

# Global Calculator: pesan penting bagi dunia pada tahun 2050



## Contents

<b>Gambaran Umum</b>	<b>3</b>
<b>Temuan terperinci</b>	<b>4</b>
Gaya hidup	4
Teknologi dan bahan bakar	7
Lahan	9
<b>Mengapa bertujuan untuk 2°C?</b>	<b>14</b>
<b>Menghilangkan Mitos</b>	<b>15</b>
<b>Ketahui lebih jauh</b>	<b>16</b>
<b>Bagaimana pesan ini dihasilkan?</b>	<b>16</b>
<b>Tambahan: empat jalur 2°C yang wajar</b>	<b>17</b>
1. Upaya yang didistribusikan	18

---

## Global Calculator: pesan penting bagi dunia pada tahun 2050

---

2. Keengganan konsumen	18
3. Sedikit tindakan pada hutan	19
4. Aktivisme konsumen	19

## Gambaran Umum

---

Pada tahun 2050, populasi global diharapkan melonjak dari 7 miliar hari ini menjadi 10 miliar, dan ekonomi global diharapkan membesar tiga kali lipat<sup>1</sup>. Namun pada tahun 2050, kita perlu memangkas emisi gas rumah kaca berbahaya sekitar setengah dari saat ini agar memiliki peluang memenuhi komitmen internasional untuk menghambat kenaikan suhu rata-rata global sehingga tidak melebihi 2°C. Apakah secara fisik mungkin bagi kita memenuhi target iklim ini dan memastikan semua orang memiliki standar hidup yang baik pada tahun 2050?

Untuk menjawab pertanyaan ini, pakar internasional lebih dari sepuluh organisasi internasional terkemuka bersama-sama membangun model sistem energi, lahan, pangan dan iklim dunia untuk tahun 2050. Tim membangun "Global Calculator" untuk memperagakan gaya hidup apa yang secara fisik memungkinkan untuk populasi dunia - mulai dari kilometer perjalanan per orang hingga konsumsi kalori dan makanan - dan energi, bahan-bahan serta kebutuhan lahan untuk memuaskan semuanya. Dampak iklim dari jalur berbeda juga digambarkan dengan mengaitkan model ke ilmu iklim Panel Antarpemerintah mengenai Perubahan Iklim (IPCC). Model metodologi dan asumsi juga dipublikasikan selengkapnya dan telah diuji dengan para pakar yang berasal lebih dari 150 organisasi berbeda di seluruh dunia.

Perangkat Global Calculator menunjukkan bahwa terdapat banyak jalur berbeda menuju 2°C. Tim menghasilkan empat jalur wajar menuju target 2°C yang memungkinkan gaya hidup yang baik, namun kepekaan menguji ketidakpastian utama mengenai teknologi, bahan bakar dan penggunaan lahan. Keempat jalur 2°C yang wajar menunjukkan bahwa:

- Ya, secara fisik memungkinkan bahwa 10 miliar orang di dunia dapat makan dengan baik, lebih banyak bepergian dan hidup di rumah yang lebih nyaman, sementara pada saat bersamaan, mengurangi emisi yang konsisten dengan peluang 50% dari pemanasan 2°C.
- Namun untuk melaksanakannya, kita perlu mengubah teknologi dan bahan bakar yang digunakan. Sebagai contoh, jumlah CO<sub>2</sub> terpancar per unit listrik secara global perlu diturunkan setidaknya 90% pada tahun 2050. Juga, proporsi rumah tangga yang memanaskan rumah mereka menggunakan listrik atau sumber nol-karbon harus meningkat dari 5% saat ini menjadi 25-50% secara global pada tahun 2050.
- Kita juga perlu menggunakan sumber daya lahan terbatas dengan lebih cerdas. Secara khusus, kita harus melindungi dan memperluas hutan secara global sekitar 5-15% pada tahun 2050 karena hutan bertindak sebagai penyerap karbon yang berharga.

