan adaptasi yang mendorong pengelolaan hutan adaptasi. Pada saat yang sama, mereka harus mendukung hutan untuk adaptasi—mengenal peran hutan dalam mengurangi kerentanan masyarakat dan dengan memasukkan sektor-sektor yang memperoleh keuntungan

dari jasa-jasa ekosistem hutan dalam adaptasi hutan (misalnya, dengan melibatkan semua pemangku kepentingan dalam perencanaan dan penerapan adaptasi hutan).

- Memasukkan hutan ke dalam kebijakan adaptasi membutuhkan pendekatan lintas sektoral; namun, integrasi dari kebijakan adaptasi lintas sektor masih menjadi suatu tantangan. Untuk mencapai adaptasi di segala tingkatan dan sektor, institusi-institusi yang adaptif, fleksibel dan mau belajar dibutuhkan di semua skala untuk menanggapi dinamika non-linier dari sumberdaya alam dan sistem manusia. Sejumlah perubahan institusi juga dibutuhkan. Pengelola/manajer di semua tingkatan perlu mengerti mekanisme yang memungkinkan penduduk setempat mengadaptasi sistem mereka sendiri. Menerapkan adaptasi hutan tidak harus dimulai dari nol, tetapi dibangun dari berbagai pengalaman yang ditujukan pada pengelolaan adaptif dan kolaboratif, mengenali kebutuhan akan hubungan dan saling dukung antar tingkatan. Demi keberhasilan mengarusutamakan hutan ke dalam kebijakan adaptasi, ilmu pengetahuan harus memainkan peran mendasar dalam ajang kebijakan ini.



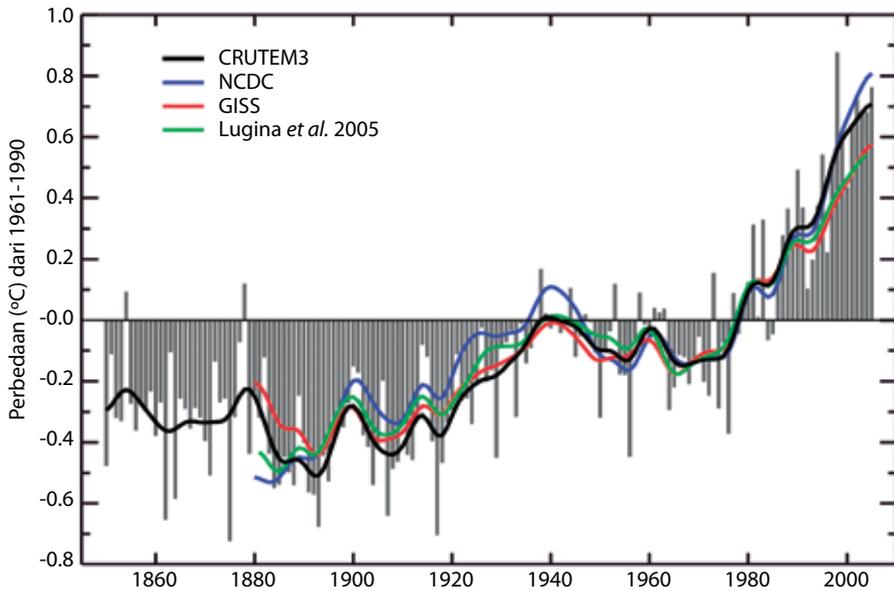
Lampiran: Mengenal adaptasi

Lampiran ini menjelaskan informasi umum tentang skenario iklim (bagian A.1), mendefinisikan konsep-konsep kerentanan (A.2), dan adaptasi (A.3), dan menjelaskan kebijakan dan pendanaan internasional untuk adaptasi (A.4).

A.1. Skenario perubahan iklim di daerah tropis

Catatan suhu darat dan laut dunia dikombinasikan dalam urutan waktu sejak tahun 1850 hingga 2005 memperlihatkan suatu kecenderungan peningkatan dari rata-rata suhu permukaan global (lihat Gambar 5) (Brohan *et al.* 2006). Dua belas dari tiga belas tahun terpanas di urutan tersebut terjadi antara tahun 1995 dan 2007, dan dekade 2000an *sangat mungkin*¹ untuk menjadi lebih panas daripada tahun 1990an, dekade genap yang paling panas dalam urutan. Kenaikan suhu total sejak 1850-1899 hingga 2001-2005 adalah $0,76 \pm 0,19^\circ$ (IPCC 2007). Menurut Laporan Kajian Keempat IPCC (IPCC 2007), konsentrasi gas-gas rumah kaca yang disebabkan oleh kegiatan manusia (GHG) *sangat mungkin* menjadi penyebab pemanasan di abad 20. Dengan tren pembangunan saat ini serta kebijakan mitigasi perubahan iklim, emisi gas

¹ Mengikuti Laporan Kajian Keempat IPCC (IPCC 2007), istilah-istilah berikut telah digunakan untuk mengindikasikan tingkat peluang kejadian/hasil: hampir pasti (virtually certain) >99% peluang kejadian, sangat-sangat mungkin (extremely likely) >95%, sangat mungkin (very likely) >90%, mungkin (likely) >66%, lebih mungkin daripada tidak (more likely than not) >50%, antara mungkin dan tidak (about as likely as not) 33-66% peluang, tidak mungkin (unlikely) <33%, sangat tidak mungkin (very unlikely) <10%, sangat-sangat tidak mungkin (extremely unlikely) <5%.

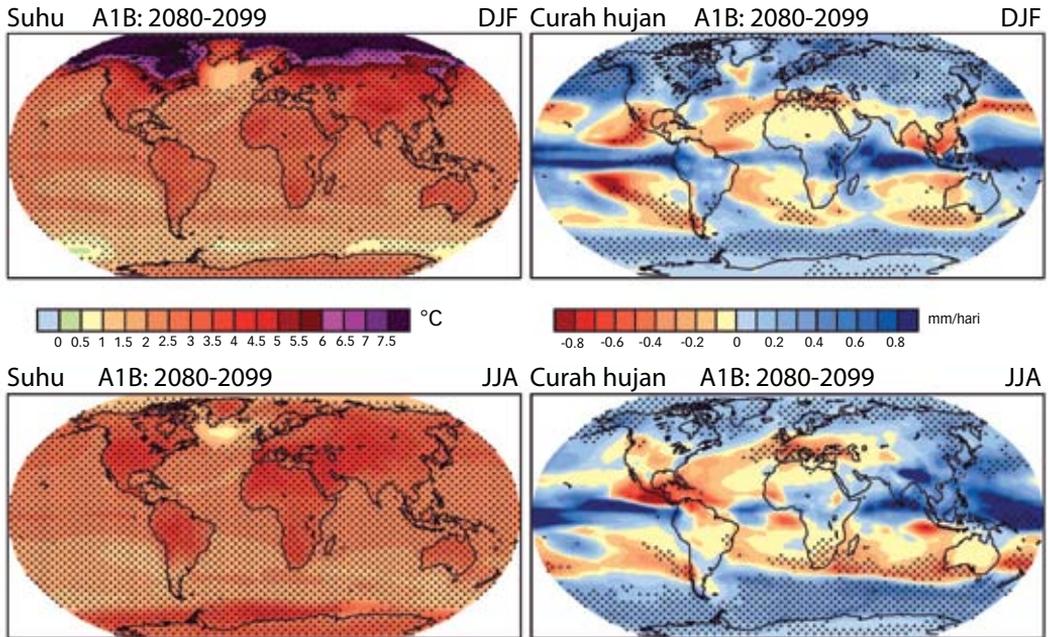


Gambar 5. Anomali tahunan dari suhu udara permukaan tanah global (°C), 1850 hingga 2005, relatif terhadap rata-rata 1961–1990 untuk CRUTEM3 (diperbaharui dari Brohan *et al.* 2006). Kurva halus menunjukkan variasi sepuluh tahunan menurut beberapa set data yang berbeda (Trenberth *et al.* 2007)

rumah kaca global (GHG) akan terus berkembang selama beberapa dekade. Model-model iklim memperkirakan peningkatan rata-rata pemanasan sekitar $0,2^\circ$ per dekade hingga pertengahan tahun 2020an untuk kisaran semua skenario emisi (IPCC 2007).

Memperkirakan iklim masa mendatang diperlukan untuk menilai dampaknya dan kerentanan dari sistem-sistem lingkungan, ekonomi dan sosial. Iklim masa depan sangat tergantung pada emisi gas rumah kaca (GHG), yang tergantung pada banyak faktor yang tidak pasti seperti demografi, konsumsi, teknologi, kebijakan dan sikap terhadap lingkungan. Karena alasan ini, pola iklim di masa depan disimulasikan menggunakan perkiraan-perkiraan tentang kondisi sosio-ekonomi masa depan yang diyakini benar serta emisi gas rumah kaca terkait. Model iklim numerikal yang kompleks mewakili proses-proses fisik dari sistem iklim merupakan satu-satunya alat yang bisa dipercaya saat ini untuk mensimulasikan reaksi dari sistem iklim global terhadap meningkatnya konsentrasi GHG (Randal *et al.* 2007).

Menurut IPCC (2007), proyeksi pemanasan permukaan bumi rata-rata pada akhir abad 21 adalah $4,0^\circ$ (*mungkin* berkisar antara $2,4$ – $6,4^\circ$) untuk skenario



Gambar 6. Rata-rata perubahan pada suhu permukaan udara multimodel ($^{\circ}\text{C}$, kiri) dan curah hujan (mm/hari, kanan) untuk musim dingin di belahan utara bumi (DJF, atas) dan musim panas (JJA, bawah). Perubahan diberikan untuk skenario SRES A1B, untuk periode 2080 hingga 2099 relatif terhadap 1980 hingga 1999. Pola titik-titik menandakan wilayah dimana besarnya rata-rata keseluruhan anggota multimodel ini melebihi deviasi standar dari intermodel (Meehl *et al.* 2007).

emisi tinggi A1FI² dan $1,8^{\circ}$ (*mungkin berkisar antara $1,1 - 2,9^{\circ}\text{C}$ untuk skenario emisi rendah B1, relatif terhadap akhir abad 20. Proyeksi kenaikan permukaan air laut global pada akhir abad 21 bervariasi dari 0,18 hingga 0,59 meter untuk skenario yang sama. Semua model memperlihatkan kenaikan rata-rata curah hujan global (IPCC 2007). Kenaikan dalam jumlah curah hujan *mungkin terjadi di wilayah-wilayah tropis dan lintang yang tinggi (lihat Gambar 6), sementara penurunan *mungkin terjadi di wilayah-wilayah sub-tropis dan garis lintang menengah sebagai konsekuensi dari intensifikasi siklus hidrologi global secara umum (Solomon *et al.* 2007).***

² A1FI dan B1 adalah skenario dari Laporan Spesial IPCC tentang Skenario Emisi (SRES) (Nakicenovic dan Swart 2000). Ada banyak skenario yang dikelompokkan dalam enam penandaan yang umum digunakan sebagai penilaian, dari skenario emisi yang tertinggi sampai yang terendah: A1F1, A1T, A1B, A2, B1 dan B2.

Wilayah tropis di Afrika, Asia Tengah dan Amerika Tengah pada akhir abad 21 *mungkin* dan *sangat mungkin* memanas lebih cepat daripada rata-rata pemanasan global tahunan (Christensen *et al.* 2007). Proyeksi perubahan curah hujan tahunan bervariasi di seluruh wilayah tropis (lihat Gambar 6). Curah hujan di Afrika Timur dan selama musim panas monsun di Asia Selatan dan Asia Tenggara *mungkin* meningkat (Christensen *et al.* 2007). Curah hujan tahunan di Amerika Tengah *mungkin* menurun—wilayah ini adalah wilayah tropis yang paling jelas perubahan iklimnya sebagaimana didefinisikan oleh Giorgi (2006). Bagaimana curah hujan di Sahel Afrika dan di Amazon akan berubah tidaklah jelas (lihat Tabel 3). Di banyak tempat, intensitas curah hujan diproyeksikan meningkat, bahkan bagi wilayah-wilayah dimana curah hujan rata-ratanya menurun—akan terjadi periode yang lebih panjang antara kejadian-kejadian hujan.

Puncak intensitas angin dari badai tropis *mungkin* meningkat—sebagaimana ditemukan melalui model tertanam resolusi tinggi serta model-model global (9 km hingga 100 km jarak titik kisi)—khususnya di daerah tropis Asia Tenggara dan Asia Selatan, membawa hujan yang ekstrim (Christensen *et al.* 2007). Proyeksinya menunjukkan penurunan frekuensi badai tropis yang lemah dan peningkatan dalam jumlah badai angin tropis yang kuat, tetapi dengan *keyakinan rendah* ³ (Meehl *et al.* 2007).

El Niño adalah suatu fenomena iklim penting yang dihasilkan di Samudera Pasifik yang menyebabkan berbagai dampak terhadap wilayah-wilayah tropis dan subtropis pada skala waktu antar tahunan. Mekanisme-mekanisme skala besar lainnya juga mendorong Mode Dipol Samudera India (*Indian Ocean Dipole Mode*) (Saji *et al.* 1999; Vinayachandran *et al.* 2002) dan Osilasi Atlantik Utara (*North Atlantic Oscillation*) (Salinger 2005). Catatan iklim masa lalu menunjukkan bahwa kejadian El Niño lebih sering terjadi dan lebih kuat sejak pertengahan tahun 1970 (Trenberth dan Hoar 1996). Meskipun terdapat perubahan yang signifikan dalam model iklim, masih terdapat ketidakpastian yang besar mengenai amplitudo dan variabel El Niño (Meehl *et al.* 2000, 2007).

3 Mengikuti Laporan Kajian Keempat IPCC (IPCC 2007), istilah-istilah berikut telah digunakan untuk mengindikasikan tingkat kepercayaan terhadap kebenaran: keyakinan sangat tinggi (*very high confidence*) mewakili keadaan setidaknya 9 dari 10 peluang adalah benar, keyakinan tinggi (*high confidence*) mewakili keadaan sekitar 8 dari 10 peluang adalah benar, keyakinan sedang (*medium confidence*) mewakili keadaan sekitar 5 dari 10 peluang adalah benar, keyakinan rendah (*low confidence*) mewakili keadaan sekitar 2 dari 10 peluang adalah benar, keyakinan sangat rendah (*very low confidence*) mewakili keadaan kurang dari 1 dari 10 peluang adalah benar.

