

Ringkasan Resmi

Bukti ilmiah saat ini sungguh-sungguh menunjukkan bahwa: perubahan iklim merupakan ancaman global yang serius, dan ini membutuhkan tanggapan global yang mendesak.

Tinjauan independen ini ditugaskan oleh Menteri Keuangan, dengan memberikan laporan kepada Menteri Keuangan dan Perdana Menteri, sebagai sebuah kontribusi untuk membahas bukti-bukti dan membangun pengertian akan ekonomi perubahan iklim.

Tinjauan ini pertama memeriksa bukti mengenai dampak ekonomi dari perubahan iklim itu sendiri, dan mempelajari ekonomi dari stabilisasi gas rumah kaca di atmosfer. Bagian kedua dari Tinjauan ini mempertimbangkan tantangan kebijakan yang rumit yang terlibat dalam mengelola transisi menuju ekonomi rendah karbon dan dalam menjamin bahwa masyarakat dapat beradaptasi terhadap konsekuensi perubahan iklim yang tidak lagi dapat dihindari.

Tinjauan ini mengambil perspektif internasional. Perubahan iklim merupakan hal yang global dalam penyebab dan konsekuensinya, dan tindakan bersama internasional akan menjadi penting dalam mendorong sebuah tanggapan yang efektif, efisien dan pantas dalam skala yang dibutuhkan. Tanggapan ini akan membutuhkan kerjasama internasional yang lebih dalam di banyak bidang – terutama dalam menciptakan isyarat harga dan pasar untuk karbon, memacu penelitian teknologi, pembangunan dan penyebaran, dan memajukan adaptasi, terutama untuk negara berkembang.

Perubahan iklim memberikan sebuah tantangan yang unik untuk ekonomi: hal tersebut merupakan kegagalan pasar terbesar dan memiliki kisaran terluas yang pernah ada. Karena itu analisis ekonomi haruslah bersifat global, menghadapi cakrawala jangka panjang, memiliki ekonomi resiko dan ketidakpastian di tingkat pusat, dan memeriksa kemungkinan perubahan yang utama dan non-marjinal. Untuk memenuhi persyaratan ini, Tinjauan ini mengambil ide-ide dan teknik-teknik dari bidang-bidang terpenting dari ekonomi, termasuk banyak kemajuan-kemajuan terbaru.

Keuntungan dari tindakan yang keras dan dini dalam menghadapi perubahan iklim lebih banyak daripada kerugiannya

Efek dari tindakan kita sekarang akan perubahan iklim di masa mendatang memiliki waktu peranan penting yang panjang. Yang kita lakukan sekarang hanya dapat mendapatkan sebuah efek terbatas pada iklim sampai 40 atau 50 tahun mendatang. Di sisi lain yang kita lakukan dalam 10 atau 20 tahun mendatang dapat menyebabkan efek yang sangat besar pada iklim di pertengahan akhir abad ini dan seterusnya.

Tak ada yang dapat memperkirakan konsekuensi perubahan iklim secara pasti; tetapi sekarang kita mempunyai cukup pengetahuan untuk bisa mengerti resiko-resikonya. Mitigasi – mengambil tindakan keras untuk mengurangi emisi – harus dilihat sebagai sebuah investasi, sebuah biaya yang muncul sekarang dan dalam beberapa dekade mendatang untuk menghindari resiko konsekuensi yang sangat parah di masa mendatang. Jika investasi-investasi ini dibuat secara bijaksana, biayanya akan dapat ditangani, dan akan terdapat banyak kesempatan untuk pertumbuhan dan pembangunan seiring dengan hal tersebut. Agar hal ini berjalan lancar, kebijakan

harus memajukan isyarat pasar yang aman, menangani kegagalan pasar dan memiliki keseimbangan dan mitigasi resiko pada intinya. Hal tersebut secara esensial merupakan kerangka kerja konseptual Tinjauan ini.

Tinjauan ini mempertimbangkan biaya ekonomi dari dampak perubahan iklim, dan biaya dan keuntungan dari tindakan mengurangi emisi gas rumah kaca (GHG) yang menyebabkannya, dalam tiga cara berbeda:

- Menggunakan teknik desegrasi, dengan kata lain mempertimbangkan dampak fisik perubahan iklim pada ekonomi, pada kehidupan manusia dan pada lingkungan, dan mempertimbangkan biaya sumber daya untuk teknologi dan strategi yang berbeda untuk mengurangi emisi gas rumah kaca;
- Menggunakan model ekonomi, termasuk model pembahasan utuh yang memperkirakan dampak ekonomi perubahan iklim, dan model makro-ekonomi yang merepresentasikan biaya dan dampak dari transisi menuju sistem energi rendah karbon untuk ekonomi secara keseluruhan;
- Menggunakan perbandingan tingkat saat ini dan lintasan di masa depan untuk 'biaya sosial karbon' (biaya dampak yang terkait dengan sebuah unit tambahan dari emisi gas rumah kaca) dengan biaya peredaan marjinal (biaya yang terkait dengan pengurangan penambahan dalam unit emisi).

Dari semua perspektif ini, bukti yang dikumpulkan oleh Tinjauan ini merujuk pada sebuah kesimpulan sederhana: keuntungan dari tindakan yang keras dan dini secara umum lebih banyak dari biayanya.

Bukti tersebut menunjukkan bahwa mengabaikan perubahan iklim pada akhirnya akan merusak pertumbuhan ekonomi. Tindakan kita sampai beberapa dekade mendatang dapat menciptakan resiko gangguan besar pada kegiatan ekonomi dan sosial, nantinya di abad ini dan seterusnya, dengan skala yang serupa dengan hal-hal yang diasosiasikan dengan perang-perang besar dan depresi ekonomi di pertengahan awal abad ke-20. Dan akan menjadi sulit atau mustahil untuk memutarbalikkan perubahan ini. Menangani perubahan iklim merupakan strategi pro-pertumbuhan untuk jangka yang lebih panjang, dan dapat dilakukan dengan cara yang tidak membatasi aspirasi pertumbuhan bagi negara kaya ataupun miskin. Semakin dini tindakan efektif dilaksanakan, semakin rendah biayanya.

Di saat yang sama, melihat bahwa perubahan iklim sedang terjadi, cara-cara untuk menolong masyarakat untuk beradaptasi dengan hal tersebut sangatlah penting. Dan semakin sedikit mitigasi yang kita lakukan sekarang, semakin besar kesulitan untuk terus beradaptasi di masa mendatang.

Paruh pertama dari Tinjauan ini mempertimbangkan bagaimana bukti dari dampak ekonomi perubahan iklim, dan dari biaya dan keuntungan tindakan mengurangi emisi gas rumah kaca, berkaitan dengan kerangka kerja konseptual yang dijelaskan di atas.

Bukti-bukti ilmiah menunjuk pada meningkatnya resiko dampak yang serius dan tidak dapat dikembalikan dari perubahan iklim yang terkait dengan pemikiran business-as-usual (BAU - atau kerja sebagaimana biasa) untuk emisi.

Bukti-bukti ilmiah mengenai penyebab dan jalan perubahan iklim di masa mendatang semakin menguat di sepanjang waktu. Khususnya, para ilmuwan sekarang mampu melampirkan probabilitas pada hasil dan dampak suhu pada lingkungan alami terkait dengan tingkat stabilisasi gas rumah kaca di atmosfer yang berbeda-beda. Para ilmuwan juga sekarang mengerti lebih banyak mengenai potensi arus balik dinamis yang, di masa perubahan iklim yang lalu, telah memperkuat proses fisik yang mendasar.

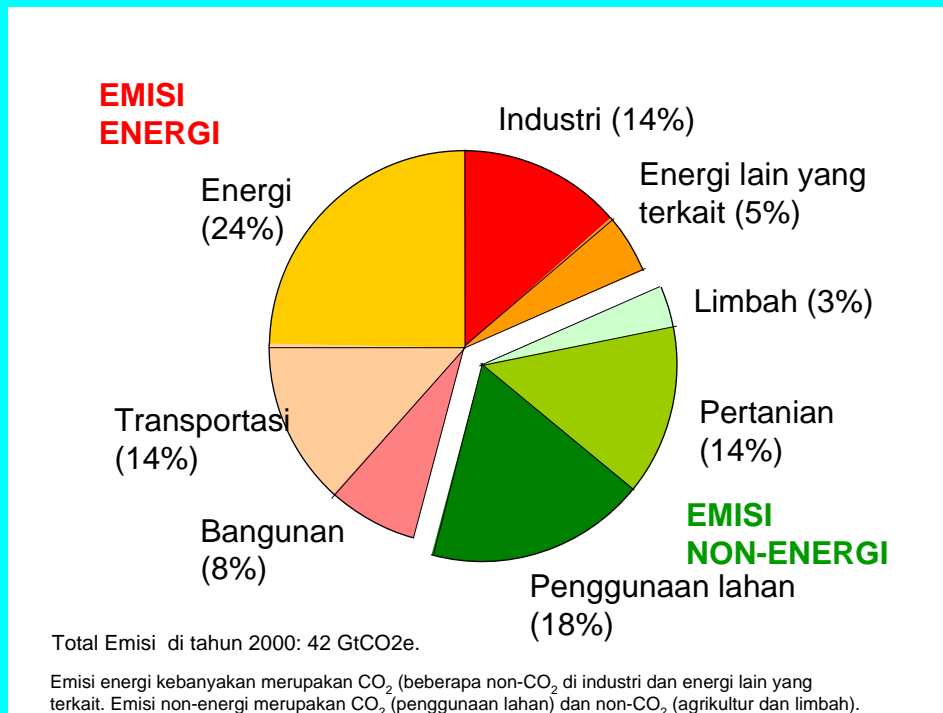
Persediaan gas rumah kaca di atmosfer (termasuk karbon dioksida, metan, nitrus oksida dan sejumlah gas yang muncul dari proses industri) sedang meningkat, sebagai hasil dari kegiatan manusia. Sumber-sumbernya diringkas dalam Bagan 1 di bawah.

Tingkat persediaan gas rumah kaca di atmosfer saat ini sama dengan sekitar 430 *parts per million* (ppm atau bagian per juta) CO₂¹, dibandingkan dengan hanya 280ppm sebelum Revolusi Industri. Konsentrasi ini sudah mengakibatkan dunia memanas lebih dari setengah derajat Celsius dan akan menuju paling tidak setengah derajat pemanasan lebih jauh sampai beberapa dekade mendatang, karena inersia dalam sistem iklim.

Bahkan jika arus emisi tahunan tidak meningkat melebihi tingkat saat ini, persediaan gas rumah kaca di atmosfer akan mencapai dua kali lipat tingkat pra-industri di tahun 2050 – yaitu 550ppm CO₂e – dan akan terus tumbuh setelahnya. Tetapi arus emisi tahunan semakin cepat, bersama ekonomi yang tumbuh dengan cepat berinvestasi di infrastruktur karbon-tinggi dan dengan meningkatnya permintaan energi dan transportasi di seluruh dunia. Tingkat 550ppm CO₂e dapat dicapai dengan dini di tahun 2035. Pada tingkat ini ada paling tidak kemungkinan sebesar 77% – dan kemungkinannya bisa sampai 99% , tergantung pada model iklim yang digunakan – bahwa kenaikan suhu rata-rata global akan melebihi 2°C.

¹ Setelah ini disebut sebagai CO₂ ekuivalen, CO₂e

Gambar 1 Emisi gas-rumah kaca di tahun 2000, ditinjau dari sumber



Sumber: Dipersiapkan oleh Tinjauan Stern, dari data yang diambil dari *database on-line* Alat Indikator Analisis Iklim (CAIT) Institut Sumber Daya Dunia versi 3.0.