Global Calculator hanya memiliki detail geografis yang terbatas, sehingga tidak bisa melaporkan secara detail negara mana yang harus meluncurkan teknologinya atau siapa yang harus membayar teknologi tersebut. Calculator juga hanya memperagakan rata-rata konsumsi per orang

---

<sup>1</sup> Global PDB sebesar \$67 triliun pada tahun 2011, diproyeksikan meningkat ke \$200 triliun pada tahun 2050 (OECD, 2014; Pandangan Ekonomi no. 95, Mei 2014, Proyeksi Dasar Jangka Panjang. Keluaran potensial dari total perekonomian, volume [harga PPP]. Tersedia di <http://stats.oecd.org>)

## Global Calculator: pesan penting bagi dunia pada tahun 2050

---

secara global<sup>2</sup>, daripada menurut negaranya. Jadi walaupun perangkat menunjukkan bahwa rata-rata makanan global, penggunaan angkutan dan perabotan rumah tangga dapat meningkat hingga tingkatan yang konsisten dengan gaya hidup yang baik pada tahun 2050, namun tidak menjelaskan bagaimana konsumsi harus didistribusikan menurut negaranya (misalnya, apakah negara terkaya harus mengurangi konsumsi mereka). Pertanyaan-pertanyaan tersebut bersifat politis dan di luar jangkauan Global Calculator.

Namun, Global Calculator dengan tegas menunjukkan bahwa secara fisik memungkinkan untuk mencapai baik pengembangan ekonomi dan gol perubahan iklim pada tahun 2050. Dunia memiliki cukup energi, sumber daya lahan dan pangan bagi kita semua untuk hidup enak. Teknologi, bahan bakar dan metode penggunaan lahan sudah ada untuk kita dalam memenuhi gol pengembangan ekonomi, sementara menanggulangi perubahan iklim.

Namun membuat transisi ini ke karbon rendah akan membutuhkan upaya besar-besaran di seluruh sektor dan tindakan mendesak untuk segera dimulai. Kita perlu langkah perubahan dalam memulai teknologi bersih di seluruh sektor listrik, bangunan, angkutan dan pemanufakturan, dan perbaikan yang signifikan dalam praktik pengelolaan lahan. Dan tahun 2050 bukanlah akhir perjalanan: pembaruan teknologi dan pengelolaan lahan kita harus diperpanjang selama sisa abad sehingga dunia memiliki nol emisi gas rumah kaca pada tahun 2100, jika kita ingin tetap berada di jalur menuju target 2°C kita.

Untuk memastikan diluncurkannya perubahan-perubahan tersebut, kepemimpinan yang kuat dari pelaku bisnis, masyarakat madani dan politisi adalah hal penting untuk mendukung diambilnya tindakan mendesak untuk memangkas emisi melalui kesepakatan global ambisius pada negosiasi Konvensi Kerangka Kerja mengenai Perubahan Iklim Perserikatan Bangsa-Bangsa (UNFCCC) bulan Desember 2014.

## Temuan terperinci

---

### Gaya hidup

Perangkat menemukan bahwa kita dapat mencapai target 2°C sementara menyediakan akses ke listrik kepada lebih banyak rumah tangga (84% hari ini, dibandingkan dengan 94% pada 2050)<sup>3</sup>. Rumah kita dapat dipanaskan dan didinginkan dengan lebih nyaman (mis. di rumah urban, rata-rata suhu dalam ruangan di musim dingin dapat meningkat dari 16°C hari ini menjadi 19°C pada tahun 2050, rata-rata suhu dalam ruangan di musim panas dapat turun dari 27°C hari ini menjadi

<sup>2</sup> Konsumsi makanan dihitung berdasarkan rata-rata global. Perilaku bepergian tersegmentasi menurut jenis wilayah perjalanan yang ditempuh (pedalaman maju, pedalaman berkembang, internasional, urban otomotif, urban persinggahan atau kota besar urban yang melonjak). Pemakaian energi di gedung-gedung terpilah menurut: urban dengan akses ke listrik, urban tanpa akses ke listrik, pedalaman dengan akses ke listrik dan pedalaman tanpa akses ke listrik.