Tabel 3. Tren perubahan iklim di tiga benua, menurut IPCC(Christensen *et al.* 2007)

Variabel	Tempat	Keyakinan	Tren
Afrika			
Suhu	Di seluruh benua	Sangat mungkin	Pemanasan lebih besar daripada rata-rata tahunan pemanasan global di semua musim
Suhu	Wilayah subtropis yang lebih kering	Sangat mungkin	Pemanasan lebih tinggi dari pada daerah tropis yang lebih lembab
Curah hujan	Kebanyakan dari Mediterania Afrika dan bagian utara Sahara	mungkin	Penurunan dalam curah hujan tahunan
Curah hujan	Afrika Selatan	Mungkin	Penurunan curah hujan di banyak curah hujan musim dingin dan tepi bagian barat
Curah hujan	Afrika Timur	mungkin	Peningkatan rata-rata curah hujan tahunan
Curah hujan	Sahel, Pantai Guinea, dan bagian selatan Sahara	Tidak jelas	Tren curah hujan tidak jelas
Asia			
Suhu	Asia tengah, Plato Tibet dan bagian utara Asia	Mungkin	Memanas jauh di atas rata-rata global
Suhu	Bagian timur dan selatan Asia	Mungkin	Memanas di atas rata-rata global
Suhu	Asia Tenggara	Mungkin	Memanas menyamai rata-rata global
Curah hujan	Bagian utara Asia dan Plato Tibet	Sangat mungkin	Peningkatan curah hujan selama musim dingin di belahan utara bumi
Curah hujan	Bagian timur Asia dan bagian selatan dari Asia Tenggara	Mungkin	Peningkatan curah hujan selama musim dingin di belahan utara bumi
Curah hujan	Asia bagian utara, Timur dan Selatan, kebanyakan Asia Tenggara	Mungkin	Peningkatan curah hujan selama musim panas
Curah hujan	Asia Tengah	Mungkin	Penurunan curah hujan di musim panas
Kondisi Ekstrim	Asia Timur	Sangat mungkin	Gelombang panas untuk waktu yang lebih lama, lebih kuat dan lebih sering
Kondisi Ekstrim	Asia Timur dan sebagian dari Asia Selatan	Sangat mungkin	Peningkatan frekuensi kejadian-kejadian hujan lebat
Kondisi Ekstrim	Asia Timur, Tenggara dan Selatan	Mungkin	Peningkatan hujan dan angin yang ekstrim yang terkait dengan badai tropis
Amerika Tengah dan Selatan			
Suhu	Bagian selatan Amerika Selatan	Mungkin	Memanas sama dengan rata-rata pemanasan global
Suhu	Semua wilayah kecuali bagian selatan Amerika Selatan	Mungkin	Memanas lebih tinggi dari rata-rata pemanasan global
Curah hujan	Sebagian besar Amerika Tengah dan di bagian selatan Andes	Mungkin	Penurunan curah hujan tahunan (dengan variabilitas lokal yang besar di daerah pegunungan)
Curah hujan	Tierra del Fuego	Mungkin	Peningkatan curah hujan musim dingin
Curah hujan	Bagian selatan Amerika Selatan	Mungkin	peningkatan dalam curah hujan musim panas
Curah hujan	Bagian utara Amerika Selatan, termasuk hutan Amazon	Tidak jelas	Tren yang tidak jelas dalam rata-rata hujan tahunan dan musiman, tetapi konsisten secara kualitatif di Ekuador dan bagian utara Peru (peningkatan curah hujan) dan di ujung utara benua dan di bagian selatan Brazil timur laut (penurunan)

Pengulangan dari fenomena ini masih tidak dapat diprediksi, karena pemicu dari mekanisme kejadian ini masih kurang dipahami (Cuny 2001).

Model iklim telah berkembang, dan Model Sirkulasi Umum Atmosfir-Lautan (AO-GCM) terbaru memiliki resolusi yang lebih baik dari $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ lintang/bujur. Namun, beberapa kajian dampak perubahan iklim membutuhkan resolusi yang lebih tinggi, terutama ketika topografi cenderung mempengaruhi iklim. Ada juga model iklim regional yang menawarkan simulasi 3D dengan resolusi tinggi biasanya sampai dengan $50 \text{ km} \times 50 \text{ km}$ atau $25 \text{ km} \times 25 \text{ km}$.

Ada beberapa sumber ketidakpastian dari skenario iklim, contohnya, ketidakpastian dengan skenario emisi dan model iklim itu sendiri, terutama untuk skenario iklim regional (Mitchell dan Hulme 1999). Tren curah hujan di wilayah tropis terutamanya sangat tidak pasti (lihat Gambar 6, kanan, dimana pola titik-titik menunjukkan variabilitas rendah di antara skenario yang lain dan, karenanya memiliki tingkat keyakinan lebih tinggi). Meski keterbatasannya, skenario iklim berguna untuk pemahaman yang lebih baik tentang respons terhadap iklim yang mungkin terjadi (Price dan Flannigan 2000), dan untuk mengkaji rangkaian dampak dan resiko potensial yang berhubungan dengan bahaya iklim, serta untuk proses perencanaan dan pengambilan keputusan yang lebih baik.

IPCC (2007) menunjukkan beberapa dampak penting di berbagai sektor yang berkorelasi dengan perubahan iklim bila adaptasi tidak dipertimbangkan: sumberdaya air tawar dan pengelolaannya; ekosistem; pangan, serat dan hasil hutan; sistem-sistem pantai dan wilayah-wilayah yang letaknya rendah; industri, pemukiman, dan masyarakat dan kesehatan. Ketersediaan air tawar diperkirakan meningkat pada wilayah beriklim sedang dan tropis lembab, tapi menurun pada tropis kering dan subtropis. Kekeringan dan banjir diperkirakan meningkat secara luas, yang menyebabkan pengelolaan air lebih sulit. Beberapa ekosistem dapat berubah, baik itu dipindahkan atau dihancurkan, di bawah tekanan perubahan iklim yang digabungkan dengan gangguan yang meningkat atau yang sudah ada seperti kebakaran, tanah longsor, perubahan tata guna lahan dan polusi. Pertanian bisa terancam dikarenakan tekanan air yang meningkat di banyak negara, dan bencana-bencana seperti banjir dan kekeringan dapat mengganggu produksi tanaman pangan. Produksi hutan bisa meningkat dalam jangka waktu pendek, tapi tren yang terjadi dalam jangka waktu panjang tidak pasti. Daerah pantai dan dataran rendah beresiko mengalami banjir dikarenakan kenaikan muka air laut dan erosi tanah,

sementara temperatur yang tinggi dapat merusak karang. Di beberapa daerah, infrastruktur seperti pemukiman dan industri beresiko akan bencana seperti banjir dan tanah longsor. Pemaparan iklim diproyeksikan dapat mengganggu kesehatan manusia dengan kapasitas adaptif yang rendah karena gizi buruk, lebih banyak bencana yang mengakibatkan kematian dan cedera, dan perubahan distribusi ruang dari faktor-faktor penjangkit penyakit menular.

A.2. Konsep tentang kerentanan

Dalam rangka mencoba mengerti bagaimana beradaptasi dengan perubahan iklim, pertama-tama kita harus mendefinisikan konsep sentral adaptasi, yaitu *kerentanan*. Mengerti dan melakukan kajian kerentanan terhadap perubahan iklim penting untuk memberitahu pembuat kebijakan dan mengembangkan kebijakan demi mengurangi resiko yang berkaitan dengan perubahan iklim. Hal ini membantu meningkatkan pengetahuan ilmiah tentang sistem-sistem sosio-ekonomi atau ekologi yang sensitif-iklim, menargetkan kebijakan ke tempat-tempat atau sektor-sektor yang paling rentan, dan mendefinisikan pilihan-pilihan adaptasi (Füssel dan Klein 2006). Kerentanan tidak mudah dimengerti, sebagian karena definisi-definisi yang beragam dan istilah-istilah yang terkait yang digunakan dalam literatur, seperti resiko, bahaya, sensitivitas, pemaparan, kapasitas adaptif, ketangguhan dan dampak potensial (Brooks 2003). Selain itu, definisi biasa tentang kerentanan ('terpapar untuk diserang atau dicerai' menurut kamus Oxford) tidaklah terlalu persis untuk membimbing pengkajian kerentanan.

Interpretasi yang berbeda

Beberapa komunitas ilmiah yang mempelajari kerentanan—sebagai contoh, mereka yang berhubungan dengan mata pencaharian, ketahanan pangan, bencana, kesehatan dan perubahan iklim—telah membangun definisi yang berbeda (Eakin dan Luers 2006). Dalam beragam definisi ini, dua interpretasi tentang kerentanan yang paling berbeda dapat diamati. Pertama, suatu interpretasi teknis yang dikembangkan terutama oleh komunitas resiko dan pengelolaan bencana menganggap kerentanan sebagai kemungkinan kejadian dari suatu bahaya di luar (misalnya angin puyuh atau badai) dan dampak terkait pada sistem, tanpa memperhitungkan peran faktor sosial dalam menghadapi bahaya (Carter *et al.* 1994). Kedua, interpretasi sosial, dikembangkan oleh ahli ekonomi politik dan geografi manusia, menekankan faktor-faktor sosio-ekonomi dan politik yang menjelaskan kenapa suatu sistem mampu atau tidak

mampu menghadapi suatu ancaman eksternal (Dow 1992; Adger dan Kelly 1999). Dalam hal ini, kerentanan dijelaskan oleh keadaan internal dari sistem dan bukan oleh karakteristik ancaman-ancaman (Brooks 2003).

Beberapa penulis telah menekankan pentingnya mendefinisikan kerentanan bagi suatu situasi tertentu, misalnya, kerentanan dari variabel-variabel tertentu terhadap bahaya tertentu dalam horizon waktu tertentu, bukannya menilai kerentanan dari suatu tempat dengan perubahan iklim secara umum (Brooks 2003; Füssel 2007a; Luers *et al.* 2003). Sebagai contoh, suatu pengkajian bisa menangani kerentanan dari mata pencaharian berbasis pada hutan di Sahel terhadap kekeringan selama 30 tahun ke depan. Khususnya, penjelasan mengenai bahaya itu penting karena suatu sistem mungkin bisa beradaptasi dengan beberapa bahaya (misalnya, kekeringan) dan tidak kepada lainnya (misalnya, banjir). Tiga kategori yang luas dari bahaya telah diidentifikasi oleh Brooks (2003): 1) bahaya berulang yang memiliki ciri-ciri tersendiri, misalnya badai dan kekeringan; 2) bahaya yang terus menerus, seperti kenaikan suhu rata-rata; dan 3) satu bahaya tunggal dengan ciri-ciri tersendiri, seperti peristiwa perubahan iklim secara tiba-tiba.

Definisi IPCC

Diantara kedua interpretasi tentang kerentanan, definisi yang diajukan oleh IPCC saat ini dipakai secara luas dalam komunitas perubahan iklim dan dianggap sebagai pemikiran ketiga (Füssel dan Klein 2006). Menurut IPCC, kerentanan adalah 'tingkatan dimana suatu sistem mudah terpengaruh terhadap, atau tidak mampu menghadapi, efek buruk dari perubahan iklim, termasuk variabilitas iklim dan iklim ekstrim. Kerentanan merupakan fungsi dari karakter, besar, dan laju variasi iklim terhadap mana sebuah system terpapar, sensitivitasnya dan kapasitas adaptasinya (McCarthy *et al.* 2001). Definisi ini secara eksplisit memasukkan faktor-faktor external (pemapar) dan internal faktor (sensitivitas dan kapasitas adaptif) dan memungkinkan pertimbangan faktor-faktor sosio-ekonomi dan biofisik (lihat Tabel 4).

Menurut definisi IPCC, tiga komponen utama kerentanan adalah pemaparan, sensitivitas dan kapasitas adaptif (lihat Gambar 7 untuk definisi). Definisi ini berguna untuk pengkajian kerentanan dan telah diterapkan secara luas; sebagai contoh, oleh Metzger *et al.* (2005) dalam suatu kerangka kerja operasi untuk mempelajari kerentanan jasa-jasa ekosistem dan penggunaannya terhadap perubahan global (lihat Kotak 12). Definisi IPCC juga sesuai

Tabel 4. Kategori dari faktor-faktor kerentanan (dari Füssel 2007a)

Bulatan	Domain	
	Sosioekonomi	Biofisik
Internal	Pendapatan rumah tangga, jejaring sosial, akses ke informasi	Topografi, kondisi lingkungan, tutupan tanah
Eksternal	kebijakan nasional, bantuan internasional, globalisasi ekonomi	Badai yang hebat, gempa bumi, perubahan tinggi permukaan laut



Gambar 7. Komponen-komponen kerentanan (definisi dari IPCC: McCarthy *et al.* 2001). Tanda-tanda di bawah panah berarti bahwa pemaparan yang tinggi, sensitivitas yang tinggi dan kapasitas adaptif rendah yang mendorong kerentanan yang tinggi.

dengan pendekatan-pendekatan lain, seperti kerangka kerja untuk analisa kerentanan dalam ilmu pengetahuan keberlanjutan yang diuraikan oleh Turner *et al.* (2003).

Komponen-komponen kerentanan

Dalam definisi IPCC, pemaparan adalah elemen eksternal sistem, sementara sensitivitas dan kapasitas adaptif merupakan unsur internal. Sebagai contoh,

Kotak 12. Kerangka kerja ATEAM untuk pengkajian kerentanan

Mengembangkan metrik untuk mengkuantifikasi kerentanan dapat memfasilitasi dialog sains-kebijakan tentang adaptasi dan penggunaan pengkajian kerentanan dalam pembuatan kebijakan. Beberapa set indikator telah dikembangkan untuk berbagai komponen kerentanan (misalnya, Moss *et al.* 2001; Cutter *et al.* 2003; Brooks *et al.* 2005; Eakin dan Bojórquez -Tapia 2008).