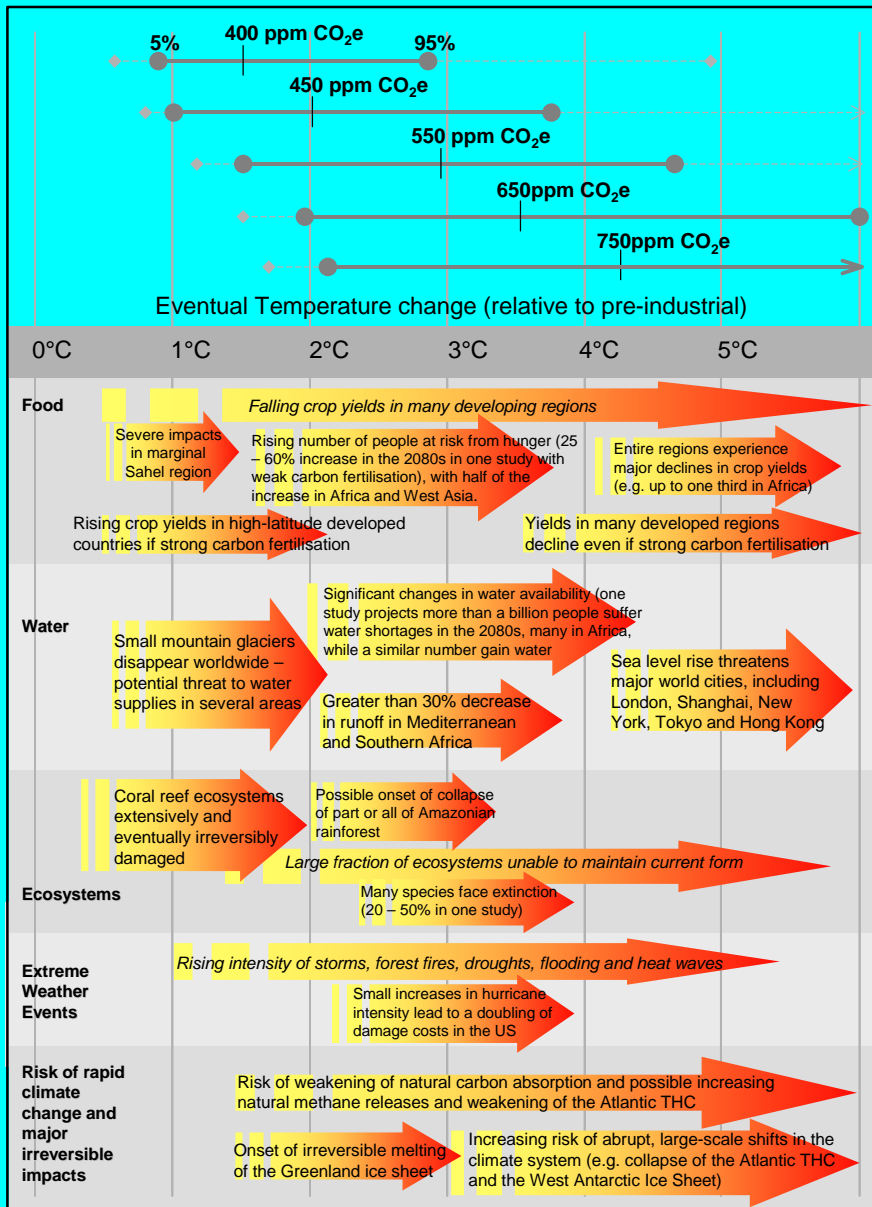
Di bawah sebuah skenario BAU (Kerja sebagaimana bisa), persediaan gas rumah kaca dapat menjadi lebih dari tiga kali lipat di akhir abad ini, memberikan paling tidak 50% resiko bahwa perubahan suhu rata-rata global melebihi 5°C selama abad mendatang. Hal ini akan membawa manusia ke dalam teritori yang tidak diketahui. Sebuah ilustrasi skala akan peningkatan semacam itu adalah bahwa saat ini kita hanya sekitar 5°C lebih panas dari zaman es yang lalu.

Perubahan semacam itu akan mentransformasi geografi fisik dunia. Sebuah perubahan radikal dalam geografi fisik dunia pastilah memiliki implikasi yang kuat terhadap geografi manusia – di mana masyarakat hidup, dan cara mereka hidup.

Gambar 2 meringkas bukti ilmiah dari hubungan antara konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer, probabilitas tingkat perubahan suhu rata-rata global yang berbeda, dan dampak fisik yang diperkirakan untuk setiap tingkat. Resiko akan dampak perubahan iklim yang serius dan tidak dapat dikembalikan meningkat secara kuat bersamaan dengan meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer.

Gambar 2 Tingkat stabilisasi dan kisaran probabilitas untuk peningkatan suhu

Gambar di bawah mengilustrasikan tipe dampak yang dapat dialami saat dunia mencapai keseimbangan dengan lebih banyak gas rumah kaca. Panel teratas menunjukkan kisaran suhu yang diproyeksikan di tingkat stabilisasi antara 400ppm and 750ppm CO₂e di titik keseimbangan. Garis horizontal yang tebal mengindikasikan kisaran 5 - 95% berdasarkan perkiraan sensitivitas iklim dari IPCC 2001² dan sebuah penelitian Pusat Hadley baru-baru ini³. Garis vertikal mengindikasikan titik tengah dari titik persentil yang ke-50. Garis putus-putus menunjukkan kisaran 5 - 95% berdasarkan sebelas penelitian terbaru⁴. Panel terbawah mengilustrasikan kisaran dampak yang diperkirakan di tingkat pemanasan yang berbeda. Hubungan antara perubahan suhu rata-rata global dan perubahan iklim regional sangatlah tidak pasti, terutama dengan memperhatikan perubahan pada presipitasi (lihat Kotak 4.2). Gambar ini menunjukkan perubahan potensial berdasarkan kepustakaan ilmiah terbaru.



² Wigley, T.M.L. dan S.C.B. Raper (2001): 'Interpretation of high projections for global-mean warming', Science **293**: 451-454 berdasarkan Panel Antar Pemerintah mengenai Perubahan Iklim (2001): 'Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change' [Houghton JT, Ding Y, Griggs DJ, et al. (eds.)], Cambridge: Cambridge University Press.

³ Murphy, J.M., D.M.H. Sexton D.N. Barnett et al. (2004): 'Quantification of modelling uncertainties in a large ensemble of climate change simulations', Nature **430**: 768 - 772

⁴ Meinshausen, M. (2006): 'What does a 2°C target mean for greenhouse gas concentrations? A brief analysis based on multi-gas emission pathways and several climate sensitivity uncertainty estimates', Avoiding dangerous climate change, in H.J. Schellnhuber et al. (eds.), Cambridge: Cambridge University Press, pp.265 - 280.

Perubahan iklim mengancam elemen kehidupan dasar masyarakat di seluruh dunia – akses terhadap air, produksi makanan, kesehatan, dan penggunaan lahan dan lingkungan.

Memperkirakan biaya ekonomi dari perubahan iklim sangatlah menantang, tetapi terdapat sejumlah metode atau pendekatan yang memungkinkan kita membahas skala resiko yang mungkin dan membandingkannya dengan biayanya. Tinjauan ini mempertimbangkan tiga dari pendekatan-pendekatan ini.

Tinjauan ini telah mempertimbangkan terlebih dahulu secara rinci mengenai dampak fisik pada kegiatan ekonomi, pada kehidupan manusia dan pada lingkungan.

Kecenderungan saat ini, suhu global rata-rata akan naik hingga 2 - 3°C dalam lima puluh tahun mendatang atau sekitarnya.⁵ Bumi akan mengalami pemanasan sebesar beberapa derajat lagi jika emisi terus meningkat.

Pemanasan akan memiliki banyak dampak yang hebat, seringkali dimediasi melalui air:

- Gletser yang meleleh pada awalnya akan meningkatkan resiko banjir dan lalu mengurangi persediaan air, pada akhirnya mengancam satu per enam populasi dunia, terutama di sub-benua India, beberapa bagian Cina, dan Andes di Amerika Selatan.
- Hasil panen yang menurun, terutama di Afrika dapat menyebabkan hilangnya kemampuan ratusan ribu orang untuk memproduksi atau membeli cukup makanan. Pada ketinggian medium sampai tinggi, hasil panen dapat meningkat karena kenaikan suhu moderat (2 - 3°C), tetapi lalu merosot dengan jumlah pemanasan yang lebih besar. Pada suhu 4°C dan di atasnya, produksi makanan global sangat mungkin terkena dampak yang serius.
- Pada ketinggian yang lebih tinggi, kematian yang terkait dengan suhu dingin akan menurun. Tetapi perubahan iklim akan meningkatkan kematian di seluruh dunia dikarenakan malnutrisi dan serangan panas. Penyakit yang ditularkannya melalui vektor seperti malaria dan demam berdarah dapat menyebar lebih luas jika tidak ada cara-cara kontrol yang efektif.
- Tingkat ketinggian laut yang meningkat akan menyebabkan puluhan hingga ratusan juta lebih orang mengalami banjir setiap tahun dengan pemanasan sebesar 3 or 4°C. Akan terdapat resiko yang serius dan tekanan untuk perlindungan pantai yang meningkat di Asia Tenggara (Bangladesh dan Vietnam), kepulauan kecil di Karibia dan Pasifik, dan kota-kota pantai besar, seperti Tokyo, New York, Kairo dan London. Menurut sebuah perkiraan, di pertengahan abad ini, 200 juta orang dapat kehilangan tempat tinggal secara permanen karena tingkat ketinggian laut yang meningkat, banjir yang lebih hebat, dan kekeringan yang lebih berat.
- Ekosistem terutama akan menjadi rapuh terhadap perubahan iklim, dengan sekitar 15 - 40% spesies berpotensi menghadapi kepunahan setelah hanya 2°C pemanasan. Dan pengasaman lautan, sebuah hasil langsung dari tingkat karbon dioksida yang meningkat, akan membawa dampak besar pada

⁵ All changes in global mean suhue are expressed relative to pre-industrial levels (1750 - 1850).

ekosistem kelautan, dengan kemungkinan konsekuensi yang merugikan pada persediaan ikan.

Kerusakan dari perubahan iklim akan mempercepat pemanasan dunia.

Suhu yang lebih tinggi akan meningkatkan resiko memicu perubahan tiba-tiba dan berskala besar.

- Pemanasan dapat menyebabkan pergeseran pola cuaca regional secara tiba-tiba seperti hujan angin di Asia Selatan atau fenomena El Niño – perubahan yang akan menyebabkan konsekuensi berat untuk ketersediaan air dan banjir di daerah-daerah tropis dan mengancam hajat hidup jutaan orang.
- Sejumlah penelitian mengatakan bahwa hutan hujan Amazon dapat rentan terhadap perubahan iklim, dengan model-model yang memproyeksikan kekeringan yang signifikan di daerah ini. Satu model, contohnya, menemukan bahwa hutan hujan Amazon dapat rusak secara signifikan, dan mungkin tak dapat dikembalikan seperti semula oleh pemanasan sebesar 2 - 3°C.
- Lapisan es yang meleleh atau hancur pada akhirnya akan mengancam lahan yang saat ini menjadi rumah untuk 1 dari 20 orang.

Sementara terdapat banyak hal yang perlu dipelajari mengenai resiko ini, suhu yang mungkin disebabkan oleh perubahan iklim yang tak mereda akan membawa dunia keluar dari kisaran pengalaman manusia. Hal ini menunjuk kepada kemungkinan konsekuensi yang sangat merusak.

Dampak perubahan iklim tidak terbagi secara merata – negara dan masyarakat yang paling miskin akan menjadi yang paling pertama dan paling menderita. Dan jika dan saat kerusakan muncul, akan terlambat untuk membalikkan proses tersebut. Maka kita dipaksa untuk melihat jauh ke depan.

Perubahan iklim adalah sebuah ancaman besar terhadap dunia berkembang dan sebuah rintangan besar untuk pengurangan kemiskinan berkelanjutan di seluruh dimensi-dimensinya. Pertama, daerah berkembang berada pada keadaan geografis yang merugikan: mereka umumnya sudah berada pada kondisi lebih panas daripada daerah berkembang, dan mereka juga menderita dari variasi curah hujan yang tinggi. Sebagai hasilnya, pemanasan lebih lanjut akan membawa biaya tinggi dan keuntungan yang sedikit bagi negara miskin. Kedua, negara berkembang – terutama yang termiskin – sangat bergantung pada pertanian, sektor yang paling sensitif terhadap iklim dibandingkan semua sektor ekonomi, dan menderita karena kurangnya fasilitas kesehatan dan pelayanan masyarakat yang berkualitas rendah. Ketiga, pendapatan rendah dan kerentanan mereka membuat adaptasi terhadap perubahan iklim menjadi sulit.

Karena kerentanan-kerentanan ini, perubahan iklim sangat mungkin mengurangi pendapatan yang sudah rendah dan meningkatkan tingkat penyakit dan kematian di negara berkembang. Pendapatan pertanian yang jatuh akan meningkatkan kemiskinan dan mengurangi kemampuan keluarga untuk berinvestasi untuk masa depan yang lebih baik, memaksa mereka untuk menggunakan simpanan yang amat kecil hanya untuk bertahan hidup. Pada tingkat nasional, perubahan iklim akan mengurangi pendapatan dan meningkatkan pengeluaran, ini akan memperburuk keuangan negara.

Banyak negara berkembang sudah berjuang untuk mengatasi iklim mereka saat ini. Guncangan iklim mengakibatkan kemunduran bagi pembangunan ekonomi dan sosial di negara berkembang saat ini bahkan dengan peningkatan suhu sebesar

kurang dari 1°C. Dampak perubahan iklim yang tidak mereda, - yaitu, peningkatan sebesar 3 atau 4°C dan seterusnya – akan meningkatkan resiko dan biaya peristiwa ini secara kuat.

Dampak akan skala ini dapat mempengaruhi perbatasan nasional, memperburuk kerusakan lebih jauh. Tingkat ketinggian laut yang meningkat dan perubahan lain yang didorong oleh iklim dapat mendorong jutaan orang untuk bermigrasi: lebih dari seperlima orang Bangladesh dapat berada di bawah air dengan kenaikan 1m pada tingkat ketinggian laut, yang merupakan sebuah kemungkinan di akhir abad ini. Guncangan yang terkait dengan iklim telah memercikkan konflik kekerasan di masa lalu, dan konflik adalah sebuah resiko yang serius di wilayah seperti Afrika Barat, Lembah Sungai Nil, dan Asia Tengah.

Perubahan iklim pada awalnya dapat memberikan dampak positif kecil bagi beberapa negara maju, tetapi kemungkinan besar menjadi sangat merusak untuk peningkatan suhu yang jauh lebih tinggi yang diperkirakan di pertengahan-hingga akhir-abad di bawah skenario BAU atau Kerja Sebagaimana Biasa.

Pada daerah dengan ketinggian lebih, seperti Kanada, Rusia dan Skandinavia, perubahan iklim dapat mengarah pada keuntungan bersih dari peningkatan suhu sebesar 2 atau 3°C, melalui hasil pertanian yang lebih tinggi, kematian di musim dingin yang lebih rendah, kebutuhan pemanasan yang lebih rendah, dan kemungkinan meningkatnya pariwisata. Tetapi daerah-daerah ini juga akan mengalami tingkat pemanasan yang paling cepat, kerusakan infrastruktur, kesehatan manusia, kelangsungan hidup lokal dan keanekaragaman hayati.