<sup>3</sup> Kecuali dinyatakan lain, semua figur di makalah ini dihitung berdasarkan rentang dari empat contoh jalur 2°C yang wajar: upaya yang didistribusikan, keengganan konsumen, tindakan terlambat pada hutan, aktivisme konsumen. Semuanya ada dalam perangkat: <http://tool.globalcalculator.org>

## Global Calculator: pesan penting bagi dunia pada tahun 2050

24°C pada tahun 2050). Kita juga dapat memiliki lebih banyak perabotan (mis. dari rata-rata 0,8 mesin pencuci pakaian per rumah tangga urban hari ini menjadi satu di setiap rumah tangga urban pada tahun 2050).

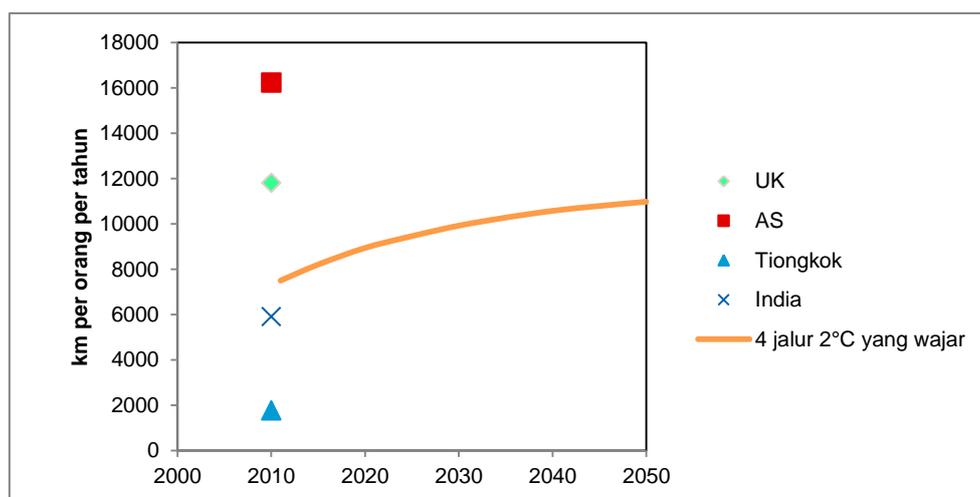
Kita bahkan dapat bepergian lebih jauh: rata-rata jarak per orang meningkat dari 8.300 k/kepala hari ini menjadi 12.400 km/kepala pada tahun 2050. Ini termasuk 400 km per orang meningkat dalam jarak yang ditempuh melalui udara antara sekarang dan 2050 (setara dengan penerbangan dari London ke Amsterdam). Proporsi jarak yang ditempuh mobil sedikit meningkat dari 37% hari ini hingga 40-45% pada tahun 2050.

Kita juga memiliki cukup lahan untuk memastikan bahwa semua orang cukup memiliki untuk makan: 2.180 kalori per kepala hari ini, meningkat menjadi 2.330 kalori per kepala pada tahun 2050 (serupa dengan asupan kalori rata-rata orang Australia saat ini).