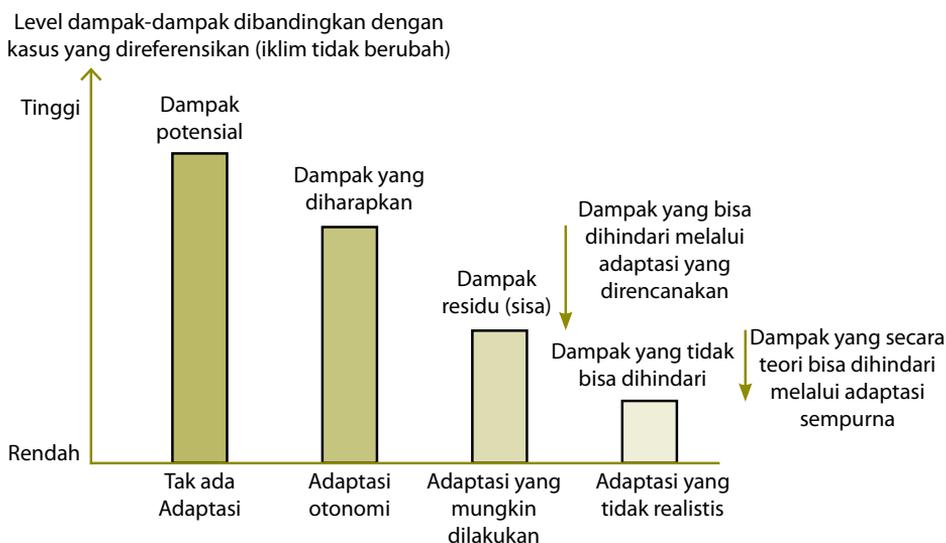
Dengan mengembangkan definisi IPCC tentang kerentanan, pemaparan, sensitivitas dan kapasitas adaptasi, proyek ATEAM (Advanced Terrestrial Ecosystem Analysis and Modeling/Analisa dan Permodelan Ekosistem Darat Lanjutan, www.pik-potsdam.de/ateam) mengembangkan kerangka kerja yang eksplisit dan kuantitatif untuk penilaian kerentanan (Metzger *et al.* 2005). Model ekosistem digunakan untuk menilai perubahan pasokan jasa-jasa ekosistem yang berbeda di bawah skenario perubahan iklim Eropa. Kemudian perubahan kapasitas adaptif berbasis skenario digunakan untuk mengkaji kerentanan berbagai sektor: pertanian, pengelolaan air, energi, dan konservasi alam. Peta kerentanan memungkinkan identifikasi dari wilayah-wilayah yang paling rentan, sektor yang paling rentan di suatu wilayah tertentu, dan skenario yang paling tidak berbahaya untuk wilayah-wilayah dan sektor-sektor (Metzger *et al.* 2006).

Menggabungkan indikator-indikator dari dampak potensial dan kapasitas adaptasi dalam suatu indeks kerentanan tidak bersifat langsung. Disebabkan basis empiris dari indeks kapasitas adaptif yang terbatas, Metzger *et al.* (2006) menciptakan peta kerentanan yang memperlihatkan dua komponen kerentanan—dampak potensial dan kapasitas adaptasi—tanpa merangkumnya dalam dimensi tunggal.

ketiga faktor E, S dan AC, yang menjelaskan kerentanan pertumbuhan hutan terhadap perubahan suhu, bisa berupa, secara berurutan, peningkatan suhu, sensitivitas dinamika pohon terhadap suhu, dan perubahan komposisi ekosistem mengikuti perubahan dari dinamika pohon. Dalam penelitian perubahan iklim, pemaparan umumnya bersifat iklim, sebagaimana dinyatakan dalam definisi IPCC, tetapi bisa diperpanjang atau dimodifikasi guna memasukkan faktor-faktor lain. Pertama, pemaparan sosio-ekonomi juga bisa dianggap sebagai tambahan terhadap iklim, seperti globalisasi (O'Brien *et al.* 2004). Kedua, tergantung dari sistem yang diteliti, pemaparan bisa menggabungkan perubahan iklim dan faktor-faktor ekosistem. Contoh, suatu penelitian tentang kerentanan masyarakat terhadap banjir bisa menyatakan pemaparan sebagai fungsi intensitas hujan dan reaksi hidrologis dari daerah aliran sungai atau hutan.

Sensitivitas adalah suatu karakteristik dari suatu sistem dan mencerminkan hubungan ‘dosis-respons’ antara pemaparan dan dampaknya. Contohnya, kemungkinan kerusakan infrastruktur karena banjir, atau perubahan produktivitas tanaman pangan disebabkan oleh menurunnya curah hujan. Kapasitas adaptif menjelaskan kemampuan sistem untuk memodifikasi karakteristiknya (contohnya, suatu ekosistem yang mengganti komposisinya menuju spesies yang lebih teradaptasi terhadap iklim baru) atau tingkah laku (misalnya, seorang petani yang memilih tanaman baru yang lebih baik adaptasinya terhadap kekeringan). Determinan dari sensitivitas dan kapasitas adaptif bisa ada dalam sistem (misal, kekayaan biologi dari suatu ekosistem; atau kekayaan, jejaring sosial, teknologi dan pendidikan bagi komunitas orang) atau exogenous (misalnya konektivitas bentang alam di pinggiran suatu ekosistem; kebijakan nasional atau pasar global bagi komunitas manusia). Kotak 13 menyediakan contoh-contoh indikator sensitivitas dan kapasitas adaptif pada tingkatan negara.

Selain dampak potensial yang didefinisikan pada Gambar 7, jenis-jenis dampak lain dipertimbangkan oleh IPCC dan penulis lainnya (lihat Gambar 8). Sementara dampak potensial merupakan hasil dari pemaparan dan sensitivitas tanpa mempertimbangkan adaptasi, dampak yang diharapkan adalah dampak yang akan terjadi setelah adaptasi otonomi dari sistem dan dampak residu setelah adaptasi yang direncanakan (Füssel dan Klein 2006).



Gambar 8. Berbagai konseptualisasi dari dampak dan adaptasi (menurut Füssel dan Klein 2006).

Kotak 13. Negara-negara yang rentan

Beberapa penulis telah mengajukan indikator sensitivitas dan kapasitas adaptif terhadap perubahan iklim pada skala nasional dan menggunakannya untuk menyusun peringkat negara-negara itu berdasarkan kerentanan mereka (atau sensitivitas dan kapasitas adaptif menurut definisi IPCC). Walaupun penelitian ini memberi masukan bagi pembuat keputusan pada skala nasional atau global, penelitian-penelitian ini telah dikritik karena tidak mempertimbangkan faktor-faktor penting kerentanan yang bisa diamati hanya pada skala subnasional (Adger dan Vincent 2005) dan karena adanya ambiguitas tentang apa yang dinilai sebagai rentan dan negara-negara apa yang dianggap rentan (Luers 2005).

Mereka yang menggunakan pendekatan induktif berbasis data menentukan sekumpulan indikator dan memilih indikator-indikator yang paling berkorelasi dengan menggunakan kerentanan (misalnya menggunakan data tentang bencana-bencana yang lalu) atau yang dianggap oleh para ahli sebagai indikator terbaik tentang kerentanan (contohnya Moss *et al.* 2001). Sebagai contoh, Brooks *et al.* (2005) membangun sederetan indikator kerentanan potensial yang berhubungan dengan ekonomi, kesehatan dan nutrisi, pendidikan, infrastruktur, penguasaan, geografi dan demografi, pertanian, ekologi, dan teknologi. Mereka memilih 11 indikator yang memiliki korelasi kuat dengan mortalitas dari bencana yang berkaitan dengan iklim (populasi dengan akses pada sanitasi, kemampuan baca mereka yang berumur 15-24 tahun, mortalitas maternal, kemampuan baca mereka yang berumur lebih dari 15 tahun, asupan kalori, suara dan akuntabilitas, kebebasan sipil, hak politik, efektivitas pemerintahan, rasio kemampuan baca wanita ke pria, harapan hidup saat lahir). Kemudian mereka membuat peringkat negara-negara menggunakan indikator-indikator ini dan memperlihatkan bahwa negara-negara yang paling rentan adalah negara-negara yang terletak di sub-sahara Afrika dan yang akhir-akhir ini mengalami konflik.

Sebaliknya, penelitian yang didorong oleh teori berangkat dari asumsi tentang hubungan antara kerentanan dan berbagai faktor lingkungan dan pembangunan (misalnya, Cutter *et al.* 2003, pada negara-negara bagian Amerika Serikat). Adger dan Vincent (2005) menerapkan Indeks Kerentanan Sosial (SVI)—suatu kumpulan indeks sensitivitas manusia dan kapasitas adaptif terhadap perubahan iklim—mendorong perubahan dalam ketersediaan air—untuk membuat peringkat kerentanan negara-negara Afrika. SVI disusun dari lima subindeks gabungan: Kesejahteraan ekonomi dan stabilitas, struktur demografi, stabilitas institusi dan kekuatan infrastruktur publik, interkoneksi global, serta ketergantungan pada sumberdaya alam (Vincent 2004).

Kajian-kajian kerentanan

Tergantung pada tujuan dari penelitian perubahan iklim, fokus dari penilaian kerentanan bisa ditempatkan pada komponen-komponen kerentanan yang berbeda. Füssel dan Klein (2006) membedakan empat tipe penilaian kerentanan

yang berbeda: Penilaian dampak-dampak (menghitung dampak perubahan iklim pada suatu sistem), penilaian kerentanan generasi pertama (termasuk faktor-faktor non-iklim dan langkah-langkah adaptasi yang memungkinkan), Penilaian generasi kedua (memberi perhatian pada kapasitas adaptif dan determinan-determinannya), dan penilaian kebijakan adaptasi (melibatkan pemangku kepentingan dalam analisa kerentanan saat ini, merekomendasikan langkah-langkah adaptasi dalam fase dengan kebijakan-kebijakan lain).

Pemaparan dan sensitivitas merupakan komponen kunci dalam penelitian penilaian dampak, walaupun kapasitas adaptif potensial juga bisa dimasukkan (Carter *et al.* 1994). Hasil-hasil penelitian ini berguna bagi perancangan langkah-langkah adaptasi teknis, juga bagi debat tentang mitigasi, karena memberi informasi tentang dampak potensial dari level GHGs yang berbeda (Smit *et al.* 1999). Petunjuk bagi penilaian dampak termasuk *IPCC Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impact and Adaptations* (Petunjuk Teknis IPCC bagi Penilaian Dampak Perubahan Iklim dan Adaptasi (Carter *et al.* 1994).

Sebaliknya, kapasitas adaptif merupakan komponen kunci bagi penelitian kebijakan adaptasi, yang berfokus pemahaman tentang kerentanan internal (sensitivitas dan kapasitas adaptif) atau menganalisa bagaimana meningkatkan kapasitas adaptif. Penelitian-penelitian ini relevan untuk proyek perancangan adaptasi dan kebijakan serta untuk isu-isu pembangunan yang luas (Burton *et al.* 2002). Suatu contoh tentang petunjuk bagi penelitian kebijakan adaptif adalah *UNDP-GEF Adaptation Policy Framework/Kerangka kerja Kebijakan adaptasi UNDP-GEF* (Lim dan Spanger-Sigfried 2004).

Walaupun penilaian atas dampak telah memberi hasil ilmiah serta masukan-masukan bagi perancangan pilihan-pilihan adaptasi teknis yang berguna dan berharga, mereka belum secara umum berguna dalam rancangan kebijakan-kebijakan adaptasi, karena mereka jarang mempertimbangkan konteks kebijakan. Lagipula, karena ketidakpastian yang terkandung pada penilaian dampak dan skenario iklim di skala lokal, hasil-hasil ilmiah tidak memberi pesan yang jelas kepada pembuat keputusan (Burton *et al.* 2002). Karena alasan ini, penilaian kerentanan yang ditujukan pada dampak kebijakan telah berkembang menjadi penelitian kebijakan adaptasi, dengan integrasi pemangku kepentingan yang lebih baik dalam prosesnya dan pengertian yang lebih baik tentang proses kebijakan dan isu-isu non-iklim (Füssel dan Klein 2006). Kotak 14 memberikan sebuah contoh pendekatan untuk kajian kerentanan.

Kotak 14. Pendekatan delapan langkah untuk menilai kerentanan dari Schröter *et al.* 2005

Menanggapi kebutuhan untuk menilai kerentanan dari sistem hubungan manusia-lingkungan, Schröter *et al.* (2005) mengembangkan kerangka kerja metodologi untuk kajian kerentanan 'berdasarkan tempat'. Kerangka kerja ini terdiri dari delapan langkah:

1. Menentukan wilayah penelitian bersama pemangku kepentingan
 - Memilih tempat dan waktu.
2. Mengetahui tempat untuk beberapa waktu
 - Mempelajari literatur. Menghubungi para peneliti. Meluangkan waktu di lapangan bersama pemangku kepentingan. Menjelajahi wilayah-wilayah sekitarnya.
3. Membuat hipotesa siapa yang rentan terhadap apa
 - Mendefinisikan ulang fokus pada subkelompok pemangku kepentingan. Mengidentifikasi penggerak.
4. Mengembangkan model penyebab kerentanan
 - Memeriksa pemaparan, sensitivitas dan kapasitas adaptif. Disusun dalam model (atau model-model).
5. Mencari indikator-indikator untuk elemen-elemen kerentanan
 - Pemaparan, Sensitivitas, Kapasitas adaptif.
6. Mengoperasikan model (atau model-model) kerentanan
 - Aplikasikan model (atau model-model) pada bobot dan kombinasikan indikator-indikator. Validasi hasilnya.
7. Proyeksikan kerentanan masa depan
 - Pilih skenario dengan pemangku kepentingan. Aplikasikan model atau berbagai model.
8. Komunikasikan kerentanan secara kreatif
 - Bersikap lugas tentang ketidakpastian. Percaya kepada stakeholder. Gunakan berbagai media interaktif.