Negara maju di ketinggian yang lebih rendah akan menjadi lebih rapuh – contohnya, ketersediaan air dan hasil panen di Eropa selatan diperkirakan akan menurun sampai 20% dengan 2°C peningkatan pada suhu global. Daerah di mana air sudah langka akan menghadapi kesulitan yang serius dan biaya meningkat.

Biaya kerusakan dari cuaca ekstrim (badai, angin ribut, topan, banjir, kekeringan, dan gelombang panas) yang meningkat menetralkan beberapa keuntungan awal dari perubahan iklim dan akan meningkat secara cepat pada suhu yang lebih tinggi. Berdasarkan perhitungan sederhana, biaya akan cuaca ekstrim saja dapat mencapai 0,5 – 1% dari GDP dunia setiap tahunnya di pertengahan abad ini, dan akan terus meningkat jika dunia terus memanas.

- Sebuah 5 atau 10% peningkatan dalam kecepatan angin ribut, dihubungkan dengan suhu laut yang meningkat, diperkirakan kurang lebih melipatgandakan biaya kerusakan tahunan, di AS.
- Di Inggris, kerugian banjir tahunan saja dapat meningkat dari 0,1% dari GDP saat ini menjadi 0,2 – 0,4% dari GDP saat peningkatan suhu rata-rata global mencapai 3 atau 4°C.
- Serangan panas seperti yang dialami di tahun 2003 di Eropa, saat 35.000 orang meninggal dan kerugian pertanian mencapai \$15 juta, akan menjadi hal yang lumrah di pertengahan abad ini.

Pada suhu yang lebih tinggi, ekonomi maju menghadapi sebuah resiko yang tumbuh dari guncangan berskala besar – contohnya, biaya yang meningkat untuk peristiwa cuaca ekstrim dapat mempengaruhi pasar keuangan global melalui biaya asuransi yang lebih tinggi dan lebih tidak stabil.

Model pembahasan utuh menyediakan sebuah alat untuk memperkirakan dampak total pada ekonomi; perkiraan kami mengatakan bahwa hal ini kemungkinan besar akan menjadi lebih tinggi dari yang dikatakan sebelumnya.

Pendekatan kedua untuk memeriksa resiko dan biaya perubahan iklim yang diadopsi dalam Tinjauan ini adalah menggunakan model pembahasan utuh untuk menyediakan sekumpulan perkiraan moneter.

Pembentukan model formal dari dampak perubahan iklim dalam konteks moneter secara keseluruhan merupakan sebuah tantangan yang berat, dan batasan untuk memeragakan dunia selama dua abad atau lebih membutuhkan kehati-hatian yang sangat dalam menerjemahkan hasilnya. Namun, seperti yang telah kami jelaskan, kelambatan dari tindakan menuju efek sangatlah panjang dan analisis kuantitatif yang diperlukan untuk menginformasikan tindakan akan bergantung pada penggunaan pembentukan model jangka panjang. Dampak moneter dari perubahan iklim saat ini diperkirakan akan menjadi lebih serius dari yang dikatakan banyak penelitian yang lebih awal, paling tidak karena penelitian tersebut cenderung tidak mengikutsertakan beberapa dampak yang paling tidak pasti tetapi berpotensi menjadi paling merusak. Karena ada kemajuan terbaru dalam ilmu pengetahuan, sekarang memungkinkan untuk memeriksa resiko-resiko ini dengan lebih langsung, menggunakan probabilitas.

Kebanyakan model yang paling formal di masa lalu menggunakan titik awal skenario pemanasan sebesar 2-3°C. Di kisaran suhu ini, biaya perubahan iklim dapat menjadi sama dengan kerugian permanen sekitar 0-3% dari hasil dunia global dibandingkan dengan yang dapat dicapai di dunia tanpa perubahan iklim. Negara berkembang akan lebih menderita.

Namun, model awal tersebut terlalu optimis mengenai pemanasan: bukti yang terbaru mengindikasikan bahwa perubahan suhu akibat terhadap emisi dapat melebihi 2-3°C di akhir abad ini akibat kecenderungan BAU atau Kerja Seperti Biasa. Hal ini meningkatkan kemungkinan kisaran dampak yang lebih luas dari yang dipertimbangkan sebelumnya. Banyak dari dampak ini, seperti perubahan iklim yang tiba-tiba dan berskala besar, lebih sulit untuk diukur. Dengan 5-6°C pemanasan – yang merupakan kemungkinan nyata di abad mendatang – model yang mengikutsertakan resiko perubahan iklim secara tiba-tiba dan berskala besar memperkirakan rata-rata 5-10% kerugian pada GDP global, dengan negara miskin menderita biaya lebih dari 10% GDP. Lebih jauh lagi, terdapat beberapa bukti kecil tetapi signifikan adanya resiko kenaikan suhu di atas kisaran ini. Kenaikan suhu semacam itu akan membawa kita menuju teritori yang tidak diketahui oleh pengalaman manusia dan melibatkan perubahan radikal di dunia sekitar kita.

Dengan kemungkinan seperti itu di cakrawala, jelaslah bahwa kerangka kerja pembentukan model yang digunakan oleh Tinjauan ini harus dibangun di sekitar ekonomi resiko. Resiko bahwa hasil akan jauh lebih buruk dari yang diperkirakan sangatlah nyata dan dapat menjadi bencana besar. Kebijakan mengenai perubahan iklim sebagian besar adalah tentang mengurangi resiko ini. Resiko-resiko tidak bisa dilenyapkan seluruhnya tetapi bisa dikurangi secara substansial. Kerangka kerja pembentukan model seperti itu harus mempertimbangkan penilaian etis mengenai distribusi pendapatan dan mengenai cara memperlakukan generasi di masa mendatang.

Analisis ini tidak boleh hanya terfokus pada ukuran dangkal tentang pendapatan seperti GDP. Konsekuensi perubahan iklim untuk kesehatan dan untuk lingkungan

kemungkinan besar akan parah. Perbandingan keseluruhan dari strategi-strategi yang berbeda akan mengikutsertakan evaluasi konsekuensi-konsekuensi ini juga. Sekali lagi, hal-hal sulit yang berhubungan dengan konsep, etika dan pengukuran terlibat di sini, dan hasilnya pun harus diperlakukan dengan hati-hati.

Tinjauan ini menggunakan hasil dari satu model khusus, PAGE2002, untuk mengilustrasikan cara perkiraan yang diambil dari model penilaian yang terintegrasi bisa berubah sebagai tanggapan terhadap bukti ilmiah terbaru mengenai probabilitas sehubungan dengan derajat kenaikan suhu. Model terpilih dipedomani oleh keinginan kami untuk menganalisa resiko secara eksplisit – ini adalah satu dari sejumlah kecil model yang akan memungkinkan penggunaan tersebut. Lebih jauh lagi, asumsi mendasarnya merentangkan kisaran penelitian sebelumnya. Kami telah menggunakan model ini dengan seperangkat data yang konsisten dengan perkiraan iklim dari laporan tahun 2001 Panel Antar Pemerintah mengenai Perubahan Iklim, dan dengan satu perangkat yang mengikutsertakan kenaikan kecil dalam arus balik yang menguat dalam sistem iklim. Peningkatan ini mengilustrasikan satu bidang dari resiko perubahan iklim yang meningkat yang telah muncul di kepustakaan ilmiah yang ditinjau oleh rekan sejawat dan dipublikasikan sejak tahun 2001.

Kami juga telah mempertimbangkan cara aplikasi yang tepat mengabaikan angka dan asumsi mengenai berat keseimbangan yang dilampirkan pada penilaian dampak di negara miskin, dan perkiraan dampak pada kematian dan lingkungan akan meningkatkan biaya ekonomi perubahan iklim yang diperkirakan.

Menggunakan model ini, dan mengikutsertakan elemen analisis yang dapat tergabung tersebut saat ini, kami memperkirakan biaya total selama dua abad perubahan iklim mendatang yang diasosiasikan di bawah emisi BAU (Kerja Sebagaimana Biasa) melibatkan dampak dan resiko yang sama dengan pengurangan rata-rata dalam paling tidak 5% konsumsi per-kapita global, sekarang dan selamanya. Sementara perkiraan biaya ini secara mengejutkan sudah tinggi, tetapi banyak hal yang penting yang tidak termasuk didalamnya.

Biaya BAU (Kerja Sebagaimana Biasa) akan tetap meningkat lebih jauh, bilamana modelnya secara sistematis mempertimbangkan tiga faktor penting:

- Pertama, mengikutsertakan dampak langsung pada lingkungan dan kesehatan manusia (kadang disebut dampak 'non-pasar') meningkatkan perkiraan kami akan biaya total perubahan iklim di jalan ini dari 5% sampai 11% konsumsi per-kapita global. Terdapat isu analisa dan etis yang sulit mengenai pengukuran di sini. Metode yang digunakan di model ini cukup konservatif dalam nilai yang mereka berikan pada dampak-dampak ini.
- Kedua, beberapa bukti ilmiah terbaru mengindikasikan bahwa sistem iklim dapat menjadi lebih responsif terhadap emisi gas-rumah kaca dari yang dipikirkan sebelumnya, contohnya karena keberadaan arus balik yang menguat seperti pelepasan methane dan pelemahan depresi karbon. Perkiraan kami, berdasarkan pemeragaan sebuah peningkatan terbatas di reponsifitas ini, mengindikasikan bahwa skala potensial dari tanggapan iklim dapat meningkatkan biaya perubahan iklim di jalan BAU dari 5% sampai 7% konsumsi global, atau dari 11% sampai 14% jika dampak non-pasar yang dijelaskan di atas diikutsertakan.
- Ketiga, sebuah pembagian yang tidak proporsional akan beban perubahan iklim jatuh pada daerah miskin di dunia. Jika kita menimbang beban yang

tidak seimbang ini dengan benar, biaya perubahan iklim yang diperkirakan pada pemanasan 5-6°C dapat menjadi lebih dari seperempat kali lebih tinggi dibandingkan tanpa pertimbangan tersebut.

Menyatukan faktor-faktor tambahan ini akan meningkatkan biaya total dari perubahan iklim BAU menjadi sekitar 20% pengurangan dalam konsumsi per kepala, sekarang dan menuju masa mendatang.

Ringkasnya, analisa yang mempertimbangkan kisaran penuh baik dari dampak dan hasil yang mungkin – yaitu, yang mempekerjakan ekonomi dasar dari resiko – mengatakan bahwa perubahan iklim karena perilaku BAU akan mengurangi kesejahteraan dengan jumlah yang sama dengan sebuah pengurangan konsumsi per kepala antara 5 dan 20%. Mempertimbangkan bukti ilmiah yang meningkat mengenai resiko yang lebih besar, mengenai ketidakacuhan terhadap kemungkinan bencana besar, dan mengenai pendekatan yang lebih luas terhadap konsekuensi dari yang dinyatakan oleh ukuran hasil yang sempit, perkiraan yang tepat tersebut kemungkinan besar akan berada di bagian atas kisaran ini.

Perkiraan ekonomi selama hanya beberapa tahun merupakan tugas yang sulit dan tidak pasti. Analisa perubahan iklim membutuhkan, berdasarkan sifatnya, kita meneliti selama 50, 100, 200 tahun dan lebih. Pemeragaan apa pun membutuhkan kehati-hatian dan kerendahan hati, dan hasilnya spesifik terhadap modelnya dan asumsinya. Hal-hal tersebut tidak bisa dibantu dengan presisi dan kepastian yang pastinya tidak mungkin dapat dicapai. Lebih jauh lagi, beberapa ketidakpastian besar dalam ilmu pengetahuan dan ekonomi mengkhawatirkan daerah-daerah yang kita ketahui paling sedikit (contohnya, dampak dari suhu yang sangat tinggi), dan untuk alasan yang bagus – ini adalah teritori yang tidak diketahui. Pesan utama dari model-model ini adalah bila kita mencoba untuk memperhatikan resiko dan ketidakpastian yang terbalik, biaya yang diperhitungkan dengan probabilitas terlihat sangat besar. Banyak (tetapi tidak semua) resiko tersebut dapat dikurangi melalui sebuah kebijakan mitigasi yang kuat, dan kami berargumen bahwa hal ini dapat diraih dengan biaya yang jauh lebih rendah dari yang diperhitungkan untuk dampaknya. Dengan logika ini, mitigasi merupakan sebuah investasi yang sangat produktif.

Emisi telah, dan akan terus, didorong oleh pertumbuhan ekonomi; tetapi stabilisasi konsentrasi gas-rumah kaca di atmosfer dapat dikerjakan dan konsisten dengan pertumbuhan yang berkelanjutan.

Emisi CO₂ per kepala telah berkorelasi dengan kuat dengan GDP per kepala. Sebagai hasilnya, sejak tahun 1850, Amerika Utara dan Eropa telah memproduksi sekitar 70% dari semua emisi CO₂ dikarenakan produksi energi, sementara negara berkembang bertanggungjawab untuk kurang dari seperempatnya. Kebanyakan pertumbuhan emisi di masa depan akan datang dari negara-negara berkembang saat ini, karena populasi dan pertumbuhan GDP mereka yang lebih cepat dan semakin meningkatnya industri mereka yang banyak menggunakan energi.