### Apa itu gaya hidup yang "baik"?

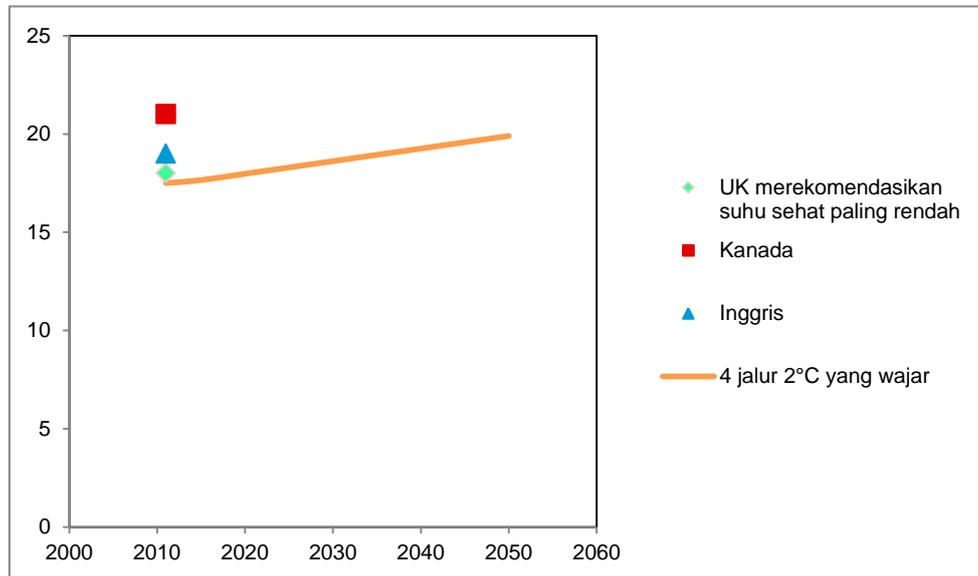
Untuk memahami mengapa empat jalur 2°C yang layak disusun di dalam laporan ini dapat digambarkan sebagai memiliki gaya hidup yang baik, kita dapat membandingkannya dengan riwayat tren dan konsumsi dalam berbagai negara hari ini.

**Dalam empat jalur 2°C yang wajar, rata-rata perjalanan domestik di kawasan urban dan pedalaman dapat meningkat antara tahun 2011 dan 2050 dari 7.500 hingga 11.000 km per orang per tahun**

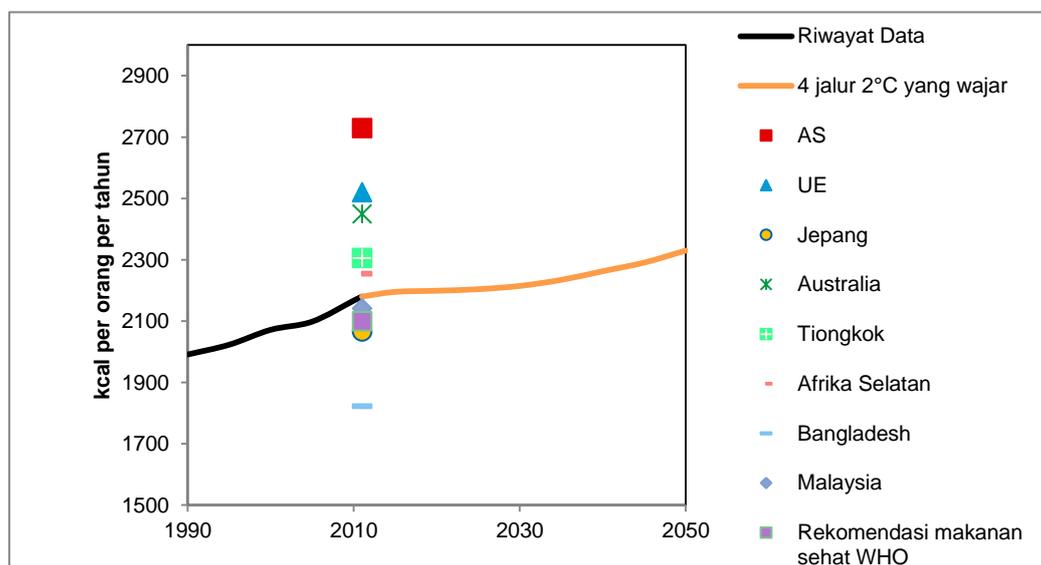


**Dalam empat jalur 2°C yang wajar, rata-rata suhu rumah urban dapat meningkat antara tahun 2011 dan 2050 dari 17,5 hingga 19,9 derajat C**

## Global Calculator: pesan penting bagi dunia pada tahun 2050



**Dalam empat jalur 2°C yang wajar, rata-rata konsumsi kalori global dapat meningkat antara tahun 2011 dan 2050, dari 2.180 hingga 2.330 kcal per orang per tahun**



## Global Calculator: pesan penting bagi dunia pada tahun 2050

---

### Teknologi dan bahan bakar

Pertumbuhan dalam populasi global dan rata-rata konsumsi per kepala akan mengarah pada kenaikan besar dalam permintaan energi global. Menurut skenario bisnis seperti biasanya<sup>4</sup> (dengan standar gaya hidup yang sama seperti dijelaskan di atas), permintaan energi akan meningkat sekitar 70% antara sekarang dan 2050. Namun, dalam jalur 2°C yang disusun dalam laporan ini, standar gaya hidup yang sama dapat dicapai paling banyak sebesar 25% kenaikan dalam permintaan energi global pada tahun 2050.