Tiga langkah pertama terjadi sebelum pendekatan model diterapkan. Dengan model, maksudnya adalah deskripsi formal dari suatu sistem, yang bisa saja diproses secara numerik dan komputasi, meskipun tidak selalu diperlukan. Kerangka kerja harus diaplikasikan dengan melibatkan pemangku kepentingan dan berbagai disiplin ilmu, menggunakan pengetahuan yang beragam dan fleksibel, mengenali berbagai penggerak perubahan global dan perbedaan kapasitas adaptif, dan menggunakan informasi yang prospektif maupun historis. Penulis menyampaikan dua contoh aplikasi kerangka kerja pada kerentanan pertanian di USA dan Zimbabwe.

A.3. Apakah yang dimaksud dengan adaptasi?

Menurut IPCC, adaptasi adalah suatu ‘penyesuaian dalam sistem manusia atau alam dalam menanggapi rangsang iklim yang sebenarnya atau yang diperkirakan atau efeknya, yang meringankan kerusakan/kerugian atau mengeksplorasi kesempatan-kesempatan yang menguntungkan’ (McCarthy *et al.* 2001). Menurut definisi IPCC tentang kerentanan, tiga hal penting tentang adaptasi bisa didefinisikan. Pertama, **pemaparan** bisa dikurangi bila mungkin; sebagai contoh, dengan merelokasi suatu komunitas dari wilayah rawan banjir atau menerapkan sistem peringatan bahaya. Kedua, **sensitivitas** bisa dikurangi; sebagai contoh, dengan menanam tanaman baru yang tahan kekeringan atau menciptakan norma-norma konstruksi bagi gedung yang berada di wilayah rawan bahaya. Ketiga, **kapasitas adaptif** bisa ditingkatkan; sebagai contoh, dengan menaikkan kesejahteraan populasi dan pendidikan atau merancang skema asuransi (Adger *et al.* 2005a).

Suatu perbedaan umumnya dibuat antara adaptasi otonomi (atau spontan) dan adaptasi terencana. Menurut IPCC, adaptasi otonomi tidak menetapkan tanggapan yang disadari terhadap rangsang iklim, sementara adaptasi terencana merupakan ‘hasil dari keputusan kebijakan yang disengaja, berdasarkan kesadaran bahwa kondisi tersebut telah berubah atau akan berubah dan bahwa tindakan itu dibutuhkan untuk menjaga atau mencapai keadaan yang diinginkan’ (McCarthy *et al.* 2001). Bukti-bukti adaptasi otonomi terhadap perubahan iklim atau variabilitasnya di masa lalu dan saat ini telah dilaporkan secara luas (misalnya, Mortimore dan Adams 2001; Orlove 2005), tetapi adaptasi semacam ini bisa tidak mencukupi untuk beradaptasi terhadap tingkat perubahan iklim saat ini ataupun yang sudah diperkirakan. Perencanaan adaptasi yang melebihi adaptasi otonomi saat ini dilihat sebagai prioritas, karena ilmu pengetahuan telah menghasilkan bukti-bukti tentang perubahan iklim saat ini dan masa depan, dan banyak manajer-manajer sumberdaya alam dan pembuat keputusan harus menanggapi isu-isu kerentanan (Füssel 2007b; Agrawal 2008).

Merencanakan adaptasi

Tidak ada resep universal untuk merancang dan menerapkan adaptasi (Füssel 2007b), karena adaptasi menyangkut sederet sektor dengan tujuan dan kerentanan yang berbeda terhadap ancaman iklim yang berbeda—misalnya: pertanian, kesehatan manusia, pengelolaan air, pengelolaan ekosistem

Tabel 5. Jenis-jenis adaptasi (menurut Smitt *et al.* 1999; Definisi dari IPCC, McCarthy *et al.* 2001)

Konsep pembeda	Jenis-jenis adaptasi
Waktu	<ul style="list-style-type: none"> – Adaptasi antisipasi (atau proaktif) terjadi sebelum dampak perubahan iklim teramati – Adaptasi responsif (atau reaktif) terjadi setelah dampak perubahan iklim teramati
Lingkup waktu	<ul style="list-style-type: none"> – Jangka pendek (atau taktis) – Jangka panjang (atau strategis)
Lingkup tempat	<ul style="list-style-type: none"> – Terlokalisir – Tersebar
Para pelaku	<ul style="list-style-type: none"> – Adaptasi privat: diawali dan diterapkan oleh perorangan, rumah tangga atau perusahaan-perusahaan swasta. Adaptasi swasta ini sering kali sebagai keinginan rasional dari pelaku itu sendiri. – Adaptasi publik: diawali dan dirancang oleh pemerintah setempat di semua level. Adaptasi publik biasanya ditujukan pada kebutuhan bersama
Fungsi atau efek	Mengurangi. Mengakomodasi. Melindungi. Mencegah. Menerima. Menyebarkan. Merubah. Memperbaiki
Bentuk	Struktural. Hukum. Institusional. Peraturan. Finansial. Teknologi

(termasuk kehutanan), pencegahan bencana, pemukiman manusia, industri dan energi. Terlebih lagi, sejumlah besar pilihan adaptasi yang beragam juga tersedia, dengan waktu yang berbeda, pelaku, fungsi dan bentuk (lihat Tabel 5). Pilihan-pilihan ini harus dibuat sesuai dengan kondisi-kondisi ekonomi lokal, lingkungan, politik dan budaya dari wilayah itu, dan ajang kelembagaan yang relevan bagi sektor itu.

Dalam beberapa kasus, suatu adaptasi individu bisa jadi mencukupi untuk mengurangi kerentanan individu; namun, intervensi bersama lebih sering dibutuhkan (Adger *et al.* 2005a). Keputusan Adaptasi bersama diambil oleh sederet pelaku pada skala yang berbeda. Contoh: perorangan, perusahaan, masyarakat sipil dan institusi masyarakat tingkat lokal, regional, nasional dan internasional. Berbagai skala pengambilan keputusan saling berhubungan. Contoh: keputusan perorangan dihalangi oleh institusi nasional, dan kebijakan adaptasi nasional dipengaruhi oleh proses internasional seperti UNFCCC.

Tindakan adaptasi bisa bersifat mempengaruhi pada skala ruang yang berbeda (dari peternakan hingga wilayah-wilayah atau negara-negara) dan melibatkan para pelaku dan institusi dengan wilayah pengaruh yang berbeda (sejak dari perusahaan atau suatu komunitas hingga organisasi nasional dan internasional. Langkah yang penting dalam perencanaan adaptasi adalah memahami skala yang relevan bagi si pelaku terkait dengan adaptasi dan interaksi lintas skala (Adger *et al.* 2005a). Secara khusus, memahami institusi lokal merupakan komponen kunci dalam perencanaan adaptasi lokal, karena institusi-institusi ini menengahi dampak dan kerentanan, dan menentukan tanggapan-tanggapan adaptasi individual dan kolektif, dan juga hasil akhirnya (Agrawal 2008).

Pemangku kepentingan dan komunitas lokal harus ditempatkan pada pusat rencana adaptasi. Ketika komunitas memilih dan menerapkan strategi adaptasinya berdasarkan sumberdaya mereka, organisasi formal mereka, dan hubungan sosial dan nilai-nilai mereka (Pelling dan High 2005), menghargai pengetahuan lokal dan pengembangan modal sosial harus menjadi prioritas dalam adaptasi terencana (Allen 2006). Sebagai contoh, perencanaan seperti itu termasuk mencoba mengerti strategi-strategi yang telah dikembangkan oleh komunitas lokal untuk beradaptasi terhadap variabilitas iklim di masa lalu dan persepsi serta pengetahuan lokal mereka tentang iklim dan kerentanan (Agrawal 2008). Selain mencoba mengerti struktur komunitas dan nilai-nilai lokal, adaptasi terencana juga harus menargetkan upaya memperkuat para pemangku kepentingan lokal (termasuk perempuan dan kelompok terpinggirkan lainnya) dan membangun modal sosial di berbagai tingkatan (Allen 2006).

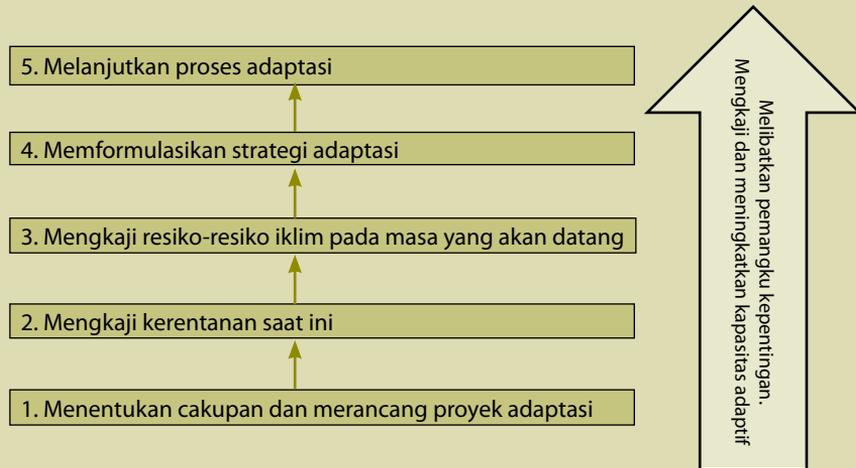
Guna mencapai adaptasi kolektif yang berhasil, para pengambil keputusan di institusi-institusi masyarakat maupun swasta, para pemangku kepentingan lokal, pengelola sumberdaya alam, ilmuwan, pengamat kebijakan dan ekonomis harus menyatakan prioritas adaptasi berdasarkan konteks politik, sosial dan ekonomi yang lebih luas, mendefinisikan dan mengevaluasi pilihan-pilihan adaptasi, dan memutuskan bagaimana menerapkan pilihan-pilihan tersebut (lihat contoh pendekatan dalam Kotak 15).

Beberapa pendekatan terhadap kajian kerentanan dan perencanaan adaptasi (misalnya Kerangka kerja Kebijakan Adaptasi, lihat Kotak 15) dimulai dari kerentanan saat ini. Di banyak negara-negara berkembang, adaptasi terhadap ancaman saat itu merupakan tugas yang paling segera harus diterapkan.

Kotak 15. Kerangka kerja kebijakan adaptasi

dari Lim dan Siegfried 2004

Kerangka kerja Kebijakan Adaptasi (APF) bertujuan untuk membimbing rancangan dari strategi-strategi, kebijakan dan langkah-langkah adaptasi. APF terdiri dari lima komponen:



Kelima komponen ini dilengkapi dengan dua proses yang memotong: melibatkan para stakeholder dalam semua komponen melalui dialog yang berkelanjutan demi berhasilnya penerapan dari suatu strategi adaptasi, dan mengkaji serta meningkatkan kapasitas adaptif sehingga masyarakat bisa beradaptasi lebih baik terhadap perubahan iklim, termasuk variabilitas iklim.

Para pengguna bisa menerapkan kelima komponen dan dua proses yang memotong dengan intensitas yang berbeda tergantung pada kebutuhan mereka dan ketersediaan informasi. APF tidak memerlukan data atau penelitian yang banyak, tapi menekankan pada proses kajian yang penuh pikiran dan mumpuni dari para pemangku kepentingan.

Ancaman saat ini, terkait dengan variabilitas iklim dan penggerak lainnya (misalnya: kebijakan, pasar), diperhatikan sebelum isu-isu perubahan iklim bisa dipertimbangkan. Mengurangi kerentanan saat ini merupakan hal penting dalam proses adaptasi perubahan iklim, karena suatu masyarakat yang kurang rentan terhadap ancaman saat ini akan lebih besar kemungkinannya untuk adaptif terhadap perubahan-perubahan masa depan.

Evaluasi atas pilihan-pilihan adaptasi tidak harus hanya terbatas pada efektivitasnya saja yaitu, kapasitas mereka untuk mencapai tujuan yang dinyatakan dari pengurangan kerentanan (Adger *et al.* 2005a), tetapi kriteria

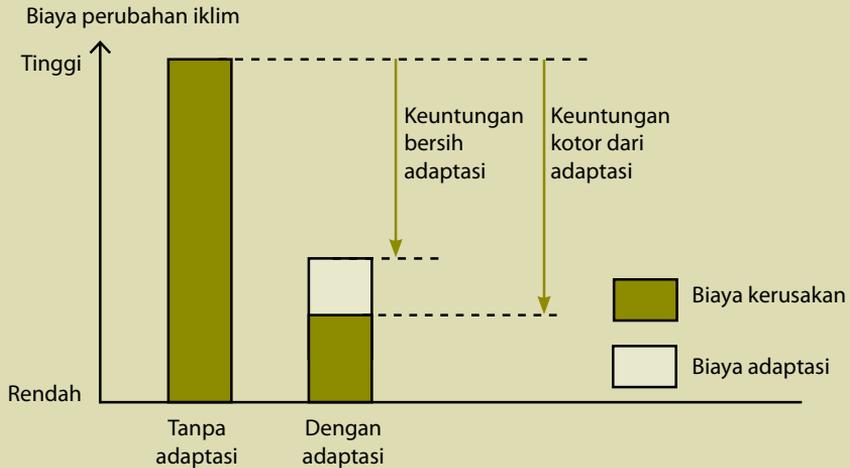
lain juga harus dipertimbangkan, khususnya ekuitas, efisiensi ekonomi, legitimasi, fleksibilitas, kelayakan dan keberlanjutan lingkungan (Smit *et al.* 1999). Karena keberhasilan jangka pendek atau keberhasilan lokal bisa menyebabkan kegagalan dalam jangka panjang atau di lain tempat, hasil dari suatu evaluasi tentang pilihan-pilihan adaptasi tergantung pada skala waktu dan ruang analisa (Adger *et al.* 2005a). Yang kita butuhkan adalah suatu analisa yang jauh melampaui skala-skala untuk mengevaluasi pilihan-pilihan adaptasi secara lebih komprehensif. Dalam hal efisiensi ekonomi dan analisa untung rugi, evaluasi juga harus memperhitungkan mekanisme pendanaan untuk adaptasi, khususnya dari dana internasional. Akan tetapi, pendanaan adaptasi internasional masih merupakan tantangan karena dilema dari pendanaan untuk jasa-jasa dengan keuntungan global (mitigasi) dibanding jasa-jasa dengan keuntungan lokal (langkah-langkah adaptasi) dan ketidakpastian mengenai biaya dan keuntungan dari adaptasi (lihat Kotak 16).