Tetapi meskipun terdapat pola historis dan proyeksi BAU, dunia tidak perlu memilih antara menghindari perubahan iklim dan memajukan pertumbuhan dan pembangunan. Perubahan dalam teknologi energi dan struktur ekonomi telah mengurangi akibat emisi terhadap peningkatan pendapatan, terutama di beberapa negara terkaya. Dengan pilihan kebijakan yang kuat, sangatlah mungkin untuk 'mendekarbonisasi' baik ekonomi-ekonomi maju dan berkembang pada skala yang dibutuhkan untuk stabilisasi iklim, sementara terus mempertahankan pertumbuhan ekonomi di keduanya.

Stabilisasi – di tingkat apa pun – membutuhkan penurunan emisi tahunan ke tingkat yang menyeimbangkan kapasitas alami Bumi untuk menghilangkan gas rumah kaca dari atmosfer. Semakin lama emisi bertahan di tingkat ini, semakin tinggi tingkat stabilisasi akhirnya. Dalam jangka panjang, emisi global tahunan perlu diturunkan sampai di bawah 5 GtCO₂e, tingkat yang dapat diserap bumi tanpa menambahkan konsentrasi GHGs di atmosfer. Ini lebih dari 80% di bawah tingkat absolut emisi tahunan saat ini.

Tinjauan ini telah difokuskan pada visibilitas dan biaya stabilisasi gas rumah kaca di atmosfer dalam kisaran 450-550ppm CO₂e.

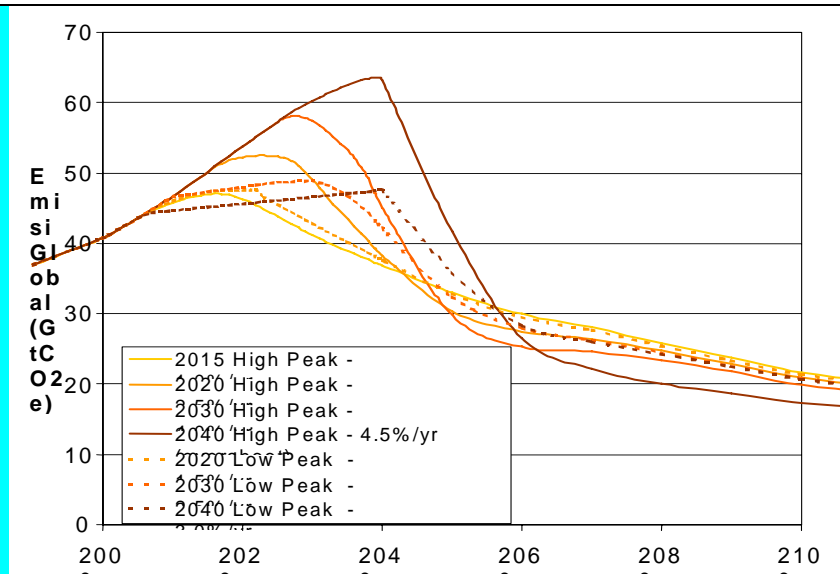
Menstabilisasi pada atau di bawah 550ppm CO₂e akan membutuhkan pemuncakan emisi global dalam 10 – 20 tahun mendatang, kemudian jatuh di angka paling tidak 1 – 3% per tahun. Kisaran ini diilustrasikan di Gambar 3. Di tahun 2050, emisi global perlu menjadi sekitar 25% di bawah tingkat saat ini. Pemotongan ini akan harus dilakukan dalam konteks sebuah ekonomi dunia di tahun 2050 yang mungkin 3 – 4 kali lipat lebih besar dari saat ini – jadi emisi per unit GDP perlu menjadi hanya seperempat dari tingkat saat ini di tahun 2050.

Untuk menstabilisasi pada 450ppm CO₂e, tanpa melampaui batas, emisi global perlu memuncak dalam 10 tahun mendatang dan lalu jatuh lebih dari 5% per tahun, mencapai 70% di bawah tingkat saat ini di tahun 2050.

Secara teoritis sangatlah mungkin untuk “melampaui batas” dengan memungkinkan konsentrasi GHG atmosfer untuk memuncak di atas tingkat stabilisasi dan lalu jatuh, tetapi hal ini secara praktis akan menjadi sangat sulit dan sangat tidak bijaksana. Jalan yang melampaui batas melibatkan resiko yang lebih besar, sementara suhu juga akan meningkat secara cepat dan memuncak di tingkat yang lebih tinggi selama berdekade-dekade sebelum jatuh kembali. Juga, pelampauan memerlukan pengurangan emisi setelahnya menuju tingkat yang sangat rendah, di bawah tingkat penyerapan karbon alami, yang mungkin tidak dapat dilakukan. Lebih jauh lagi, jika suhu tinggi akan memperlemah kapasitas Bumi untuk menyerap karbon – yang menjadi lebih mungkin akibat pelampauan – emisi di masa depan perlu dikurangi bahkan lebih cepat lagi untuk mencapai target stabilisasi yang diberikan untuk konsentrasi atmosfer.

Gambar 3 Jalan emisi ilustratif untuk stabilisasi pada 550ppm CO₂e.

Gambar di bawah menunjukkan enam jalan ilustratif untuk stabilisasi pada at 550ppm CO₂e. Angka pemotongan emisi yang diberikan di legenda merupakan 10-tahun *maksimum* untuk angka rata-rata penurunan emisi global. Gambar ini menunjukkan bahwa menunda pemotongan emisi (menggeser puncaknya ke kanan) berarti emisi harus dikurangi lebih cepat untuk mencapai tujuan stabilisasi yang sama. Angka pemotongan emisi juga sangat sensitif terhadap tinggi puncak. Contohnya, jika emisi memuncak pada 48 GtCO₂ daripada 52 GtCO₂ di tahun 2020, angka pemotongan dikurangi dari 2.5%/yr menjadi 1.5%/yr.



Sumber: Direproduksi oleh Tinjauan Stern berdasarkan Meinshausen, M. (2006): 'What does a 2°C target mean for greenhouse gas concentrations? A brief analysis based on multi-gas emission pathways and several climate sensitivity uncertainty estimates', *Avoiding dangerous climate change*, in H.J. Schellnhuber et al. (eds.), Cambridge: Cambridge University Press, pp.265 - 280.

Mencapai pemotongan besar pada emisi ini akan membutuhkan biaya. Tinjauan ini memperkirakan biaya tahunan stabilisasi pada 500-550ppm CO₂e adalah sekitar 1% dari GDP di tahun 2050 – sebuah tingkat yang signifikan tetapi dapat ditangani.

Membalikkan kecenderungan historis dalam pertumbuhan emisi, dan mencapai pemotongan 25% atau lebih dari tingkat saat ini adalah sebuah tantangan besar. Biaya akan datang saat dunia bergeser dari lintasan karbon tinggi menuju rendah karbon. Tetapi juga akan terdapat kesempatan bisnis saat pasar untuk barang dan jasa rendah karbon dan berefisiensi tinggi meluas.

Emisi gas-rumah kaca dapat dikurangi dengan empat cara. Biaya dapat berbeda tergantung pada kombinasi metode mana yang digunakan, dan di sektor mana:

- Mengurangi permintaan untuk barang dan jasa dengan intensifikasi emisi tinggi
- Efisiensi yang meningkat, yang dapat menghemat baik uang dan emisi
- Tindakan atas emisi non-energi, seperti menghindari penggundulan hutan
- Beralih ke teknologi rendah karbon untuk energi, panas dan transportasi

Memperkirakan biaya perubahan-perubahan ini dapat dilakukan dengan dua cara. Pertama dengan melihat ke biaya sumber daya untuk pengukuran, termasuk pengenalan teknologi rendah karbon dan perubahan dalam penggunaan lahan, dibandingkan dengan biaya alternatif BAU. Hal ini menyediakan sebuah keuntungan pada biaya, karena hal tersebut tidak mempertimbangkan kesempatan untuk menanggapi melibatkan reduksi dalam permintaan barang dan jasa karbon tinggi.

Kedua adalah dengan menggunakan model makroekonomi untuk mengeksplorasi efek sistem yang meluas dari transisi menuju ekonomi energi rendah karbon. Hal-hal ini dapat berguna dalam melacak interaksi dinamis dari faktor yang berbeda di setiap waktu, termasuk tanggapan ekonomi terhadap perubahan dalam harga. Tetapi hal tersebut dapat menjadi rumit, dengan hasilnya dipengaruhi oleh berbagai asumsi.

Berdasarkan dua metode ini, perkiraan pusat adalah bahwa stabilisasi gas rumah kaca di tingkat 500-550ppm CO₂e akan menghabiskan, rata-rata, sekitar 1% dari GDP tahunan global di tahun 2050. Hal ini signifikan, tetapi sangat konsisten dengan pertumbuhan dan pembangunan yang berkelanjutan, berlawanan dengan perubahan iklim yang tak mereda, yang pada akhirnya akan memberikan ancaman signifikan terhadap pertumbuhan.

Perkiraan biaya sumber daya mengatakan bahwa sebuah keuntungan untuk biaya tahunan penurunan emisi yang konsisten dengan arah menuju stabilisasi pada 550ppm CO₂e seperti yang diharapkan kemungkinan besar sekitar 1% dari GDP di tahun 2050.

Tinjauan ini telah mempertimbangkan secara terperinci potensi untuk, dan biaya dari, teknologi dan cara untuk memotong emisi di berbagai sektor. Sama halnya dengan dampak perubahan iklim, semuanya berhubungan dengan ketidakpastian yang penting. Hal-hal ini meliputi kesulitan dalam memperkirakan biaya teknologi beberapa abad di masa mendatang, seperti juga cara di mana harga bahan bakar fosil berkembang di masa depan. Sangatlah sulit pula untuk mengetahui bagaimana masyarakat akan menanggapi perubahan harga.

Karena itu evolusi seksama dari usaha mitigasi, dan komposisi di seluruh sektor pengurangan emisi, akan bergantung pada semua faktor ini. Tetapi sangatlah mungkin untuk membuat sebuah proyeksi sentral biaya untuk seluruh pilihan yang mungkin, dengan beberapa kisaran.

Potensi teknis untuk perbaikan efisiensi dalam mengurangi emisi dan biaya sangatlah besar. Selama abad yang lalu, efisiensi di persediaan energi meningkat sepuluh kali lipat atau lebih di negara maju, dan kemungkinan akan pendapatan lebih jauh sangatlah jauh dari keadaan kehabisan energi. Penelitian dari Biro Energi Internasional menunjukkan bahwa, di tahun 2050, efisiensi energi memiliki potensi menjadi sumber tunggal penyimpanan emisi terbesar di sektor energi. Ini akan membawa baik keuntungan lingkungan dan ekonomi: cara efisiensi-energi memotong pembuangan dan seringkali menghemat uang.

Emisi non-energi mencakup sepertiga dari keseluruhan emisi gas-rumah kaca; tindakan di bidang ini akan memberi kontribusi yang penting. Seperangkat bukti penting menunjukkan bahwa tindakan untuk mencegah penggundulan hutan lebih jauh secara relatif akan menjadi lebih murah dibandingkan dengan jenis mitigasi lain, jika ada kebijakan yang tepat dan struktur institusional.

Penggunaan berskala besar dari sejumlah teknologi energi, panas dan transportasi yang bersih dibutuhkan untuk pemotongan emisi radikal dalam jangka menengah hingga panjang. Sektor energi di seluruh dunia harus paling tidak didekarbonisasi sebesar 60%, dan mungkin sebanyak 75%, di tahun 2050 untuk menstabilisasi pada atau di bawah 550ppm CO₂e. Pemotongan dengan jumlah besar dalam sektor transportasi kemungkinan besar menjadi lebih sulit dalam jangka waktu yang lebih pendek, tetapi pada akhirnya perlu dilakukan. Sementara banyak teknologi untuk meraih ini telah muncul, prioritasnya adalah untuk menurunkan biayanya agar

kompetitif dengan alternatif bahan bakar fosil di bawah rezim kebijakan penghargaan karbon.

Sejumlah teknologi akan dibutuhkan untuk menstabilisasi emisi. Kemungkinannya kecil bahwa teknologi apa pun akan mengurangi emisi sebagaimana dibutuhkan, karena semua teknologi menghadapi suatu batasan, juga karena ada bermacam-macamnya kegiatan dan sektor yang menimbulkan emisi gas-rumah kaca. Selain itu tidak diketahui teknologi mana saja yang termurah. Maka sekumpulan teknologi akan dibutuhkan untuk peredaan berbiaya rendah.

Pergeseran menuju ekonomi global rendah ekonomi akan muncul melawan latar belakang persediaan bahan bakar fosil yang menumpuk. Dengan kata lain, persediaan hidrokarbon yang menguntungkan untuk ditambang (di bawah kebijakan saat ini) memang lebih dari cukup untuk membawa dunia ke tingkat konsentrasi gas-rumah kaca di atas 750ppm CO₂e, dengan konsekuensi yang sangat berbahaya. Memang, di bawah BAU, kemungkinan besar pengguna energi akan mengganti dengan batu bara dan serpihan minyak yang lebih intensif dengan karbon, dan meningkatkan angka pertumbuhan emisi.

Bahkan dengan ekspansi luas penggunaan energi terbarukan dan sumber energi rendah karbon lainnya, hidrokarbon tetap mencakup setengah dari persediaan energi global di tahun 2050. Pengambilan dan penyimpanan karbon yang ekstensif memungkinkan penggunaan bahan bakar fosil yang berkelanjutan tanpa merusak atmosfer, dan juga menjaga bahaya akan dirusaknya kebijakan perubahan iklim di tingkat tertentu dikarenakan jatuhnya harga bahan bakar fosil.