Batasan dalam permintaan energi ini sebagian besar karena peran yang cukup besar untuk efisiensi energi. Gedung kita harus 50-65% lebih baik insulasinya, dan perabotan kita harus lebih efisien daripada saat ini (misalnya, kulkas kita harus 40% lebih efisien). Mobil kita harus lebih efisien sekitar 50%. Produsen barang-barang seperti mobil dan mesin pencuci pakaian dapat mengurangi energi yang digunakan dalam produksi produk tersebut hingga sebesar 25% pada tahun 2050 melalui desain produk yang lebih cerdas<sup>5</sup>. Produsen bahan baku juga dapat menghemat energi: misalnya, sektor bahan kimia dapat mengurangi penggunaan energi mereka hingga sebesar 10% melalui efisiensi energi yang lebih besar dan peralihan bahan bakar<sup>6</sup>.

Terdapat juga peran penting bagi peralihan teknologi. Sebagai contoh, 25-50% energi yang digunakan untuk memanaskan rumah kita secara global harus berasal dari listrik atau sumber nol karbon seperti pompa kalor atau panas surya. Hingga 35% mobil kita harus listrik atau hidrogen pada tahun 2050.

Penggantian dari bahan bakar fosil juga vital. Penggunaan bahan bakar fosil harus turun dari 82% pasokan energi primer hari ini menjadi sekitar 40% pada tahun 2050. Secara khusus, permintaan batu bara harus turun dari sekitar 160EJ hari ini menjadi 45-60EJ pada tahun 2050. Ini artinya bahwa kita harus mempertahankan sekitar 35-50% cadangan minyak saat ini, 50% cadangan gas, dan 80-85% cadangan batu bara di tanah pada tahun 2050.

Perubahan dalam cara kita memberi kekuatan pada teknologi akan memerlukan pasokan listrik global hingga hampir dua kali lipat dari tingkat 2011 pada tahun 2050 itu. Hal ini harus dipenuhi oleh sebagian besar listrik dekarbonisasi, dengan jumlah CO<sub>2</sub> yang dipancarkan per unit listrik secara global turun setidaknya sebesar 90% pada tahun 2050. Sumber terbesarangkitan listrik berupa tenaga surya, angin, air, nuklir dan penangkap dan penyimpan karbon ("CCS"), dan kita perlu upaya yang sangat ambisius mengenai setidaknya dua tenaga di antaranya. Kita masih memerlukan beberapaangkitan listrik berbahan bakar fosil (misalnya, untuk mengimbangi listrik) namun harus dibersihkan. Kita harus berhenti membangun pembangkit listrik berbahan bakar batu

---

<sup>4</sup> Melalui makalah ini, bisnis seperti biasanya ditetapkan sebagai contoh jalur Global Calculator, "IEA 6DS (kira-kira)". Ini hanya mengasumsikan kebijakan sekarang.

<sup>5</sup> Total permintaan energi untuk pemanufakturan jatuh sebesar 25% ketika jalur bisnis seperti biasanya (IEA 6DS) mengatur tuas "desain, material & daur ulang" di tingkat 3 (merupakan pengaturan tuas paling ambisius di antara empat jalur 2°C yang wajar).

<sup>6</sup> Permintaan energi untuk bahan-bahan kimia jatuh sebesar 10% ketika jalur bisnis seperti biasanya (IEA 6DS) mengatur tuas "bahan kimia" di tingkat 3 (merupakan pengaturan tuas paling ambisius di antara empat jalur 2°C yang wajar).