Mengarusutamakan adaptasi dalam pembangunan

Karena perubahan iklim akan mempengaruhi semua aspek dari pembangunan berkelanjutan dan karena kerentanan sangat bergantung pada pembangunan, pembuat kebijakan harus berusaha untuk mengarusutamakan adaptasi terhadap perubahan iklim ke dalam pembangunan nasional dan sektoral (Huq *et al.* 2003; Lemos *et al.* 2007; UNFCCC 2007). Intervensi pembangunan yang tidak memperhatikan adaptasi terhadap perubahan iklim malah akan memperburuk situasi sosio-ekonomi (Agrawal 2008). Pembuat kebijakan harus mengidentifikasi dan menghilangkan praktek-praktek yang salah, yaitu kebijakan-kebijakan yang menambah kerentanan (sebagai contoh, pemberian insentif atas eksploitasi sumberdaya alam secara berlebihan) atau langkah-langkah adaptasi yang gagal mencapai tujuannya (UNFCCC 2007). Argumentasi lain untuk mengarusutamakan adaptasi ke dalam kebijakan pembangunan adalah bahwa perubahan iklim menjadi ancaman dan kebutuhan akan adaptasi bisa menjadi katalisator untuk mencapai pembangunan berkelanjutan (UNFCCC 2007). Walaupun demikian, beberapa kekhawatiran timbul mengenai resiko mengarusutamakan adaptasi ke dalam pembangunan (Klein 2006). Pendanaan untuk adaptasi hampir tidak ada bila adaptasi dan pembangunan tidak dibedakan. Ada resiko bahwa dana adaptasi akan digunakan untuk setiap kegiatan pembangunan tanpa memikirkan dampak pada adaptasi. Dananya akan digunakan untuk setiap kegiatan pembangunan dan dampaknya kepada adaptasi menjadi tidak jelas atau tidak mungkin diawasi. Resiko lainnya adalah pendanaan untuk kebijakan

Kotak 16. Biaya dan keuntungan adaptasi

Biaya dan keuntungan adaptasi sulit untuk diperkirakan karena ketidakpastian biaya dari dampak perubahan iklim, langkah-langkah adaptasi yang akan diterapkan, biaya dari langkah-langkah itu, dan kontribusinya dalam mengurangi dampak (lihat gambar, menurut Stern 2007).



Menurut beberapa kajian global tentang dampak perubahan iklim (tinjauan oleh Hitz dan Smith 2004), biaya rata-rata kerusakan di tahun 2100 bagi pemanasan 2-3° bervariasi antara 0 hingga 2,7% dari global GDP. Dengan asumsi pemanasan yang lebih tinggi, Stern (2007) memberikan perkiraan antara 5% hingga 20%, tergantung pada asumsi dari dampak dan hasil. Di bulan April 2008, Stern mengatakan bahwa laporan IPCC tahun 2007 memberikan data untuk estimasi yang lebih tinggi terhadap biaya dari kerusakan.

Beberapa perkiraan telah diberikan untuk biaya dan keuntungan adaptasi global. Bank Dunia (2006) memperkirakan dengan sangat kasar bahwa melindungi investasi dari pembiayaan pembangunan akan memakan biaya US\$ 9-41 miliar. Estimasi global tentang biaya adaptasi pada umumnya tidak pasti dan berkedok heterogenitas dari situasi lokal dimana adaptasi menjadi prioritas; namun, estimasi lokal bisa menjadi sangat berguna bagi pembuat kebijakan (Callaway 2004).

Biaya keuntungan dari adaptasi lokal merupakan isu-isu penting karena biaya mengadaptasi atau biaya untuk gagal mengadaptasi bisa membuat kemiskinan dan kerusakan lingkungan berlangsung terus di negara-negara berkembang (Kates 2000). Stern (2007) melaporkan keuntungan yang besar dari beberapa pengalaman pengelolaan bencana yang berhasil. Sebagai contoh, US\$ 3,15 miliar yang dihabiskan di Cina untuk pengendalian banjir antara tahun 1960 dan 2000 dilaporkan telah menghindari kerugian sebesar US\$ 12,8 miliar. Di Vietnam, sebuah proyek melindungi polusi wilayah pantai dengan menanam bakau mempunyai ratio keuntungan biaya sebesar 52 (Stern 2007).

iklim akan menurunkan aliran Bantuan Resmi Pembangunan/*Official Development Assistance* (ODA) yang melayani kebutuhan-kebutuhan untuk pembangunan yang lebih segera (Klein 2006). Sehubungan dengan kebijakan nasional dan pendanaan internasional untuk adaptasi, mengarusutamakan adaptasi kedalam pembangunan nasional akan membuat adaptasi masuk ke dalam ‘bisnis sebagaimana biasa’ dan menutupi biaya tambahan untuk usaha-usaha adaptasi, dan karenanya mencegah negara-negara berkembang untuk mengklaim pendanaan internasional untuk adaptasi.

A.4. Kebijakan-kebijakan dan pendanaan internasional

Para pembuat kebijakan di seluruh dunia—sekitar 15 tahun setelah penandatanganan UNFCCC di Rio de Janeiro—akhirnya mengakui kebutuhan untuk mengintegrasikan pemikiran tentang perubahan iklim ke dalam semua wilayah pembuatan kebijakan publik. Walaupun kebanyakan usaha-usaha itu telah diarahkan menuju mitigasi, kebutuhan untuk mengembangkan mekanisme kebijakan dan pendanaan untuk adaptasi pada perubahan iklim saat ini telah dikenal luas. Semakin jelas juga bahwa adaptasi dan mitigasi saling berhubungan dalam berbagai cara; sebagai contoh, setiap komitmen mitigasi baru yang penting pada rezim iklim setelah 2012 akan layak secara politis hanya bila disertai dukungan yang lebih kuat untuk adaptasi (Burton *et al.* 2006).

Adaptasi menurut UNFCCC

Secara prinsip, adaptasi dibentuk sebagai prioritas sejak awal usaha-usaha iklim internasional. Dalam UNFCCC, yang ditandatangani pada tahun 1992, semua pihak secara umum berkomunikasi untuk melaksanakan langkah-langkah adaptasi nasional dan untuk bekerja sama dalam mempersiapkan dampak perubahan iklim. Dalam proses UNFCCC, langkah-langkah adaptasi dikaitkan dengan komitmen masa depan terhadap mitigasi iklim, membuat proses negosiasi UNFCCC menjadi tempat yang tepat untuk melakukan strukturisasi kesepakatan global jangka panjang, baik untuk adaptasi maupun mitigasi.

Elemen-elemen khusus dari pendekatan adaptasi berdasarkan konvensi adalah: 1) dukungan terhadap negara-negara rentan untuk membangun strategi menyeluruh adaptasi nasional; 2) pendanaan untuk membantu negara-negara

dengan strategi nasional yang telah disetujui untuk menerapkan langkah-langkah dengan prioritas tinggi, dengan prioritas diberikan kepada mereka yang memperhatikan dampak karena perubahan iklim; 3) pembentukan atau penunjukan suatu badan internasional untuk menyediakan dukungan teknis, menilai kecukupan strategi nasional, dan memilih proyek-proyek berprioritas tinggi untuk pendanaan (Burton *et al.* 2006).

Namun, ada beberapa kendala tentang apa yang bisa dicapai dalam rejim berbasis konvensi yang tercipta secara khusus untuk memperhatikan perubahan iklim. Pertama, fokus dari rejim tersebut terhadap perubahan iklim mungkin tidak begitu saja bisa membantu usaha untuk memecahkan masalah perubahan iklim dan variabilitas iklim alam. Kedua, rejim perubahan iklim belum melibatkan sebagian besar badan-badan dan para pelaku yang partisipasinya dalam adaptasi cukup penting.

Bahkan bila rejim memberi prioritas yang lebih tinggi terhadap adaptasi, maka hal itu tidak akan menjadi cara terbaik untuk melibatkan pembuat kebijakan yang relevan dan pemangku kepentingan (Burton *et al.* 2006). Jadi, rejim adaptasi berbasis konvensi akan cenderung berfokus lebih banyak pada kebijakan dan langkah-langkah yang dirancang sebagai tanggapan langsung terhadap perubahan iklim daripada kebijakan untuk membangun kapasitas adaptif masyarakat yang umum atau menyampaikan isu-isu seperti kerentanan terhadap variabilitas iklim atau keuntungan lingkungan setempat dari adaptasi. Pendanaan untuk langkah-langkah adaptasi dibawah UNFCCC dirancang terutama untuk menutupi seluruh biaya tambahan untuk adaptasi (Bouwer dan Aerts 2006) dan disalurkan melalui berbagai mekanisme (lihat Kotak 17).

Kebijakan lain dan pilihan pendanaan untuk adaptasi

Pilihan lain pada level internasional pada dasarnya berada pada jalur-jalur bantuan multilateral dan bilateral yang ada guna mengintegrasikan pertimbangan adaptasi di semua rentang yang mendukung pembangunan. Strategi yang terpusat pada pembangunan bisa sangat mengimbangi pendekatan berdasarkan konvensi seperti yang dijelaskan di atas, membantu memastikan bahwa strategi adaptasi nasional yang dibuat benar-benar diterapkan, dan bisa mendatangkan lebih banyak sumberdaya daripada yang akan datang dengan rejim iklim (Burton *et al.* 2006).

Kotak 17. Dana adaptasi UNFCCC

Sekretariat UNFCCC memperkirakan bahwa aliran investasi dan pendanaan yang dibutuhkan untuk adaptasi, kemungkinan mencapai puluhan miliar dollar per tahun dalam beberapa dekade dan bisa menjadi lebih dari \$100 miliar per tahun.

Dana adaptasi dibawah Protokol Kyoto dimaksudkan untuk mendanai proyek-proyek adaptasi yang nyata dan program-program di negara-negara berkembang yang terutama rentan terhadap pengaruh buruk dari perubahan iklim. Sumber dari pendanaan ini diperoleh dari 2% pungutan dari proyek-proyek Mekanisme Pembangunan Bersih/Clean Development Mechanism (CDM) (tidak termasuk yang sedang dioperasikan di negara maju), selain juga dari sumber-sumber lain. Dana adaptasi sedang dalam proses untuk dioperasikan. Jumlah uang yang sebenarnya yang akan tersedia dari dana ini tidak tetap, karena tergantung usaha CDM dan pada harga karbon.

Pasal 4 dari Konvensi menegaskan bahwa pihak-pihak negara maju akan menyediakan sumber dana untuk membantu pihak-pihak negara berkembang beradaptasi dengan perubahan iklim. Untuk memfasilitasi hal ini, Konvensi memberi GEF tanggung jawab untuk mengoperasikan mekanisme finansial nya. GEF memungkinkan transfer sumber keuangan dari negara-negara maju ke negara-negara berkembang dengan membentuk program-program operasional, menyediakan dokumen-dokumen program dan mengalokasikan sumber-sumber. Berdasarkan petunjuk dari UNFCCC, GEF mengoperasikan tiga pendanaan: 1) Dana abadi GEF (GEF Trust Fund), 2) Dana negara yang paling tidak berkembang (Least Developed Countries Fund) (LDCF), dan 3) Dana perubahan iklim khusus (the Special Climate Change Fund) (SCCF).

Dana abadi GEF dan Prioritas Strategis untuk Adaptation (SPA)-nya mendukung aktivitas proyek-proyek pemungkin, percobaan dan demonstrasi yang memperhatikan adaptasi dan menghasilkan keuntungan lingkungan global.

SCCF sebagian dirancang untuk membiayai aktivitas adaptasi yang menambah ketangguhan terhadap dampak perubahan iklim, melalui fokus pada tanggapan-tanggapan adaptasi khususnya pada sumberdaya air, tanah, pertanian, kesehatan, pembangunan infrastruktur, kesiapan bencana, dan ekosistem yang rapuh serta wilayah-wilayah pantai.

LDCF sebagian disusun untuk mendukung proyek-proyek yang memperhatikan kebutuhan adaptasi yang penting dan segera untuk negara-negara yang paling tidak berkembang, yang ditentukan oleh NAPA-nya masing-masing.

Pendanaan yang saat ini tersedia dibawah Konvensi dan Protokol Kyoto kecil dibandingkan dengan besarnya kebutuhan yang diidentifikasi oleh UNFCCC. Sumber keuangan yang ada untuk adaptasi dalam pendanaan yang saat ini dioperasikan oleh GEF berjumlah kurang lebih US\$ 275 juta di bulan Agustus 2007. Dana adaptasi bisa menerima US\$ 80-US\$ 300 juta per tahun untuk periode 2008-2012. Dengan asumsi pembagian keuntungan untuk adaptasi 2% terus berlangsung setelah 2012, level pendanaan bisa menjadi US\$ 100-500 juta per tahun bila permintaan CDM rendah, dan US\$ 1-5 miliar per tahun bila permintaan tinggi. Namun, masih ada defisit dalam pendanaan yang perlu dipenuhi.

Karena UNFCCC hanya akan memenuhi biaya tambahan, pendanaan dasar untuk adaptasi harus datang dari sumber-sumber lain, kebanyakan dari bank-bank pembangunan, konvensi lain, dan ODA. Pilihan lain termasuk merancang langkah-langkah khusus yang ditujukan pada proyek-proyek pembangunan ‘tahan iklim’ atau langkah-langkah pengelolaan resiko dan kebijakan asuransi (Mills 2005; Bouwer dan Aerts 2006). Burton *et al.* (2006) dan Muller (2008) menyampaikan telaah yang menyeluruh dari pendekatan-pendekatan ‘inovatif’ ini untuk pendanaan adaptasi internasional.