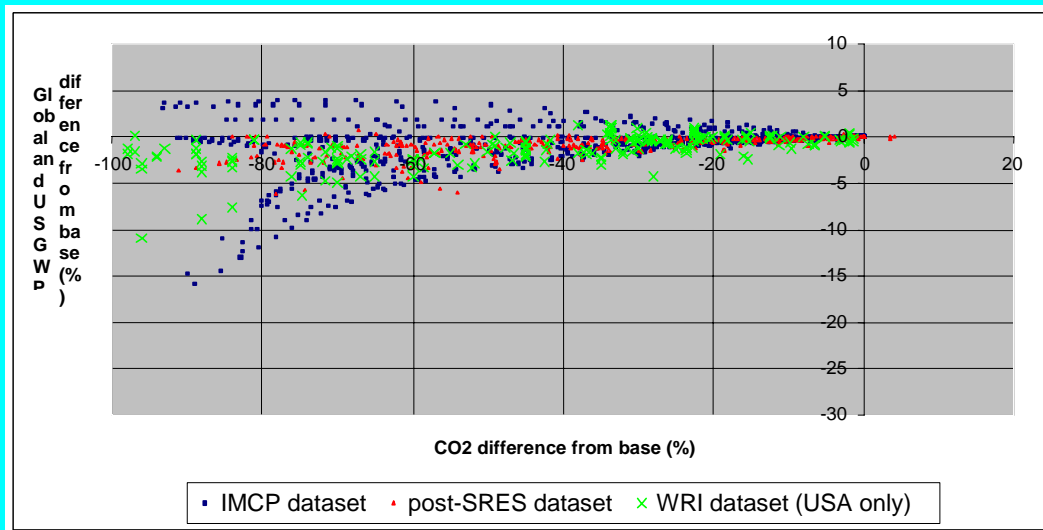
Perkiraan yang didasarkan pada biaya yang mungkin dari metode penurunan emisi ini menunjukkan bahwa kemungkinan besar biaya tahunan dari stabilisasi pada sekitar 550ppm CO₂e sekitar 1% dari GDP global di tahun 2050, dengan kisaran dari -1% (penerimaan netto) sampai +3.5% of GDP.

Melihat model makroekonomi yang lebih luas menegaskan perkiraan ini.

Pendekatan kedua yang diadopsi Tinjauan ini didasarkan pada perbandingan berbagai perkiraan model makro-ekonomi (seperti yang diperlihatkan di Gambar 4 di bawah). Perbandingan ini menemukan bahwa biaya stabilisasi pada 500-550ppm CO₂e dipusatkan pada 1% dari GDP di tahun 2050, dengan kisaran -2% sampai +5% GDP. Kisaran ini merefleksikan sejumlah faktor, meliputi laju inovasi teknologi dan efisiensi di mana dengan hal tersebut kebijakan diimplementasikan di seluruh dunia: semakin cepat inovasinya dan semakin besar efisiensinya, semakin rendah biayanya. Faktor-faktor ini dapat dipengaruhi oleh kebijakan yang ada.

Kemungkinan besar biaya rata-rata yang diperkirakan berada tetap di sekitar 1% GDP mulai pertengahan abad, tetapi kisaran perkiraan di sekitar 1% bercabang setelahnya, dengan beberapa jatuh dan lainnya muncul dengan cepat di tahun 2100, merefleksikan ketidakpastian yang lebih besar mengenai biaya pencarian metode mitigasi yang lebih inovatif.

Gambar 4 Plot penyebaran proyeksi biaya model
Biaya pengurangan CO₂ sebagai bagian dari GDP dunia melawan tingkat pengurangan



Sumber: Barker, T., M.S. Qureshi dan J. Köhler (2006): 'The costs of greenhouse-gas mitigation with induced technological change: A Meta-Analysis of estimates in the literature', 4CMR, Cambridge Centre for Climate Change Mitigation Research, Cambridge: University of Cambridge.

Berbagai penelitian pembentukan model, yang meliputi pelaksanaan oleh IMCP, EMF dan USCCSP seperti juga pekerjaan yang ditugaskan oleh IPCC, menunjukkan bahwa biaya untuk tahun 2050 konsisten dengan trayektori emisi yang mengarah ke stabilisasi pada sekitar 500-550ppm CO₂e dikumpulkan di kisaran -2% sampai 5% GDP, dengan rata-rata sekitar 1% GDP. Kisaran ini merefleksikan ketidakpastian melebihi skala mitigasi yang dibutuhkan, laju inovasi teknologi dan derajat fleksibilitas kebijakan.

Gambar di atas menggunakan perangkat data tiga-model Barker yang disatukan untuk menunjukkan pengurangan emisi CO₂ tahunan dari basisnya dan perubahan terkait di GDP dunia. Berbagai hasil model merefleksikan rancangan model dan pilihan asumsi yang termasuk di antaranya, di mana hal tersebut merefleksikan ketidakpastian dan pendekatan berbeda yang inheren dalam memproyeksikan masa depan. Hal ini menunjukkan bahwa kisaran perkiraan penuh yang ditarik dari berbagai jalan dan tahun stabilisasi meluas dari -4% GDP (yaitu, penerimaan bersih) sampai +15% biaya GDP, tetapi hal ini umumnya merefleksikan penelitian yang mendasar; kebanyakan perkiraan masih dipusatkan di sekitar 1% GDP. Khususnya, model yang sampai pada perkiraan biaya yang lebih tinggi membuat asumsi mengenai kemajuan teknologi yang sangat pesimis berdasarkan standar historis.

Stabilisasi pada 450ppm CO₂e sudah hampir tak dapat dicapai, melihat bahwa kemungkinan besar kita dapat mencapai tingkat ini dalam sepuluh tahun dan bahwa terdapat kesulitan yang nyata dalam membuat pengurangan tajam yang dibutuhkan dengan teknologi saat ini dan yang dapat dicapai. Biaya naik secara signifikan mengingat usaha mitigasi menjadi lebih ambisius atau tiba-tiba. Usaha untuk mengurangi emisi secara cepat kemungkinan besar akan menjadi sangat mahal.

Akibat yang penting adalah terdapat harga yang mahal untuk penundaan. Penundaan dalam mengambil tindakan untuk perubahan iklim akan membuat hal ini mendapatkan baik lebih banyak perubahan iklim dan, pada akhirnya, biaya mitigasi yang lebih tinggi. Tindakan yang lemah dalam 10-20 tahun mendatang akan

TINJAUAN STERN: Ekonomi Perubahan Iklim

membuat stabilisasi bahkan pada 550ppm CO₂e sulit untuk dicapai – dan tingkat ini sudah diasosiasikan dengan resiko yang signifikan.

Transisi menuju ekonomi rendah karbon akan membawa tantangan bagi daya saing tetapi juga kesempatan untuk pertumbuhan.

Biaya mitigasi sekitar 1% GDP relatif kecil dibandingkan dengan biaya dan resiko perubahan iklim yang akan dihindari. Namun, untuk beberapa negara dan beberapa sektor, biayanya akan menjadi lebih tinggi. Mungkin terdapat beberapa dampak terhadap daya saing sejumlah kecil produk dan proses perdagangan internasional. Hal-hal ini tidak boleh ditaksir terlalu tinggi, dan dapat dikurangi atau dihapus jika negara-negara atau sektor-sektor bertindak bersama; namun, akan terdapat transisi untuk ditangani. Untuk ekonomi secara keseluruhan, akan terdapat keuntungan dari inovasi yang akan mengimbangi beberapa biaya ini. Semua ekonomi menjalani perubahan struktural yang berkelanjutan; ekonomi yang paling sukses adalah yang memiliki fleksibilitas dan dinamisme untuk merangkul perubahan.

Juga terdapat kesempatan baru di berbagai industri dan jasa. Pasar untuk produk energi rendah karbon kemungkinan besar bernilai paling tidak \$500 milyar per tahun di tahun 2050, dan mungkin jauh lebih tinggi lagi. Masing-masing perusahaan dan negara harus memposisikan diri mereka untuk mengambil keuntungan dari kesempatan ini.

Kebijakan perubahan-iklim dapat membantu membasmi inefisiensi yang ada. Pada tingkat perusahaan, mengimplementasikan kebijakan iklim dapat menarik perhatian terhadap kesempatan menghemat uang. Pada tingkat ekonomi yang luas, kebijakan perubahan-iklim dapat menjadi tuas untuk mereformasi sistem energi yang inefisien dan mengangkat subsidi energi yang menyimpang, di mana pemerintah di seluruh dunia saat ini menghabiskan sekitar \$250 milyar per tahun.

Kebijakan untuk perubahan iklim juga dapat membantu mencapai tujuan lainnya. Keuntungan sampingan ini dapat mengurangi biaya keseluruhan secara signifikan dalam mengurangi emisi gas-rumah kaca. Jika kebijakan iklim dirancang dengan baik, hal tersebut dapat, misalnya, menyumbang untuk mengurangi sakit dan kematian akibat polusi udara, dan untuk memelihara hutan yang mengandung proposi signifikan dari keanekaragaman hayati dunia.

Tujuan nasional untuk keamanan energi juga dapat dicapai bersama-sama dengan tujuan perubahan iklim. Efisiensi energi dan diversifikasi energi memberi sumber dan menyediakan keamanan energi pendukung, seperti juga kerangka kerja kebijakan jangka panjang yang jelas untuk investor dalam sumber-sumber energi. Pengambilan dan penyimpanan karbon sangatlah penting untuk mempertahankan peran batu bara dalam menyediakan energi yang aman dan dapat diandalkan untuk banyak ekonomi.

Karena itu mengurangi dampak merugikan perubahan iklim yang diperkirakan sangatlah diperlukan dan bisa dilakukan.

Kesimpulan ini mengikuti perbandingan dari perkiraan di atas antara biaya mitigasi dengan biaya tinggi dari ketiadaan tindakan yang dijelaskan dari dua metode pertama kami (yang disatukan dan yang tidak) dalam membahas resiko dan biaya dampak perubahan iklim.

Pendekatan ketiga untuk menganalisa biaya dan keuntungan dari tindakan terhadap perubahan iklim yang diadopsi Tinjauan ini membandingkan perkiraan perubahan dengan biaya sosial karbon. Pendekatan ini membandingkan perkiraan keuntungan

yang diperkirakan dan biaya dari pengurangan tambahan kecil dalam emisi, dan menghindari model ekonomi formal berskala besar.

Perhitungan awal yang mengadopsi pendekatan penghitungan yang diambil di Tinjauan ini mengatakan bahwa biaya sosial karbon saat ini, jika kita tetap berada di trayek BAU, kira-kira \$85 per ton CO₂ - lebih tinggi dari jumlah serupa dalam kepustakaan, sebagian besar karena kita memperlakukan resiko secara eksplisit dan memasukkan bukti terbaru ke dalam resiko, tetapi masih di dalam kisaran perkiraan yang dipublikasikan. Angka ini berada di atas biaya peredaan marjinal di banyak sektor. Membandingkan biaya sosial karbon di trayek BAU dan di jalan menuju stabilisasi pada 550ppm CO₂e, kami memperkirakan kelebihan dalam keuntungan, dalam istilah nilai netto saat ini, dari mengimplementasikan kebijakan mitigasi yang kuat tahun ini, menggeser dunia ke jalan yang lebih baik; keuntungan bersihnya kira-kira \$2.5 trilyun. Angka ini akan meningkat seiring dengan waktu. Ini bukanlah perkiraan keuntungan bersih yang muncul tahun ini, tetapi pengukuran keuntungan yang dapat mengalir dari tindakan yang diambil tahun ini; banyak biaya dan keuntungannya akan berada di jangka waktu menengah ke panjang.

Bahkan jika kita memiliki kebijakan yang masuk akal, biaya sosial karbon juga akan terus naik seiring waktu, membuat semakin banyak pilihan mitigasi menjadi efisien. Hal ini bukan berarti konsumen akan selalu menghadapi harga barang dan jasa yang mereka nikmati terus naik, mengingat inovasi yang didorong oleh kebijakan yang kuat pada akhirnya akan mengurangi intensitas karbon di ekonomi kita, dan konsumen lalu akan melihat pengurangan harga yang mereka bayar sementara teknologi rendah karbon tumbuh.

Tiga pendekatan analisis biaya perubahan iklim yang digunakan di Tinjauan ini semua menunjuk ke arah keinginan akan adanya tindakan yang kuat, melihat perkiraan biaya tindakan mitigasi. Tetapi seberapa banyak tindakannya? Tinjauan ini melanjutkan dengan meneliti ekonomi pertanyaan ini.

Bukti saat ini mengarahkan stabilisasi di antara kisaran 450 - 550ppm CO₂e. Sedikit lebih tinggi dari tingkat ini akan meningkatkan resiko dampak yang sangat berbahaya sementara mengurangi biaya mitigasi yang diperkirakan dengan jumlah kecil. Bertujuan ke tingkat bawah kisaran ini akan berarti bahwa kemungkinan besar biaya mitigasi akan naik secara cepat. Tingkat lebih rendah dari kisaran di atas akan menyebabkan biaya penyesuaian yang sangat tinggi dalam waktu dekat untuk keuntungan kecil dan bahkan mungkin tidak memungkinkan, karena penundaan dalam mengambil tindakan tegas di masa lalu.