Komunikasi nasional dan NAPAs

Di bawah UNFCCC, negara-negara berkewajiban untuk menyampaikan komunikasi nasional ke sekretariat Konvensi. Dalam komunikasi nasional mereka, negara-negara berkembang memberikan informasi tentang kerentanan mereka terhadap perubahan iklim dalam berbagai sektor, dan menegaskan pilihan dan tanggapan adaptasi sektoral, termasuk tanggapan proaktif dan reaktif terhadap perubahan iklim. Pendekatan sektoral terhadap adaptasi menimbulkan setidaknya dua pertanyaan—ekuitas dan keadilan—dalam mendefinisikan sektor-sektor prioritas bagi suatu negara (Paavola dan Adger 2006), dan memperlihatkan kemungkinan koordinasi yang lemah dari langkah-langkah nasional pada level politik tertinggi (Glantz 2001).

Konferensi ke-7 para Pihak dari UNFCCC, yang mengakui situasi khusus dari negara-negara paling tidak berkembang (LDC), menyusun suatu program kerja LDC termasuk NAPA. Fokus NAPA adalah pada kebutuhan-kebutuhan LDC yang penting dan segera—hal yang apabila ditunda lebih lama lagi akan meningkatkan kerentanan atau mendorong pada peningkatan biaya jika ditunda. NAPA menggunakan informasi yang tersedia; mereka berorientasi pada aksi dan ditentukan oleh keinginan negara, fleksibel dan berdasarkan pada keadaan nasional. Sampai dengan Oktober 2008, sekitar 39 negara telah menyiapkan NAPA. Pendanaan untuk penerapan dari NAPA disalurkan melalui prakarsa Fasilitas Lingkungan Global/*Global Environment Facility* (GEF) (lihat Box 17) (Huq dan Burton 2003; Bouwer dan Aerts 2006).

NAPA bertujuan mendefinisikan sasaran-sasaran strategis dari mekanisme adaptasi masa depan bagi suatu negara untuk mengurangi pengaruh buruk dari perubahan iklim, termasuk variabilitas dan kejadian-kejadian ekstrim,

dan untuk mendorong pembangunan berkelanjutan. Strategi dan mekanisme masa depan dianjurkan berdasarkan proses dan praktek yang ada, namun tetap mempertahankan inti dari ilmu adaptasi, yaitu proses untuk menyesuaikan terhadap situasi berlawanan dari perubahan iklim.





5 Referensi

- Adger, W.N. 2003 Social capital, collective action, and adaptation to climate change. *Economic Geography* 79: 387–404.
- Adger, W.N. dan Kelly, P.M. 1999 Social vulnerability to climate change and the architecture of entitlements. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 4: 253–266.
- Adger, W.N. dan Vincent, K. 2005 Uncertainty in adaptive capacity. *Comptes Rendus Geosciences* 337: 399–410.
- Adger, W.N., Brooks, N., Bentham, G., Agnew, M. dan Eriksen, S. 2004 New indicators of vulnerability dan adaptive capacity. Tyndall Centre for Climate Change Research, Norwich, UK.
- Adger, W.N., Arnell N.W. dan Tompkins, E.L. 2005a Adapting to climate change: perspectives across scales. *Global Environmental Change* 15: 75–76.
- Adger, W.N., Brown, K. dan Tompkins, E.L. 2005b The political economy of cross-scale networks in resource co-management. *Ecology and Society* 10(2): 9. <http://www.ecologyandsociety.org/vol10/iss2/art9/> (13 Nov. 2008).
- Agrawal, A. 2008 The role of local institutions in adaptation to climate change. International Forestry Research and Institutions Program (IFRI) Working Paper no. W08I-3, University of Michigan.
- Agrawal, A. dan Ribot, J. 1999 Accountability in decentralization: a framework with South Asian and West African cases. *The Journal of Developing Areas* 33(4): 473–502.

- Agrawal, A., Chhatre, A. dan Hardin, R. 2008 Changing governance of the world's forests. *Science* 320: 1460–1462.
- Alexiades, M.N. dan Shanley, P. (eds.) 2005 Forest products, livelihoods and conservation: case studies of non-timber forest product systems. Volume 3: Latin America. CIFOR, Bogor, Indonesia. 471p.
- Allen, K.M. 2006 Community-based disaster preparedness and climate adaptation: local capacity building in the Philippines. *Disasters* 30(1): 81–101.
- Angelsen, A. dan Wunder, S. 2003 Exploring the forest–poverty link: key concepts, issues and research implications. Center for International Forestry Research Occasional Paper No. 40. Bogor, Indonesia.
- Armitage, D. 2008 Governance and the commons in a multi-level world. *International Journal of the Commons* 2(1): 7–32.
- Armitage, D., Marschke, M. dan Plummer, R. 2008 Adaptive co-management and the paradox of learning. *Global Environmental Change – Human and Policy Dimensions* 18: 86–98.
- Barlow, J. dan Peres, C.A. 2004 Ecological responses to El Niño-induced surface fires in central Brazilian Amazonia: management implications for flammable tropical forests. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 359: 367–380.
- Bawa, K.S. dan Dayanandan, S. 1998 Global climate change and tropical forest genetic resources. *Climatic Change* 39: 473–485.
- Bazzaz, F.A. 1998 Tropical forests in a future climate: changes in biological diversity and impact on the global carbon cycle. *Climatic Change* 39: 317–336.
- Berthelot, M., Friedlingstein, P., Ciais, P., Monfray, P., Dufresne, J.L., Le Treut, H. dan Fairhead, L. 2002 Global response of the terrestrial biosphere to CO₂ and climate change using a coupled climate-carbon-cycle model. *Global Biogeochemical Cycles* 16 (art. 1084).
- Bingham, G., Bishop, R., Brody, M., Bromley, D., Clark, E.T., Cooper, W., Costanza, R., Hale, T., Hayden, G., Kellert, S. *et al.* 1995 Issues in ecosystem valuation: improving information for decision making. *Ecological Economics* 14: 73–90.
- Bodin, P. dan Wiman, B.L.B. 2007 The usefulness of stability concepts in forest management when coping with increasing climate uncertainties. *Forest Ecology and Management* 242: 541–552.

- Bonell, M. dan Bruijnzeel, L.A. 2005 Forests, water and people in the humid tropics: past, present and future hydrological research for integrated land and water management. International Hydrology Series. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Bouwer, L.M. dan Aerts, J.C.J.H. 2006 Financing climate change adaptation. *Disasters* 30(1): 49–63.
- Boyd, E. 2008 Navigating Amazonia under uncertainty: past, present and future environmental governance. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363: 1911–1916.
- Brockhaus, M. dan Djoudi, H. 2008. Adaptation at the interface of forest ecosystem goods and services and livestock production systems in northern Mali. Infobrief 19. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Brockhaus, M. dan Kambire, H. Forthcoming. Decentralization—window of opportunity for successful adaptation? *Dalam: Adger, N.W., Lorenzoni, I. dan O'Brien, K. (eds.) Adapting to climate change: thresholds, values, governance.* Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Brohan, P., Kennedy, J.J., Harris, I., Tett, S.F.B. dan Jones, P.D. 2006 Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new dataset from 1850. *Journal of Geophysical Research* 111, D12106, doi:10.1029/2005JD006548.
- Brook, B.W., Sodhi, N.S. dan Bradshaw, C.J.A. 2008 Synergies among extinction drivers under global change. *Trends in Ecology and Evolution* 23(8): 453–460.
- Brooks, N. 2003 Vulnerability, risk and adaptation: a conceptual framework. Tyndall Centre for Climate Change Research Working Paper 38, Norwich, UK.
- Brooks, N., Adger, W.N. dan Kelly, P.M. 2005 The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. *Global Environmental Change* 15: 151–163.
- Bruijnzeel, L.A. 2004 Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees? *Agriculture, Ecosystems and the Environment* 104: 185–228.
- Buck, L., Geisler, C.C. dan Schelhas, J. (eds.) 2001 Biological diversity: balancing interests through adaptive collaborative management. CRC Press, Boca Raton, FL.

- Burton, I., Huq, S., Lim, B., Pilifosova, O. dan Schipper, E.L. 2002 From impact assessment to adaptation priorities: the shaping of adaptation policy. *Climate Policy* 2: 145–149.
- Burton, I., Diring, E. dan Smith, J. 2006 *Adaptation to climate change: international policy options*. Pew Center on Global Climate Change, Arlington, VA.
- Byron, R.N. dan Arnold, J.E.M. 1999 What futures for the people of the tropical forests? *World Development* 27(5): 789–805.
- Calder, I.R. 2002 Forests and hydrological services: reconciling public and science perceptions. *Land Use and Water Resources Research* 2: 1–12.
- Callaway, J.M. 2004 Adaptation benefits and costs: are they important in the global policy picture and how can we estimate them? *Global Environmental Change* 14: 273–282.
- Canadell, J.G., Ciais, P., Cox, P. dan Heimann, M. 2004 Quantifying, understanding and managing the carbon cycle in the next decades. *Climatic Change* 67: 147–160.
- Carter, T.R., Parry, M.L., Harasawa, H. dan Nishioka, S. 1994 IPCC technical guidelines for assessing climate change impacts and adaptations. IPCC Working Group 2, University College London and National Institute for Environmental Studies, London and Japan.
- Cash, D.W., Adger, W.N., Berkes, F., Garden, P., Lebel, L., Olsson, P., Pritchard, L. dan Young, O. 2006 Scale and cross-scale dynamics: governance and information in a multilevel world. *Ecology and Society* 11(2): 8 [online] <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss2/art8/> (19 Oct. 2008).
- Chomitz, K. dan Kumari, K. 1996 The domestic benefits of tropical forests. World Bank Policy Research Working Paper 1601, Washington, DC.
- Christensen, J.H., *et al.* 2007 Regional climate projections. *Dalam*: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. dan Miller, H.L. (eds.) *Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK dan New York.
- Center for International Forestry Research (CIFOR) 2008 Adaptive collaborative management can help us cope with climate change. CIFOR Infobrief 13, Bogor, Indonesia. 4p.
- Clark, D.A. 2007 Detecting tropical forests' responses to global climatic and atmospheric change: current challenges and a way forward. *Biotropica* 39(1): 4–19.

- Colfer, C.J.P. 2005 *The complex forest: communities, uncertainty, and adaptive collaborative management*. Resources for the Future and CIFOR, Washington, DC.
- Colfer, C.J.P. (ed.) 2008 *Human health and forests: a global overview of issues, practice and policy*. Earthscan, London, UK. 374p.
- Colfer, C.J.P., Sheil, D., Kaimowitz, D. dan Kishi, M. 2006 Forests and human health in the tropics: some important connections. *Unasylya* 57(224): 3–10.
- Corlett, R.T. dan Lafrankie, J.V. Jr 1998 Potential impacts of climate change on tropical Asian forests through an influence on phenology. *Climatic Change* 39: 439–453.
- Costanza, R., *et al.* 1997 The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253–260.
- Cox, P.M., Betts, R.A., Collins, M., Harris, P.P., Huntingford, C. dan Jones, C.D. 2004 Amazonian forest dieback under climate-carbon cycle projections for the 21st century. *Theoretical and Applied Climatology* 78: 137–156.
- Cramer, W., Bondeau, A., Schaphoff, S., Lucht, W., Smith, B. dan Sitch, S. 2004 Tropical forests and the global carbon cycle: impacts of atmospheric carbon dioxide, climate change and rate of deforestation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 359: 331–343.
- Cuny, J.F. 2001 El Nino, a possible trigger mechanism. *Journal of Theoretics, Commentary* 3 (5) [online] <http://www.journaloftheoretics.com/Articles/3-5/commentary3-5.htm> (8 Apr. 2003).
- Cutter, S.L., Boruff, B.J. dan Shirley, W.L. 2003 Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly* 84(2): 242–261.
- Daily, G.C. (ed.) 1997 *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Island Press, Washington, DC.
- De Groot, R.S. dan Ramakrishnan, P.S. 2005 Cultural and amenity services. *Dalam: Ecosystems and human well-being*. Volume 1: Current state and trends. Millennium Ecosystem Assessment Series. Island Press, Washington, DC. p. 455–476.
- Department for International Development (DFID) 2006 *Eliminating world poverty: making governance work for the poor*. DFID, London, UK.
- Dounias, E.W. dan Colfer C.J.P. 2008 Sociocultural dimensions of diet and health in forest-dwellers' systems. *Dalam: Colfer, C.J.P. (ed.) Human health and forests: a global overview of issues, practice and policy*. Earthscan, London, UK. p. 275–292

- Dow, K. 1992 Exploring differences in our common future(s): the meaning of vulnerability to global environmental change. *Geoforum* 23: 417–436.
- Dudley, N. 1998 Forests and climate change: a report for WWF International. Forest Innovations, Gland, Switzerland.
- Eakin, H. dan Bojórquez-Tapia, L.A. 2008 Insights into the composition of household vulnerability from multicriteria decision analysis. *Global Environmental Change* 18: 112–127.
- Eakin, H. dan Luers, A.L. 2006 Assessing the vulnerability of social-environmental systems. *Annual Review of Environment and Resources* 31: 365–394.
- Egoh, B., Rouget, M., Reyers, B., Knight, A.T., Cowling, R.M., van Jaarsveld, A.S. dan Welz, A. 2007 Integrating ecosystem services into conservation assessments: a review. *Ecological Economics* 63: 714–721.
- Enquist, C.A.F. 2002 Predicted regional impacts of climate change on the geographical distribution and diversity of tropical forests in Costa Rica. *Journal of Biogeography* 29(4): 519–534.
- Evans, K. dan Guariguata, M. 2008 Participatory monitoring in tropical forest management: a review of tools, concepts and lessons learned. Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia.
- Evans, K., Velarde, S.J., Prieto, R.P., Rao, S.N., Sertzen, S., Davila, K., Cronkleton, P. dan de Jong, W. 2006 Field guide to the future: four ways for communities to think ahead. Center for International Forestry Research, Alternatives to Slash and Burn Consortium and World Agroforestry Centre, Nairobi.
- Evans, K., de Jong, W. dan Cronkleton, P. 2008 Future scenarios as a tool for collaboration in forest communities. *Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society* 1: 97–103.
- Farber, S.C., Costanza, R. dan Wilson, M.A. 2002 Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. *Ecological Economics* 41: 375–392.
- Fischlin, A., Midgley, G.F., Price, J.T., Leemans, R., Gopal, B., Turley, C., Rounsevell, M.D.A., Dube, O.P., Tarazona, J. dan Velichko, A.A. 2007 Ecosystems, their properties, goods, and services. *Dalam*: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. dan Hanson, C.E. (eds.) *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 211–272. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

- Folke, C., Hahn, T., Olsson, P. dan Norberg, J. 2005 Adaptive governance of social-ecological systems. *Annual Review of Environment and Resources* 30: 441–473.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and Center for International Forestry Research (CIFOR) 2005 Forests and floods: drowning in fiction or thriving on facts? Forest Perspectives Series no. 2. CIFOR, Bogor, Indonesia. 40p.
- Foster, P. 2002 The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests. *Earth-Science Reviews* 55(1–2): 73–106.
- Füssel, H.M. 2007a Vulnerability: a generally applicable conceptual framework for climate change research. *Global Environmental Change* 17(2): 155–167.
- Füssel, H.M. 2007b Adaptation planning for climate change: concepts, assessment approaches, and key lessons. *Sustainability Science* 2: 265–275.
- Füssel, H.M. dan Klein, R.J.T. 2006 Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking. *Climatic Change* 75(3): 301–329.
- Giorgi, F. 2006 Climate change hot-spots. *Geophysical Research Letters* 33, L08707, doi: 10.1029/2006GL025734.
- Gitay, H., Suarez, A., Watson, R.T. dan Dokken, D.J. (eds.) 2002 Climate change and biodiversity. A Technical Paper of the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), Geneva, Switzerland.
- Glantz, M.H. (ed.) 2001 Once burned, twice shy? Lessons learned from the 1997–98 El Niño. United Nations University, Tokyo.
- Goldammer, J.G. dan Price, C. 1998 Potential impacts of climate change on fire regimes in the tropics based on MAGICC and a GISS GCM-derived lightning model. *Climatic Change* 39: 273–296.
- Granger Morgan, M., Pitelka, L.F. dan Shevliakova, E. 2001 Elicitation of expert judgments of climate change impacts on forest ecosystems. *Climatic Change* 49: 279–307.
- Guariguata, M.R., Cornelius, J.P., Locatelli, B., Forner, C. dan Sánchez-Azofeifa, G.A. 2008 Mitigation needs adaptation: tropical forestry and climate change. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 13: 793–808.
- Guijt, I. 2007 Negotiated learning: collaborative monitoring for forest resource management. RFF/CIFOR, Washington, DC.

- Hannah, L., Midgley, G.F., Lovejoy, T., Bond, W.J., Bush, M., Lovett, J.C., Scott, D. dan Woodward, F.I. 2002 Conservation of biodiversity in a changing climate. *Conservation Biology* 16(1): 264–268.
- Hansen, L.J., Biringer, J.L. dan Hoffman, J.R. 2003 *Buying time: a user's manual for building resistance and resilience to climate change in natural systems*. WWF, Climate Change Program, Berlin, Germany. 246p.
- Hartanto, H., Lorenzo, M.C.B., Valmore, C., Arda-Minas, L., Burton, L. dan Prabhu, R. 2003 *Learning together: responding to change and complexity to improve community forests in The Philippines*. Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia. 166p.
- Hein, L., van Koppen, K., de Groot, R.S. dan van Ierland, E.C. 2006 Spatial scales, stakeholders and the valuation of ecosystem services. *Ecological Economics* 57: 209–228.
- Hilbert, D.W., Ostendorf, B. dan Hopkins, M.S. 2001 Sensitivity of tropical forests to climate change in the humid tropics of north Queensland. *Austral Ecology* 26: 590–603.
- Hitz, S. dan Smith, J. 2004. Estimating global impacts from climate change. *Global Environmental Change Part A* 14(3): 201–218.
- Hughen, K.A., Eglinton, T.I., Xu, L. dan Makou, M. 2004 Abrupt tropical vegetation response to rapid climate changes. *Science* 304: 1955–1959.
- Hulme, P.E. 2005 Adapting to climate change: is there scope for ecological management in the face of a global threat? *Journal of Applied Ecology* 42: 784–794.
- Huq, S. dan Burton, I. 2003 *Funding adaptation to climate change: what, who and how to fund?* IIED (International Institute for Environment and Development) Sustainable Development Opinion Series, London, UK.
- Huq, S., Rahman, A., Konate, M., Sokona, Y. dan Reid, H. 2003 *Mainstreaming adaptation to climate change in least developed countries (LDCs)*. IIED (International Institute for Environment and Development), London, UK. 40p.
- Innes, J.L. dan Hickey, G.M. 2006 The importance of climate change when considering the role of forests in the alleviation of poverty. *International Forestry Review* 8(4): 406–416.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2007 *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* [Core Writing Team, Pachauri, R.K dan Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. 104p.

- IUCN 2003 Climate change and nature: adapting for the future. IUCN, Gland, Switzerland. 6p.
- Johnston, M. dan Williamson, T. 2007 A framework for assessing climate change vulnerability of the Canadian forest sector. *The Forestry Chronicle* 83(3): 358–361.
- Julius, S.H. dan West, J.M. (eds.) 2008 Preliminary review of adaptation options for climate-sensitive ecosystems and resources. A Report by the US Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research. US Environmental Protection Agency, Washington, DC. 873p.
- Kalame, F.N.J., Idinoba, M. dan Kanninen, M. In press. Matching national forest policies and management practices for climate change adaptation in Burkina Faso and Ghana. *Mitigation and Adaptation for Global Change*. doi 10.1007/s11027-008-9155-4.
- Kates, R.W. 2000 Cautionary tales: adaptation and the global poor. *Climatic Change* 45: 5–17.
- Killeen, T.J. dan Solórzano, L.A. 2008 Conservation strategies to mitigate impacts from climate change in Amazonia. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363: 1881–1888.
- Klein, R.J.T. 2006 Mainstreaming adaptation to climate change into official development assistance: promoting synergies or diverting money. University of Oslo, *Global Environmental Change and Human Security News* (Spring 2006): 4–6.
- Klein, R.J.T., Huq, S., Denton, F., Downing, T., Richels, R.G., Robinson, J.B. dan Toth, F.L. 2007 Inter-relationships between adaptation and mitigation. *Dalam*: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. dan Hanson, C.E. (eds.) *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 23–78. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Komarudin, H., Siagian, Y.L., Colfer, C.J.P., Neldysavrino, Syamsuddin dan Irawan, D. 2008 Collective action to secure property rights for the poor: a case study in Jambi Province, Indonesia. CAPRI [Collective Action and Property Rights] Working Paper No. 90, Washington, DC. 46p.
- Kusters, K. dan Belcher, B. (eds.) 2004 Forest products, livelihoods and conservation: case studies of non-timber forest product systems. Volume 1: Asia. CIFOR, Bogor, Indonesia. 365p.
- Lebel, L., Anderies, J.M., Campbell, B., Folke, C., Hatfield-Dodds, S., Hughes, T.P. dan Wilson, J. 2006 Governance and the capacity to manage

- resilience in regional social-ecological systems. *Ecology and Society* 11(1): 19 [online] <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art19/> (13 Nov. 2008).
- Leemans, R. dan Eickhout, B. 2004 Another reason for concern: regional and global impacts on ecosystems for different levels of climate change. *Global Environmental Change* 14: 219–228.
- Lemos, M.C., Boyd, E., Tompkins, E.L., Osbahr, H. dan Liverman, D. 2007 Developing adaptation and adapting development. *Ecology and Society* 12(2): 26 [online] <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss2/art26/> (13 Nov. 2008).
- Levy, M., Babu, S. dan Hamilton, K. 2005 Ecosystem conditions and human well-being. *Dalam: Ecosystems and human well-being. Volume 1: Current state and trends*, 123–164. Millennium Ecosystem Assessment Series. Island Press, Washington, DC.
- Lim, B. dan Spanger-Siegfried, E. (eds.) 2004 Adaptation policy frameworks for climate change: developing strategies, policies and measures. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 258p.
- Loope, L.L. dan Giambelluca, T.W. 1998 Vulnerability of island tropical montane cloud forests to climate change with special reference to East Maui, Hawaii. *Climatic Change* 39: 503–517.
- Ludwig, D. 2000 Limitations of economic valuation of ecosystems. *Ecosystems* 3: 31–35.
- Luers, A.L. 2005 The surface of vulnerability: an analytical framework for examining environmental change. *Global Environmental Change* 15: 214–223.
- Luers, A.L., Lobell, D., Sklar, L.S., Addams, C.L. dan Matson, P.M. 2003 A method for quantifying vulnerability, applied to the Yaqui Valley, Mexico. *Global Environmental Change* 13: 255–267.
- Macqueen, D. dan Vermeulen, S. 2006 Climate change and forest resilience. IIED [International Institute for Environment and Development] Sustainable Development Opinion, London, UK.
- Malcolm, J.R., Markham, A., Neilson, R.P. dan Garaci, M. 2002 Estimated migration rates under scenarios of global climate change. *Journal of Biogeography* 29: 835–849.
- Malcolm, J.R., Liu, C., Neilson, R.P., Hansen, L. dan Hannah, L. 2006 Global warming and extinctions of endemic species from biodiversity hotspots. *Conservation Biology* 20(2): 538–548.

- Mäler, K.G. 2008 Sustainable development and resilience in ecosystems. *Environmental Resource Economics* 39: 17–24.
- Malhi, Y., Roberts, J.T., Betts, R.A., Killeen, T.J., Li, W. dan Nobre, C.A. 2008 Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. *Science* 319(5860): 169–172.
- Markham, A. 1996 Potential impacts of climate change on ecosystems: review of implications for policymakers and conservation biologists. *Climate Research* 6: 179–191.
- McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J. dan White, K.S. (eds.) 2001 *Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- McCarty, J.P. 2001 Ecological consequences of recent climate change. *Conservation Biology* 15(2): 320–331.
- McDougall, C. 2002 Adaptive and collaborative management of community forests: Nepal country report. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Meehl, G.A., Zwiers, F., Evans, J., Knutson, T., Mearns, L.O. dan Whetton, P. 2000 Trends in extreme weather and climate events: issues related to modeling extremes in projections of future climate change. *Bulletin of the American Meteorological Society* 81: 427–436.
- Meehl, G.A., *et al.* 2007 Global climate projections. *Dalam*: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. dan Miller, H.L. (eds.) *Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK dan New York.
- Mendoza, G.A. dan Prabhu, R. 2005 Combining participatory modeling and multi-criteria analysis for community-based forest management. *Forest Ecology and Management* 207: 145–156.
- Metzger, M.J., Leemans, R. dan Schröter, D. 2005 A multidisciplinary multi-scale framework for assessing vulnerabilities to global change. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 7(4): 253–267.
- Metzger, M.J., Rounsevell, M.D.A., Acosta-Michlik, L., Leemans, R. dan Schröter, D. 2006 The vulnerability of ecosystem services to land use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114: 69–85.
- Midgley, G.F., Thuiller, W. dan Higgins, S.I. 2007 Plant species migration as a key uncertainty in predicting future impacts of climate change on ecosystems: progress and challenges. *Dalam*: Canadell, J., Pataki, D.E.

- dan Pitelka, L.F. (eds.) *Terrestrial ecosystems in a changing world*, 129–137. Springer-Verlag.
- Miles, L., Newton, A.C., DeFries, R.S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., Kapos, V. dan Gordon, J.E. 2006 A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography* 33(3): 491–505.
- Millar, C.I., Stephenson, N.L. dan Stephens, S.L. 2007 Climate change and forests of the future: managing in the face of uncertainty. *Ecological Applications* 17(8): 2145–2151.
- Millennium Ecosystem Assessment 2003 *People and ecosystems: a framework for assessment and action*. Island Press, Washington, DC.
- Millennium Ecosystem Assessment 2005 *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Mills, E. 2005 Insurance in a climate of change. *Science* 309: 1040–1044.
- Mitchell, T.D. dan Hulme, M. 1999 Predicting regional climate change: living with uncertainty. *Progress in Physical Geography* 23(1): 57–78.
- Mortimore, M. dan Adams, W.M. 2001 Farmer adaptation, change and crisis in the Sahel. *Global Environmental Change* 11(1): 49–57.
- Mortimore, M. dan Manvell, A. 2006 *Climate change: enhancing adaptive capacity*. NRSP [Natural Resource Systems Program] Brief. HTSPE, Hemel Hempstead, UK.
- Moss, R.H., Brenkert, A.L. dan Malone, E.L. 2001 *Vulnerability to climate change: a quantitative approach*. US Department of Energy, Oak Ridge, TN.
- Mueller, J.M. dan Hellmann, J.J. 2008 An assessment of invasion risk from assisted migration. *Conservation Biology* 2(3): 562–567.
- Müller, B. 2008 *International adaptation: the need for an innovative and strategic approach*. EV42. Oxford Institute for Energy Studies. 43p.
- Murdiyarso, D dan Lebel, L. 2007 Local and global perspectives of Southeast Asian forest and land fires. *Journal of Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12: 3–11.
- Murdiyarso, D., Robledo, C., Brown, S., Coto, O., Drexhage, J., Forner, C., Kanninen, M., Lipper, L., North, N. dan Rondon, M. 2005 Linkages between mitigation and adaptation in land-use change and forestry activities. *Dalam: Robledo, C., Kanninen, M. dan Pedroni, L. (eds.) Tropical forests and adaptation to climate change: in search of synergies*, 122–153. CIFOR, Bogor, Indonesia.