Ketidakpastian adalah sebuah argumen untuk sasaran yang lebih tinggi dan bukan sebaliknya karena ukuran perubahan-iklim yang merugikan berdampak pada skenario kasus-terburuk.

Konsentrasi final untuk gas rumah kaca menentukan trayek perkiraan biaya sosial karbon; hal tersebut juga merefleksikan penilaian etis khusus dan pendekatan akan perlakuan terhadap ketidakpastian yang tertanam dalam pembentukan model. Pekerjaan awal dalam Tinjauan ini menunjukkan bahwa, jika targetnya di antara 450-550ppm CO₂e, maka biaya sosial karbon akan dimulai di daerah dengan \$25-30 per ton CO₂ – sekitar sepertiga dari tingkat jika dunia tetap tinggal dengan BAU.

Biaya sosial karbon kemungkinan besar terus meningkat seiring waktu karena kerusakan marjinal meningkat dengan persediaan GHG di atmosfer, dan persediaan tersebut meningkat seiring waktu. Karena itu kebijakan harus menjamin bahwa usaha peredaan marjin juga diintensifikan seiring waktu. Tetapi juga harus

memperhitungkan perkembangan teknologi yang dapat menurunkan biaya rata-rata peredaan; walaupun menilai harga karbon, dengan sendirinya, tidak akan cukup untuk membawa semua inovasi yang dibutuhkan, terutama di tahun-tahun awal.

Karena itu paruh pertama dari Tinjauan ini menunjukkan bahwa tindakan yang kuat terhadap perubahan iklim, termasuk mitigasi dan adaptasi, berharga untuk dilakukan, dan menyatakan tujuan yang tepat untuk kebijakan perubahan-iklim.

Paruh kedua Tinjauan ini meneliti bentuk yang tepat dari kebijakan tersebut, dan cara meletakkannya dalam sebuah kerangka kerja tindakan kolektif internasional.

Kebijakan untuk mengurangi emisi haruslah berdasarkan tiga elemen penting: pemberian harga karbon, kebijakan teknologi, dan menghilangkan halangan terhadap perubahan perilaku.

Ada tantangan yang rumit dalam mengurangi emisi gas-rumah kaca. Kerangka kerja kebijakan harus berhadapan dengan cakrawala jangka panjang dan dengan interaksi dari berbagai ketidaksempurnaan dan dinamika pasar lainnya.

Sebuah pengertian bersama akan tujuan jangka panjang untuk stabilisasi merupakan sebuah panduan yang penting terhadap pembuatan kebijakan tentang perubahan-iklim: hal tersebut tertuju pada kisaran jalan emisi yang dapat diterima. Tetapi dari tahun ke tahun, fleksibilitas atas apa, di mana dan kapan pengurangan dilakukan akan mengurangi biaya dalam mencapai tujuan stabilisasi ini.

Kebijakan harus beradaptasi terhadap situasi yang berubah saat biaya dan keuntungan dari menanggapi perubahan iklim menjadi lebih jelas seiring waktu. Kebijakan juga harus dibangun dari kondisi nasional dan pendekatan yang beragam terhadap pembuatan kebijakan. Tetapi hubungan kuat antara tindakan saat ini dan tujuan jangka panjang harus berada di garis depan kebijakan.

Tiga elemen kebijakan untuk mitigasi sangatlah penting: harga karbon, kebijakan teknologi, dan penghapusan halangan terhadap perubahan perilaku. Meninggalkan salah satu dari ketiga elemen ini akan meningkatkan biaya tindakan secara signifikan.

Menetapkan harga karbon, melalui pajak, perdagangan atau peraturan, merupakan fondasi yang sangat penting untuk kebijakan perubahan-iklim.

Elemen pertama dari kebijakan adalah penetapan harga karbon. Gas rumah kaca merupakan, berdasarkan istilah ekonomi, sebuah eksternalitas: mereka yang memproduksi emisi gas-rumah kaca membawa perubahan iklim, karena itu membebankan biaya pada dunia dan pada generasi masa depan, tetapi mereka tidak menghadapi konsekuensi penuh dari tindakan mereka sendiri.

Menetapkan harga yang tepat untuk karbon – secara eksplisit melalui pajak atau perdagangan, atau secara implisit melalui peraturan – berarti masyarakat dihadapi dengan biaya sosial penuh atas tindakan mereka. Hal ini akan membawa individu dan bisnis untuk menjauhi barang dan jasa karbon-tinggi, dan untuk berinvestasi pada alternatif rendah karbon. Efisiensi ekonomi menunjuk kepada keuntungan harga karbon yang sama: pengurangan emisi akan terjadi di mana harga termurah.

Pilihan alat kebijakan akan bergantung pada situasi nasional masing-masing negara, pada karakteristik sektor-sektor tertentu, dan pada interaksi antara kebijakan perubahan-iklim dan kebijakan lainnya. Kebijakan juga memiliki perbedaan yang

penting dalam konsekuensi mereka terhadap distribusi biaya bagi seluruh individu, dan dampaknya terhadap keuangan publik. Pajak memiliki keuntungan akan arus pemasukan yang stabil, sementara, dalam kasus perdagangan, meningkatkan penggunaan lelang kemungkinan besar memberi keuntungan besar untuk efisiensi, untuk distribusi dan untuk keuangan publik. Beberapa pemerintahan akan memilih untuk fokus kepada inisiatif perdagangan, lainnya pada pajak atau peraturan, dan lainnya lagi pada campuran beberapa kebijakan. Dan pilihan mereka dapat bervariasi di berbagai sektor.

Skema perdagangan dapat menjadi cara efektif untuk menyeimbangkan harga karbon di seluruh negara dan sektor, dan Skema Perdagangan Emisi UE sekarang merupakan pusat dari usaha Eropa untuk mengurangi emisi. Untuk memanen keuntungan dari perdagangan emisi, skema harus menyediakan insentif untuk tanggapan yang fleksibel dan efisien. Memperluas cakupan skema perdagangan akan cenderung memperkecil biaya dan mengurangi ketidakstabilan. Kejelasan dan kemungkinan akan perkiraan mengenai peraturan dan bentuk skema di masa depan akan membantu membangun kepercayaan dalam harga karbon di masa depan.

Untuk mempengaruhi perilaku dan keputusan investasi, investor dan konsumen harus percaya bahwa harga karbon akan dipertahankan di masa depan. Ini sangatlah penting untuk investasi pada saham modal yang tahan lama. Investasi seperti pusat energi, bangunan, pabrik industri dan pesawat bertahan selama berdekade-dekade. Jika terdapat kekurangan dalam kepercayaan bahwa kebijakan perubahan iklim akan bertahan, maka bisnis tidak termasuk dalam faktor harga karbon untuk pembuatan keputusan. Hasilnya dapat berupa terlalu banyak investasi dalam infrastruktur yang tahan lama dan berkarbon tinggi – yang akan membuat pemotongan emisi nantinya jauh lebih mahal dan sulit.

Tetapi menetapkan kredibilitas membutuhkan waktu. 10 sampai 20 tahun mendatang akan menjadi periode transisional, dari dunia di mana skema penetapan harga karbon berada di masa pertumbuhannya, menuju masa di mana penetapan harga karbon merupakan hal universal dan secara otomatis menjadi faktor dalam pembuatan keputusan. Dalam periode transisional ini, sementara kredibilitas kebijakan masih dalam proses penetapan dan kerangka kerja internasional masih mengambil bentuk, sangatlah kritis bagi pemerintah untuk mempertimbangkan cara menghindari resiko terkunci pada infrastruktur karbon, termasuk mempertimbangkan apakah ada cara tambahan yang dapat dibenarkan untuk mengurangi risikonya.

Kebijakan dibutuhkan untuk mendukung pembangunan berbagai teknologi rendah karbon dan berefisiensi tinggi pada skala waktu yang mendesak.

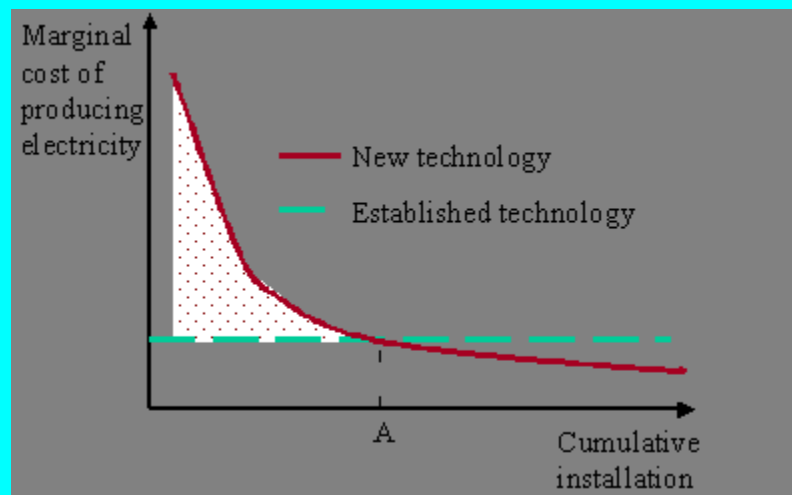
Elemen kedua kebijakan perubahan-iklim adalah kebijakan teknologi, meliputi spektrum penuh dari penelitian dan pembangunan, sampai percontohan dan penyebaran tahap awal. Pembangunan dan penyebaran berbagai teknologi rendah karbon sangatlah penting dalam meraih pemotongan dalam jumlah besar yang dibutuhkan. Sektor swasta memainkan peranan penting dalam Litbang dan difusi teknologi, tetapi kolaborasi lebih jauh antara pemerintah dan industri akan menstimulasi lebih jauh pembangunan berbagai teknologi rendah karbon dan mengurangi biaya.

Banyak teknologi rendah karbon saat ini lebih mahal dari alternatif bahan bakar fosil. Tetapi pengalaman menunjukkan bahwa biaya teknologi jatuh bersama skala dan pengalaman, seperti yang terlihat di Gambar 5 di bawah.

Penetapan harga karbon memberi insentif untuk berinvestasi dalam teknologi baru untuk mengurangi karbon; justru, tanpa hal tersebut, hanya terdapat sedikit alasan untuk memasukkan investasi semacam itu. Tetapi berinvestasi di teknologi rendah karbon yang baru memiliki resiko. Perusahaan dapat khawatir bahwa mereka tidak akan mendapatkan pasar untuk produk baru mereka jika kebijakan penetapan harga karbon tidak dipertahankan di masa depan. Dan pengetahuan yang didapatkan dari penelitian dan pembangunan merupakan sesuatu yang baik bagi masyarakat; perusahaan dapat berinvestasi lebih kecil dalam proyek dengan hasil sosial yang besar jika mereka takut mereka tidak akan dapat mendapatkan keuntungannya secara penuh. Maka terdapat alasan-alasan ekonomi yang bagus untuk memajukan teknologi baru secara langsung.

Pengeluaran publik pada penelitian, pembangunan dan percontohan telah menurun secara signifikan dalam dua dekade terakhir dan saat ini termasuk rendah dibanding industri lain. Kemungkinan besar terdapat pengembalian dalam jumlah besar menuju penggandaan investasi di bidang ini sekitar \$20 milyar per tahun secara global, untuk mendukung pembangunan kumpulan teknologi yang beragam.

Gambar 5: Biaya teknologi kemungkinan besar dapat jatuh sewaktu-waktu



Pengalaman historis dari bahan bakar fosil dan teknologi rendah karbon menunjukkan bahwa dengan meningkatnya skala, biaya cenderung menurun. Para ahli ekonomi telah memasukkan 'kurva belajar' ke data biaya untuk memperkirakan ukuran efeknya. Sebuah kurva ilustratif ditunjukkan di atas untuk teknologi generasi-listrik baru, tetapi dengan meningkatnya skala, biayanya jatuh, dan setelah melewati titik A biaya menjadi lebih murah. Kerja yang dilakukan oleh Biro Energi Internasional dan lainnya menunjukkan bahwa hubungan semacam itu terjadi di berbagai teknologi energi yang berbeda.

Sejumlah faktor menjelaskan hal ini, termasuk efek pembelajaran dan ekonomi skala. Tetapi hubungannya lebih rumit dari yang ditunjukkan oleh angka. Perbaikan dalam langkah perubahan dalam teknologi mungkin mempercepat kemajuan, sementara halangan seperti ketersediaan lahan atau materi dapat berakibat meningkatnya biaya marjinal.

Di beberapa sektor – terutama pembangkit listrik, di mana teknologi baru dapat berjuang untuk meraih tumpuan – kebijakan untuk mendukung pasar teknologi tahap awal sangatlah penting. Tinjauan ini berargumen bahwa skala insentif penyebaran yang ada di seluruh dunia harus ditingkatkan dari dua sampai lima kali, dari tingkat saat ini di sekitar \$34 milyar per tahun. Cara semacam itu akan menjadi motivasi yang kuat untuk inovasi di seluruh sektor swasta untuk mengedepankan berbagai teknologi yang dibutuhkan.

Penghapusan halangan terhadap perubahan perilaku merupakan elemen penting ketiga, salah satu yang sangat penting dalam mendorong pengambilan kesempatan untuk efisiensi energi.

Elemen ketiga adalah penghapusan halangan terhadap perubahan perilaku. Bahkan di mana cara pengurangan emisi terhitung efisien, mungkin terdapat halangan terhadap tindakan. Hal tersebut meliputi kurangnya informasi yang dapat diandalkan, biaya transaksi, dan inersia perilaku dan organisasional. Dampak halangan-halangan ini dapat dilihat paling jelas dalam kegagalan konstan untuk menyadari potensi cara efisiensi energi.