- Mwakifwamba, S. dan Mwakasonda, S. 2001 Assessment of vulnerability and adaptation to climate change in the forest sector in Tanzania. The Centre for Energy, Environment, Science and Technology (CEEST), Tanzania.
- Nabuurs, G.J., Masera, O., Andrasko, K., Benitez-Ponce, P., Boer, R., Dutschke, M., Elsiddig, E., Ford-Robertson, J., Frumhoff, P., Karjalainen, T. *et al.* 2007 Forestry. *Dalam*: Metz, B., Davidson, O.R., Bosch, P.R., Dave, R. dan Meyer, L.A. (eds.) Climate change 2007: mitigation. Contribution of Working Group III to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK dan New York.
- Nakicenovic, N. dan Swart, R. (eds.) 2000 Emissions scenarios. Cambridge University Press, UK. 432p.
- Nasi, R., Brown, D., Wilkie, D., Bennett, E., Tutin, C., van Tol, G. dan Christophersen, T. 2008 Conservation and use of wildlife-based resources: the bushmeat crisis. Technical Series no. 33. Secretariat of the Convention on Biological Diversity and Center for International Forestry Research (CIFOR), Montreal dan Bogor, Indonesia. 50p.
- National Research Council 2004 Valuing ecosystem services: toward better environmental decision-making. National Academies Press, Washington, DC. 290p.
- Nepstad, D.C., Stickler, C.M., Soares-Filho, B. dan Merry, F. 2008 Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363(1498): 1737–1746.
- Nijkamp, P., Vindigni, G. dan Nunes, P.A.L.D. 2008 Economic valuation of biodiversity: a comparative study. *Ecological Economics* 67(2): 217–231.
- Norton, B.G. dan Noonan, D. 2007 Ecology and valuation: big changes needed. *Ecological Economics* 63: 664–675.
- Noss, R.F. 2001 Beyond Kyoto: forest management in a time of rapid climate change. *Conservation Biology* 15(3): 578–590.
- O'Brien, K., Leichenko, R., Kelkar, U., Venema, H., Aandahl, G., Tompkins, H., Javed, A., Bhadwal, S., Barg, S., Nygaard, L. dan West, J. 2004 Mapping vulnerability to multiple stressors: climate change and globalization in India. *Global Environmental Change* 14: 303–313.
- Ogden, A.E. dan Innes, J.L. 2008. Climate change adaptation and regional forest planning in southern Yukon, Canada. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 13: 833–861.

- Orlove, B. 2005 Human adaptation to climate change: a review of three historical cases and some general perspectives. *Environmental Science and Policy* 8(6): 589–600.
- Paavola, J. dan Adger, W.N. 2006 Fair adaptation to climate change. *Ecological Economics* 56: 594–609.
- Parry, M.L., Canziani, O.F. dan Palutikof, J.P. 2007 Technical summary. *Dalam: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. dan Hanson, C.E. (eds.) Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 23–78.* Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Pattanayak, S.K. 2004 Valuing watershed services: concepts and empirics from Southeast Asia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104: 171–184.
- Pearson, R.G. 2006 Climate change and the migration capacity of species. *Trends in Ecology and Evolution* 21(3): 111–113.
- Pelling, M dan High, C. 2005 Understanding adaptation: what can social capital offer assessments of adaptive capacity? *Global Environmental Change A* 15(4): 308–319.
- Peterson, G., Allen, C.R. dan Holling, C.S. 1998 Ecological resilience, biodiversity, and scale. *Ecosystems* 1: 6–18.
- Pfund, J.L., Watts, J.D., Boffa, J., Colfer, C.J., Dewi, S., Guizol, P., Levang, P., van Noordwijk, M., Rantala, S., Shanley, P. dan Swallow, B. 2008 Integrating livelihoods and multiple biodiversity values in landscape mosaics: research guidelines. CIFOR dan ICRAF, Bogor, Indonesia dan Nairobi, Kenya. <http://www.biodiversityplatform.cgiar.org>.
- Pounds, J.A., Fogdan, M.P.L. dan Campbell, J.H. 1999 Biological response to climate change on a tropical mountain. *Nature* 398: 611–615.
- Prabhu, R. dan Colfer, C.J.P. 1996 Testing criteria and indicators for the sustainable management of forests: a report on phase I of the CIFOR research project. GTZ Wald-Info dan CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Prabhu, R., Maynard, W., Atyi, R.E., Colfer, C.J.P., Shepherd, G., Venkateswarlu, P. dan Tiayon, F. 1998 Testing and developing criteria and indicators for sustainable forest management in Cameroon: the Kribi test. Final report. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Price, D.T. dan Flannigan, M.D. 2000 Modelling impacts of climate change on forests and forestry using climate scenarios. *Dalam: Cramer, W., Doherty, R., Hulme, M. dan Viner, D. (eds.) Climate scenarios for agricultural and ecosystem impacts. Proceedings of the EU Concerted*

- Action Initiative ECLAT-2 Workshop 2, Potsdam, Germany, 13–15 October 2000. Climatic Research Unit, Norwich, UK.
- Pritchard, L., Folke, C. dan Gunderson, L. 2000 Valuation of ecosystem services in institutional context. *Ecosystems* 3: 36–40.
- Ramakrishnan, P.S. 2007 Traditional forest knowledge and sustainable forestry: a north-east India perspective. *Forest Ecology and Management* 249(1–2): 91–99.
- Randal, D.A., Wood, R.A., Bony, S., Colman, R., Fichefet, T., Fyfe, J., Kattsov, V., Pitman, A., Shukla, J., Srinivasan, J. *et al.* 2007 Climate models and their evaluation. *Dalam: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. dan Miller, H.L. (eds.) Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, UK dan New York.
- Ravindranath, N.H. 2007 Mitigation and adaptation synergy in forest sector. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12(5): 843–853.
- Ribot, J.C. 2001 Science, use rights and exclusion: a history of forestry in Francophone West Africa. *Issues Paper 104.* IIED, London, UK.
- Ribot, J.C., Agrawal, A. dan Larson, A.M. 2006 Recentralizing while decentralizing: how national governments reappropriate forest resources. *World Development* 34: 1864–1886.
- Root, T.L., Price, J.T., Hall, K.R., Schneider, S.H., Rosenzweig, C. dan Pounds, J.A. 2003 Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421: 57–60.
- Saji, N.H., Goswami, B.N., Vinayachandran, P.N. dan Yamagata, T. 1999 A dipole mode in the tropical Indian Ocean. *Nature* 401: 360–363.
- Salinger, M.J. 2005 Climate variability and change: past, present and future—an overview. *Climatic Change* 70: 9–29.
- Schröter, D., Polsky, C. dan Patt, A.G. 2005 Assessing vulnerabilities to the effects of global change: an eight step approach. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 10: 573–596.
- Shea, G.A., Francisca, I. dan Andaryati, A. 2005. Gender and climate change in Indonesia. *Dalam: Murdiyarto D. dan Herawati H. (eds.) Carbon forestry: who will benefit? Proceedings of workshop on carbon sequestration and sustainable livelihoods*, 176–196. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Shvidenko, A., Barber, C.V. dan Persson, R. 2005 Forest and woodland systems. *Dalam: Ecosystems and human well-being. Volume 1: Current state and trends*, 585–621. Millennium Ecosystem Assessment Series. Island Press, Washington, DC.

- Smit, B., Burton, I., Klein, R.J.T. dan Street, R. 1999 The science of adaptation: a framework for assessment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 4: 199–213.
- Smithers, J. dan Smit, B. 1997 Human adaptation to climatic variability and change. *Global Environmental Change* 7(2): 129–146.
- Solomon, S., *et al.* 2007 Technical summary. *Dalam: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. dan Miller, H.L. (eds.) Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, UK dan New York.
- Spittlehouse, D.L. 2005 Integrating climate change adaptation into forest management. *The Forestry Chronicle* 81: 691–695.
- Spittlehouse, D.L. dan Stewart, R.B. 2003 Adaptation to climate change in forest management. *BC Journal of Ecosystems and Management* 4(1): 1–11.
- Stern, N. 2007 *The economics of climate change: the Stern review.* Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Sullivan, C. dan Meigh, J. 2005 Targeting attention on local vulnerabilities using an integrated index approach: the example of the Climate Vulnerability Index. *Water Science and Technology* 51(5): 69–78.
- Sunderland, T.C.H. dan Ndoye, O. (eds.) 2004 *Forest products, livelihoods and conservation: case studies of non-timber forest product systems. Volume 2: Africa.* CIFOR, Bogor, Indonesia. 333p.
- Sutcliffe, S. dan Court, J. 2006 *A toolkit for progressive policymakers in developing countries.* ODI, Research and Policy in Development Programme, London, UK.
- Tacconi, L. 2007 Decentralization, forests and livelihoods: theory and narrative. *Global Environmental Change – Human and Policy Dimensions* 17: 338–348.
- Tompkins, E.L. dan Adger, W.N. 2004 Does adaptive management of natural resources enhance resilience to climate change? *Ecology and Society* 9(2): 10 [online] <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art10/> (13 Nov. 2008).
- Trenberth, K.E. dan Hoar, T.J. 1996 The 1990-1995 El Nino-Southern oscillation event: longest on record. *Geophysical Research Letters* 23: 57–60.
- Trenberth, K.E., *et al.* 2007 Observations: surface and atmospheric climate change. *Dalam: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. dan Miller, H.L. (eds.) Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to*

- the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK dan New York.
- Turner II, B.L., *et al.* 2003 A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100: 8074–8079.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) 2007 Climate change: impacts, vulnerabilities and adaptation in developing countries. UNFCCC, Bonn, Germany. 68p.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) 2008 Submitted national communications and national action programs for adaptation under the UNFCCC. <http://unfccc.int> (30 Sep. 2008).
- Vinayachandran, P.N., Iizuka, S. dan Yamagata, T. 2002 Indian Ocean dipole mode events in an ocean general circulation model. *Deep Sea Research II* 49: 1573–1596.
- Vincent, K. 2004 Creating an index of social vulnerability for Africa. Working Paper 56. Tyndall Centre for Climate Change Research, University of East Anglia, Norwich, UK.
- Walker, B.H. 1992 Biodiversity and ecological redundancy. *Conservation Biology* 6: 18–23.
- Walker, B.H. 1995 Conserving biological diversity through ecosystem resilience. *Conservation Biology* 9: 747–752.
- Walker, B., Holling, C.S., Carpenter, S.R. dan Kinzig, A. 2004 Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. *Ecology and Society* 9(2): 5. <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5> (13 Nov. 2008).
- Watson, R.T., Noble, I.R., Bolin, B., Ravindranath, N.H., Verardo, D.J. dan Dokken, D.J. (eds.) 2000 Land use, land-use change, and forestry. Special Report of the IPCC. Cambridge University Press. 377p.
- Wollenberg, E., Edmunds, D. dan Buck, L. 1999 Using scenarios to make decisions about the future: anticipatory learning for the adaptive co-management of community forests. *Landscape and Urban Planning* 47: 65–77.
- World Bank 2006 The costs of impacts of climate change and adaptation. *Dalam: Clean energy and development: towards an investment framework*, 143–144. World Bank, Washington, DC.
- World Resources Institute (WRI), IUCN and United Nations Environment Programme (UNEP) 1992 Global biodiversity strategy. WRI, IUCN dan UNEP, Washington, DC.

- Wright, S.J. 2005 Tropical forests in a changing environment. *Trends in Ecology and Evolution* 20(10): 553–560.
- Wunder, S. 2005 Payments for environmental services: some nuts and bolts. Occasional Paper no. 42. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Yuliani, E.L., Adnan, H. dan Indriatmoko, Y. 2008a The use of appreciative inquiry as a tool for enhancing adaptive capacity in natural resources management. Paper presented to International Association for the Study of the Commons, Cheltenham, UK, July 2008.
- Yuliani, E.L., Indriatmoko, Y., Valentinus, H., Ernawati, S., Prasetyo, L.B. dan Zul, M.S. 2008b Promoting good governance in managing Danau Sentarum National Park through adaptive collaborative management approach. *Dalam*: Manos, B. dan Papathanasiou, J. (eds.) Governance and ecosystems management for conservation of biodiversity. Gemconbio Project, EU dan Aristotle University of Thessaloniki.

Reaksi internasional yang paling menonjol atas perubahan iklim terfokus pada mitigasi (pengurangan akumulasi gas-gas rumah kaca) daripada adaptasi (pengurangan kerentanan masyarakat dan ekosistem). Namun, dengan adanya perubahan iklim yang tak terhindarkan, adaptasi menjadi penting dalam arena kebijakan dan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari negosiasi menuju kerangka kerja internasional yang sedang berlangsung.

Laporan ini mengungkapkan masalah adaptasi untuk hutan tropis (pengurangan dampak perubahan iklim terhadap hutan dan jasa ekosistemnya) dan hutan tropis untuk adaptasi (pemanfaatan hutan untuk membantu penduduk setempat dan masyarakat secara umum beradaptasi terhadap perubahan yang akan terjadi).

Kebijakan-kebijakan di bidang kehutanan, perubahan iklim dan sektor-sektor lain perlu memperhatikan isu-isu tersebut dengan tetap menjaga keterpaduan antara satu dengan lainnya. Pendekatan antar sektor menjadi penting bila keuntungan yang dihasilkan dari satu wilayah tidak hilang atau dikurangi di wilayah lain. Terlebih lagi, institusi-institusi yang terlibat dalam pembuatan dan penerapan kebijakan perlu bersikap fleksibel dan mampu belajar dalam situasi yang berhubungan dengan manusia serta lingkungan yang dinamis. Semua unsur ini perlu diterapkan di semua tingkatan dari komunitas lokal hingga pemerintah nasional dan institusi-institusi internasional.

Laporan ini menyertakan lampiran menyangkut skenario iklim, konsep-konsep, kebijakan serta pendanaan internasional.



Center for International Forestry Research

CIFOR memajukan kesejahteraan manusia, konservasi lingkungan dan kesetaraan melalui penelitian yang berorientasi pada kebijakan dan praktek kehutanan di negara berkembang. CIFOR merupakan salah satu dari 15 pusat penelitian dalam Kelompok Konsultatif bagi Penelitian Pertanian Internasional (Consultative Group on International Agricultural Research – CGIAR). CIFOR berkantor pusat di Bogor, Indonesia dengan kantor wilayah di Asia, Afrika dan Amerika Selatan.