Cara-cara pengaturan dapat memainkan peranan kuat dalam memotong kompleksitas tersebut, dan menyediakan kejelasan dan kepastian. Standar minimum untuk bangunan dan peralatan telah membuktikan sebuah cara yang efisien untuk meningkatkan performa, di mana isyarat harga saja dapat menjadi terlalu mati untuk mendapatkan dampak yang signifikan.

Kebijakan informasi, termasuk pemberian label dan penyebaran praktek terbaik, dapat membantu konsumen dan bisnis membuat keputusan yang aman, dan menstimulasi pasar yang kompetitif untuk barang dan jasa rendah karbon dan berefisiensi tinggi. Cara-cara keuangan juga dapat membantu, melalui menghadapi batasan yang mungkin ada dalam membayar biaya awal perbaikan efisiensi.

Mengasuh pengertian bersama tentang sifat perubahan iklim, dan konsekuensinya, sangatlah penting dalam membentuk perilaku, seperti juga dalam menyokong tindakan nasional dan internasional. Pemerintah dapat menjadi katalis untuk dialog melalui bukti-bukti, pendidikan, persuasi dan diskusi. Mendidik mereka yang saat ini ada di sekolah mengenai perubahan iklim akan membantu membentuk dan mempertahankan pembuatan kebijakan masa depan, dan debat di masyarakat luas dan internasional akan mendukung pembuat kebijakan saat ini dalam mengambil tindakan keras sekarang juga.

Kebijakan adaptasi sangatlah penting untuk menangani dampak perubahan iklim yang tak dapat dihindari, tetapi hal tersebut telah dinomor duakan di banyak negara.

Adaptasi adalah satu-satunya tanggapan yang ada untuk dampak yang akan muncul selama beberapa dekade mendatang sebelum cara mitigasi dapat memperlihatkan efeknya.

Tidak seperti mitigasi, adaptasi di kebanyakan kasus akan menyediakan keuntungan lokal, yang terealisasi tanpa menunggu lama. Karena itu beberapa adaptasi akan muncul secara swatantra ketika para individu menanggapi perubahan pasar atau lingkungan. Beberapa aspek adaptasi, seperti keputusan infrastruktur yang besar, akan membutuhkan tinjauan akan masa depan dan perencanaan yang lebih besar. Juga terdapat beberapa aspek adaptasi yang membutuhkan penyaluran keuntungan global melalui barang publik, termasuk informasi yang meningkat tentang sistem iklim dan lebih banyak tanaman dan teknologi yang tahan iklim.

Informasi kuantitatif mengenai biaya dan keuntungan adaptasi ekonomi saat ini terbatas. Penelitian dalam sektor yang sensitif iklim menunjuk kepada banyak pilihan adaptasi yang akan menyediakan keuntungan melebihi biayanya. Tetapi pada suhu yang lebih tinggi, biaya adaptasi akan meningkat dengan tajam dan kerusakan yang tertinggal tetap berjumlah besar. Biaya tambahan untuk membangun infrastruktur

dan bangunan baru yang tahan terhadap perubahan iklim di negara-negara OECD dapat sebesar \$15 – 150 milyar setiap tahun (0.05 – 0.5% GDP).

Tantangan adaptasi terutama akan menjadi akut untuk negara berkembang, di mana kerapuhan dan kemiskinan yang lebih besar akan membatasi kapasitas untuk bertindak. Seperti di negara maju, biayanya sulit untuk diperkirakan, tetapi kemungkinan besar mencapai puluhan milyar dollar.

Pasar yang menanggapi informasi iklim akan menstimulasi adaptasi di antara individu dan firma. Skema asuransi yang berdasarkan resiko, contohnya, menyediakan isyarat yang kuat mengenai ukuran resiko iklim dan karena itu mendorong manajemen resiko yang baik.

Pemerintah memiliki peranan dalam menyediakan kerangka kerja kebijakan untuk memandu adaptasi yang efektif oleh para individu dan firma dalam jangka waktu menengah dan panjang. Terdapat empat bidang kunci:

- Informasi iklim dan alat untuk manajemen resiko yang berkualitas tinggi akan membantu mendorong pasar yang efisien. Prediksi iklim regional yang meningkat akan menjadi penting, terutama untuk pola curah hujan dan badai.
- Perencanaan penggunaan lahan dan standar kinerja harus mendorong baik investasi swasta dan publik pada bangunan dan infrastruktur tahan lama lainnya untuk memperhatikan perubahan iklim.
- Pemerintahan dapat menyumbang melalui kebijakan jangka panjang untuk barang publik yang sensitif akan iklim, termasuk perlindungan sumber daya alam, perlindungan pantai, dan kesiapan akan situasi darurat.
- Jaring keselamatan keuangan mungkin dibutuhkan untuk yang termiskin di masyarakat, yang kemungkinan besar paling rentan terhadap dampaknya, dan paling tidak mampu mendapatkan perlindungan (termasuk asuransi).

Pembangunan berkesinambungan sendiri membawa diversifikasi, fleksibilitas dan sumber daya manusia yang merupakan komponen penting dalam adaptasi. Justru, banyak adaptasi hanya akan menjadi perpanjangan dari praktek pembangunan yang baik – contohnya, memajukan pembangunan secara keseluruhan, manajemen bencana yang lebih baik dan tanggapan situasi darurat. Tindakan adaptasi harus diintegrasikan ke dalam kebijakan dan perencanaan pembangunan di setiap tingkatan.

Sebuah tanggapan efektif terhadap perubahan iklim akan bergantung pada pembuatan kondisi untuk tindakan kolektif internasional.

Tinjauan ini telah mengidentifikasi banyak tindakan yang dapat dilakukan sendiri oleh masyarakat dan negara-negara untuk mengatasi perubahan iklim.

Justru, banyak negara dan perusahaan yang sudah mulai bertindak. Namun, emisi dari kebanyakan negara individu relatif kecil dibanding total global, dan pengurangan yang sangat besar dibutuhkan untuk menstabilisasi konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer. Mitigasi perubahan iklim mengangkat masalah klasik tentang ketentuan barang publik global. Hal tersebut memiliki karakteristik kunci yang sama dengan

tantangan lingkungan lainnya yang membutuhkan manajemen internasional akan sumber daya umum untuk menghindari keuntungan tanpa turut menyumbang.

Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang Perubahan Iklim (UNFCCC), Protokol Kyoto dan berbagai kemitraan dan dialog informal lainnya menyediakan sebuah kerangka kerja yang mendukung kerjasama, dan sebuah dasar untuk membangun tindakan kolektif lebih jauh.

Sebuah perspektif global bersama tentang urgensi masalah dan tentang tujuan jangka panjang untuk kebijakan perubahan iklim, dan sebuah pendekatan internasional yang berdasarkan kerangka kerja multilateral dan tindakan yang terkoordinasi, sangatlah penting untuk menanggapi skala tantangannya. Kerangka kerja internasional untuk tindakan terhadap perubahan iklim harus mendorong dan menanggapi kepemimpinan yang ditunjukkan oleh negara-negara berbeda dengan cara berbeda, dan harus memfasilitasi dan memotivasi keterlibatan semua negara. Hal-hal tersebut harus dibangun di atas prinsip efektivitas, efisiensi dan keseimbangan yang sudah menyediakan dasar kerangka kerja multilateral yang telah ada.

Kebutuhan akan tindakan sangatlah mendesak: permintaan energi dan transportasi tumbuh dengan pesat di banyak negara berkembang, dan banyak negara maju juga akan memperbaharui saham modal dengan jumlah signifikan. Investasi yang dibuat pada 10-20 tahun mendatang dapat mengunci emisi yang sangat tinggi untuk setengah abad mendatang, atau memberikan sebuah kesempatan untuk menggerakkan dunia ke jalan yang lebih berkesinambungan.

Kerjasama internasional harus meliputi semua aspek kebijakan untuk mengurangi emisi – penetapan harga, teknologi dan penghapusan hambatan perilaku, juga tindakan terhadap emisi dari penggunaan lahan. Dan kerjasama tersebut harus memajukan dan mendukung adaptasi. Terdapat kesempatan yang signifikan untuk bertindak sekarang, termasuk di bidang dengan keuntungan ekonomi yang cepat (seperti efisiensi energi dan pengurangan penyalaan gas) dan di bidang di mana program pendahulu berskala besar akan meningkatkan pengalaman yang penting untuk memandu negosiasi di masa depan.

Persetujuan pada perangkat tanggung jawab mutual yang luas di setiap dimensi tindakan yang relevan akan berkontribusi terhadap tujuan keseluruhan akan mengurangi resiko perubahan iklim. Tanggung jawab ini harus memperhatikan biaya dan kemampuan untuk menanggungnya, seperti juga titik mula, prospek pertumbuhan dan sejarah masa lampau.

Mengamankan kerjasama yang luas dan berkelanjutan membutuhkan distribusi usaha yang seimbang di seluruh negara maju dan berkembang. Tidak ada satu pun formula yang mencakup semua dimensi keseimbangan, namun perhitungan berdasarkan pada pendapatan, tanggung jawab historis dan emisi per kapita semuanya menunjuk kepada negara kaya untuk bertanggung jawab atas pengurangan emisi sebanyak 60-80% dari tingkat tahun 1990 di tahun 2050.

Kerjasama dapat didorong dan dipertahankan dengan transparansi dan membandingkan tindakan nasional yang lebih besar.

Menciptakan sebuah isyarat harga karbon yang secara luas mirip di seluruh dunia, dan menggunakan keuangan karbon untuk mempercepat tindakan di negara berkembang, merupakan prioritas yang mendesak untuk kerjasama internasional.

Harga karbon yang serupa secara luas dibutuhkan untuk menekan biaya keseluruhan dari membuat pengurangan-pengurangan ini, dan dapat diciptakan melalui pajak, perdagangan atau regulasi. Transfer teknologi kepada negara berkembang oleh sektor swasta dapat dipercepat melalui tindakan nasional dan kerjasama internasional.

Protokol Kyoto telah menetapkan institusi yang berharga untuk menyokong perdagangan emisi internasional. Terdapat alasan-alasan yang kuat untuk membangun dan belajar dari pendekatan ini. Terdapat kesempatan untuk menggunakan dialog UNFCCC dan tinjauan efektifitas dari Protokol Kyoto, seperti juga berbagai dialog, untuk mengeksplorasi cara untuk maju ke depan.

Skema perdagangan sektor swasta saat ini berada di pusat arus internasional keuangan karbon. Menghubungkan dan memperluas skema perdagangan emisi regional dan sektoral, termasuk skema sub-nasional dan sukarela, membutuhkan kerjasama internasional yang lebih besar dan perkembangan rencana institusional baru yang sesuai.

Keputusan yang dibuat saat ini di fase ETS UE ketiga menyediakan sebuah kesempatan bagi skema tersebut untuk meluaskan pengaruhnya, dan menjadi inti dari, pasar karbon global masa depan.

ETS UE merupakan pasar karbon terbesar di dunia. Struktur fase skema ketiga, setelah 2012, sedang diperdebatkan saat ini. Ini merupakan sebuah kesempatan untuk merangkai sebuah visi yang jelas dan berjangka panjang untuk menempatkan skema tersebut di pusat pasar karbon global masa depan.

Terdapat sejumlah elemen yang akan berkontribusi pada visi yang kredibel untuk ETS UE. Batasan keseluruhan UE pada emisi harus ditetapkan pada tingkat yang menjamin kelangkaan di pasar atas emisi yang diperbolehkan, dengan kriteria yang lebih ketat untuk volume alokasi di seluruh sektor yang relevan. Informasi akan emisi yang jelas dan sering selama periode perdagangan akan memperbaiki transparansi di pasar, mengurangi resiko kenaikan harga yang tidak perlu atau yang muncul dari kegagalan yang tak terduga.

Peraturan regulasi yang jelas yang meliputi basis alokasi pada periode perdagangan di masa depan akan menciptakan daya prediksi yang lebih besar untuk investor. Kemungkinan akan menumpuk (dan mungkin meminjam) emisi yang diperbolehkan antar periode dapat membantu memperlancar harga seiring waktu.

Memperluas partisipasi ke sektor industrial besar lainnya, dan ke sektor seperti penerbangan, akan membantu memperdalam pasar, dan meningkatkan penggunaan lelang akan memajukan efisiensi.

Memungkinkan ETS UE berhubungan dengan skema perdagangan yang muncul lainnya (termasuk di AS dan Jepang), dan menjaga dan membangun mekanisme untuk memungkinkan penggunaan pengurangan karbon yang dibuat di negara berkembang, dapat memajukan likuiditas sementara juga menetapkan inti pasar karbon global.

Menaikkan arus keuangan karbon ke negara berkembang untuk mendukung kebijakan dan program yang efektif untuk mengurangi emisi akan mempercepat transisi menuju ekonomi rendah karbon.

Negara berkembang sudah mengambil tindakan signifikan untuk memaksimalkan pertumbuhan ekonomi mereka dari pertumbuhan emisi gas rumah kaca. Contohnya, Cina telah mengadopsi tujuan domestik yang sangat ambisius untuk mengurangi energi yang digunakan untuk setiap unit GDP sebanyak 20% dari 2006-2010 dan untuk memajukan penggunaan energi terbarukan. India telah menciptakan sebuah Kebijakan Energi Terpadu untuk periode yang sama yang meliputi cara-cara untuk memperluas akses terhadap energi yang lebih bersih untuk masyarakat miskin dan untuk meningkatkan efisiensi energi.

Mekanisme Pembangunan Bersih, yang diciptakan oleh Protokol Kyoto, saat ini merupakan saluran formal utama untuk mendukung investasi rendah karbon di negara berkembang. Hal tersebut memungkinkan baik pihak pemerintah dan sektor swasta untuk berinvestasi dalam proyek yang mengurangi emisi di ekonomi yang sedang tumbuh dengan cepat, dan menyediakan satu cara untuk mendukung hubungan antara skema perdagangan emisi regional yang berbeda.

Di masa depan, sebuah transformasi yang berskala, dan dengan institusi dari, arus keuangan karbon internasional akan dibutuhkan untuk mendukung pengurangan emisi yang efisien. Kenaikan biaya investasi rendah karbon di negara berkembang kemungkinan besar sebesar paling tidak \$20-30 milyar per tahun. Menyediakan bantuan dengan biaya ini akan membutuhkan kenaikan yang besar dalam tingkat ambisi skema perdagangan seperti ETS UE. Ini juga akan membutuhkan mekanisme yang menghubungkan keuangan karbon dari sektor swasta dengan kebijakan dan program daripada dengan masing-masing proyek. Dan hal tersebut harus dilakukan dalam konteks tujuan nasional, regional atau sektoral untuk pengurangan emisi. Arus-arus ini akan menjadi penting dalam mempercepat investasi swasta dan tindakan pemerintah nasional di negara berkembang.

Terdapat kesempatan saat ini untuk membangun kepercayaan dan untuk memimpin pendekatan baru untuk menciptakan arus berskala besar terhadap investasi di jalan pembangunan rendah karbon. Syarat dari skema perdagangan emisi yang ada, termasuk ETS UE, mengenai tingkat di mana mereka akan menerima kredit karbon dari negara berkembang, akan membantu menjaga kontinuitas selama tahap yang penting dalam membangun pasar dan mendemonstrasikan apa yang mungkin.

Institusi Keuangan Internasional memiliki peran yang penting untuk dimainkan dalam mempercepat proses ini: penetapan Kerangka Kerja Investasi Energi Bersih oleh Bank Dunia dan bank pembangunan multilateral lainnya menawarkan potensi yang signifikan untuk mempercepat dan meningkatkan arus investasi.

Kerjasama internasional yang lebih besar untuk mempercepat inovasi dan difusi teknologi akan mengurangi biaya mitigasi.

Sektor swasta adalah pendorong inovasi dan difusi utama di seluruh dunia. Tetapi pemerintahan dapat membantu memajukan kolaborasi internasional untuk mengatasi halangan di bidang ini, termasuk melalui persiapan formal dan melalui rencana yang memajukan kerjasama publik-swasta seperti Kemitraan Asia Pasifik. Kerjasama teknologi memungkinkan pembagian resiko, penghargaan dan kemajuan perkembangan teknologi dan memungkinkan koordinasi prioritas.

Sebuah portfolio global yang muncul dari prioritas litbang dan dukungan penyebaran nasional individual mungkin tidak cukup beragam, dan kemungkinan besar hanya memiliki bobot yang terlalu kecil pada beberapa teknologi yang khususnya penting untuk negara berkembang, seperti biomassa.

Kerjasama litbang internasional dapat berbagai bentuk. Tindakan yang koheren, mendesak dan luas membutuhkan pengertian dan kerjasama internasional. Hal-hal ini dapat terkandung dalam perjanjian multilateral formal yang memungkinkan negara-negara untuk menyatukan resiko dan keuntungannya untuk investasi besar di litbang, termasuk proyek percontohan dan program internasional yang berdedikasi untuk mempercepat teknologi utama. Tetapi perjanjian formal hanyalah merupakan satu bagian dari ceritanya – perjanjian informal untuk kerjasama yang lebih besar dan hubungan yang meningkat antar program nasional juga dapat memainkan peran yang sangat penting.

Baik kerjasama informal maupun formal dalam kebijakan nasional untuk dukungan penyebaran dapat mempercepat pengurangan biaya dengan meningkatkan skala pasar baru di seluruh perbatasan. Banyak negara dan negara bagian AS saat ini memiliki tujuan nasional dan kerangka kerja kebijakan yang spesifik untuk mendukung penyebaran teknologi energi terbarukan. Transparansi dan pembagian informasi sudah membantu meningkatkan minat dalam pasar-pasar ini. Menjelajahi lingkup untuk membuat instrumen penyebaran menjadi dapat diperdagangkan di seluruh perbatasan dapat meningkatkan efektifitas dukungan, termasuk memobilisasi sumber-sumber yang akan dibutuhkan untuk mempercepat penyebaran meluas akan pengambilan dan penyimpanan karbon dan penggunaan teknologi yang cocok untuk negara berkembang.

Kerjasama internasional dalam regulasi dan standar produk dapat menjadi cara yang kuat untuk mendorong efisiensi energi yang lebih besar. Hal tersebut dapat meningkatkan efektifitas biaya mereka, memperkuat insentif untuk berinovasi, meningkatkan transparansi, dan memajukan perdagangan internasional.

Pengurangan halangan tarif dan non-tarif untuk barang dan jasa rendah karbon, termasuk selama Ronde Pembangunan Doha mengenai negosiasi perdagangan internasional, dapat menyediakan kesempatan lebih jauh untuk mempercepat difusi teknologi-teknologi utama.

Menghentikan pembabatan hutan merupakan cara yang sangat efisien untuk mengurangi emisi gas rumah kaca.

Emisi dari pembabatan hutan sangatlah signifikan – diperkirakan mewakili lebih dari 18% emisi global, lebih besar dari yang diproduksi sektor transportasi global.

Tindakan untuk menjaga daerah hutan alami yang masih ada sangatlah dibutuhkan. Rencana percobaan berskala besar dibutuhkan untuk mengetahui pendekatan yang efektif untuk mengkombinasikan tindakan nasional dan dukungan internasional.

Kebijakan dalam pembabatan hutan harus dibentuk dan dipimpin oleh negara di mana sebagian besar hutan tersebut berada. Tetapi negara-negara tersebut harus menerima bantuan yang kuat dari masyarakat internasional, yang diuntungkan dari tindakan negara-negara tersebut untuk mengurangi pembabatan hutan. Pada tingkat nasional, mendefinisikan hak milik untuk lahan hutan, dan menentukan hak dan tanggung jawab dari pemilik lahan, masyarakat dan penebang, merupakan kunci untuk manajemen hutan yang efektif. Hal ini harus melibatkan masyarakat lokal, menghormati hak-hak informal dan struktur sosial, bekerja dengan tujuan pembangunan dan memperkuat proses perlindungan hutan.

Penelitian yang dilakukan untuk laporan ini mengindikasikan bahwa biaya kesempatan dari perlindungan hutan di 8 negara yang bertanggung jawab untuk 70 persen emisi dari penggunaan lahan kemungkinan sekitar \$5 milyar setiap tahun awalnya, walaupun seiring waktu biaya marjinalnya akan naik.

Kompensasi dari masyarakat internasional harus memperhatikan biaya kesempatan dari penggunaan alternatif lahan, biaya administrasi dan melaksanakan perlindungan, dan tantangan dalam mengatur transisi politik saat minat yang telah berpindah.

Pasar karbon dapat memainkan sebuah peran penting dalam menyediakan insentif semacam itu dalam jangka yang lebih panjang. Tetapi terdapat resiko jangka-pendek pada destabilisasi proses penting akan memperkuat pasar karbon yang telah ada jika pembabatan hutan disatukan tanpa perjanjian untuk meningkatkan permintaan untuk pengurangan emisi. Perjanjian ini harus didasarkan pada pengertian akan skala transfer yang kemungkinan terlibat.

Usaha adaptasi di negara-negara berkembang harus dipercepat dan didukung, termasuk melalui bantuan pembangunan internasional.

Negara-negara berkembang yang termiskin adalah yang pertama terkena perubahan iklim pertama dengan dampak terbesar, walaupun mereka yang hanya sedikit berkontribusi dalam penyebab masalah ini. Pendapatan mereka yang rendah akan membuat sulit untuk mendanai adaptasi. Masyarakat internasional berkewajiban untuk mendukung mereka dalam beradaptasi terhadap perubahan iklim. Tanpa dukungan semacam itu terdapat resiko serius bahwa kemajuan pembangunan akan terganggu.

Negara-negara berkembang itu sendirilah yang perlu menentukan pendekatan terhadap adaptasi dalam konteks situasi dan aspirasi mereka. Pertumbuhan dan pembangunan yang cepat akan meningkatkan kemampuan negara-negara ini untuk beradaptasi. Biaya tambahan yang diperlukan negara-negara berkembang untuk beradaptasi terhadap perubahan iklim dapat mencapai puluhan milyar dollar.

Skala tantangan yang ada menyebabkan semakin mendesak bagi negara-negara maju untuk menghargai komitmen yang telah ada – yang dibuat di Monterrey tahun 2002, dan diperkuat pada Dewan UE bulan Juni 2005 dan pada Pertemuan Gleneagles G8 bulan Juli 2005 – untuk menggandakan arus bantuan di tahun 2010.

Para donor dan institusi-institusi pembangunan multilateral harus mengarusutamakan dan mendukung adaptasi dalam seluruh bantuan mereka untuk

negara-negara berkembang. Masyarakat internasional juga harus mendukung adaptasi melalui investasi atas barang publik global, termasuk pengawasan dan perkiraan perubahan iklim yang meningkat, pembentukan model dampak regional yang lebih baik, dan pengembangan dan penyebaran bibit yang tahan kekeringan dan banjir.

Sebagai tambahan, usaha harus ditingkatkan untuk membangun kemitraan publik-swasta untuk asuransi yang terkait iklim; dan untuk memperkuat mekanisme yang meningkatkan manajemen dan kesiapan resiko, tanggapan terhadap bencana dan penampungan kembali pengungsi.

Mitigasi yang kuat dan dini memiliki peran kunci untuk dimainkan dalam membatasi biaya adaptasi jangka panjang. Tanpa hal ini, biaya adaptasi akan meningkat secara dramatis.

Membangun dan mempertahankan tindakan kolektif saat ini merupakan tantangan yang mendesak.

Kumpulan pembangunan kunci untuk tindakan kolektif apa pun meliputi membangun sebuah pengertian bersama akan tujuan jangka panjang kebijakan iklim, membangun institusi yang efektif untuk kerjasama, dan menunjukkan kepemimpinan dan upaya untuk membangun kepercayaan dengan pihak-pihak lain.

Tanpa sebuah perspektif yang jelas atas tujuan jangka panjang untuk stabilisasi konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer, kemungkinan besar tindakan tersebut tidak akan cukup untuk memenuhi tujuannya.

Tindakan harus meliputi mitigasi, inovasi dan adaptasi. Terdapat banyak kesempatan untuk memulai sekarang termasuk di mana terdapat keuntungan yang muncul dengan segera dan di mana program percobaan berskala besar akan meningkatkan pengalaman yang berharga. Dan kita telah mulai menciptakan institusi-institusi untuk mendukung kerjasama.

Tantangannya adalah untuk memperluas dan memperdalam partisipasi di seluruh dimensi tindakan yang relevan – termasuk kerjasama untuk menciptakan harga dan pasar karbon, untuk mempercepat inovasi dan penyebaran teknologi rendah karbon, untuk membalikkan emisi dari perubahan penggunaan lahan dan untuk membantu negara-negara miskin beradaptasi terhadap dampak perubahan iklim yang terburuk.

Masih ada waktu untuk menghindari dampak perubahan iklim terburuk jika tindakan kolektif yang kuat dimulai sekarang.

Tinjauan ini telah memfokuskan diri pada ekonomi resiko dan ketidakpastian, menggunakan berbagai alat ekonomi untuk mengatasi tantangan masalah global yang memiliki implikasi yang berjangka panjang. Jauh lebih banyak lagi pekerjaan yang perlu dilakukan oleh para ilmuwan dan ahli ekonomi, untuk mengatasi tantangan analitis dan menyelesaikan beberapa ketidakpastian di seluruh zona transisi yang luas. Tetapi sudah jelas bahwa resiko ekonomi dari tidak adanya tindakan dalam menghadapi perubahan iklim akan sangat parah.

Ada cara-cara untuk mengurangi resiko perubahan iklim. Dengan insentif yang tepat, sektor swasta akan menanggapi dan dapat memberikan solusi. Stabilisasi konsentrasi gas rumah kaca pada atmosfer dapat dilakukan, dengan biaya yang signifikan tetapi dapat dijalankan.

Perangkat kebijakan untuk menciptakan insentif yang dibutuhkan tersedia untuk merubah pola investasi dan menggerakkan ekonomi global menuju jalan rendah karbon. Hal ini harus berjalan berdampingan dengan tindakan yang meningkat untuk beradaptasi terhadap dampak perubahan iklim yang tidak lagi dapat dihindari.

Di atas semuanya, mengurangi resiko perubahan iklim membutuhkan tindakan kolektif. Hal tersebut membutuhkan kerjasama antar negara, melalui kerangka kerja internasional yang mendukung pencapaian tujuan bersama. Hal tersebut membutuhkan sebuah kemitraan antara sektor publik dan swasta, bekerja dengan masyarakat sipil dan dengan individu. Masih mungkin untuk menghindari dampak perubahan iklim yang terburuk; tetapi hal tersebut membutuhkan tindakan kolektif yang kuat dan mendesak. Penundaan akan membuatnya lebih mahal dan berbahaya.