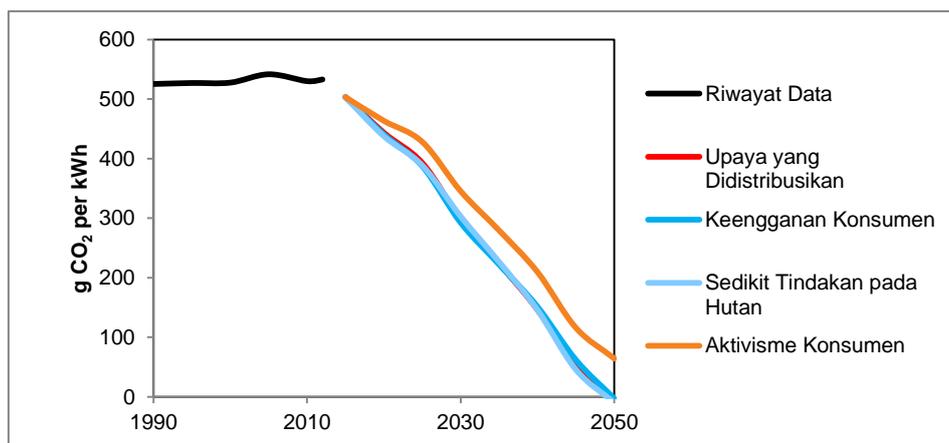
## Global Calculator: pesan penting bagi dunia pada tahun 2050

bara dengan efek langsung dan memasang CCS pada 500 hingga 1.500 GW dari kapasitas bangkitan bahan bakar fosil pada tahun 2050 (setara dengan sekitar 700 hingga 2.100 pembangkit listrik).

### Seberapa menantangnya untuk membersihkan teknologi dan bahan bakar kita?

Agar mengerti lebih baik mengenai seberapa menantangnya untuk membersihkan teknologi dan bahan bakar, kita dapat membandingkan perubahan yang diperlukan dengan riwayat tren. Berikut merupakan beberapa metrik kemajuan utama.

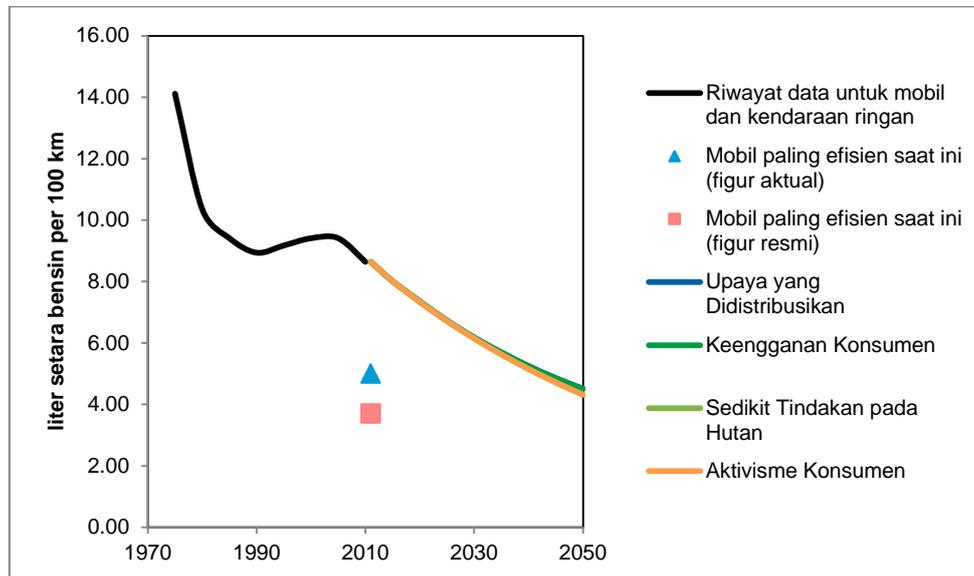
**Dalam empat jalur 2°C yang wajar, rata-rata intensitas karbon dari bangkitan listrik global perlu dikurangi hingga mendekati nol pada tahun 2050<sup>7</sup>**



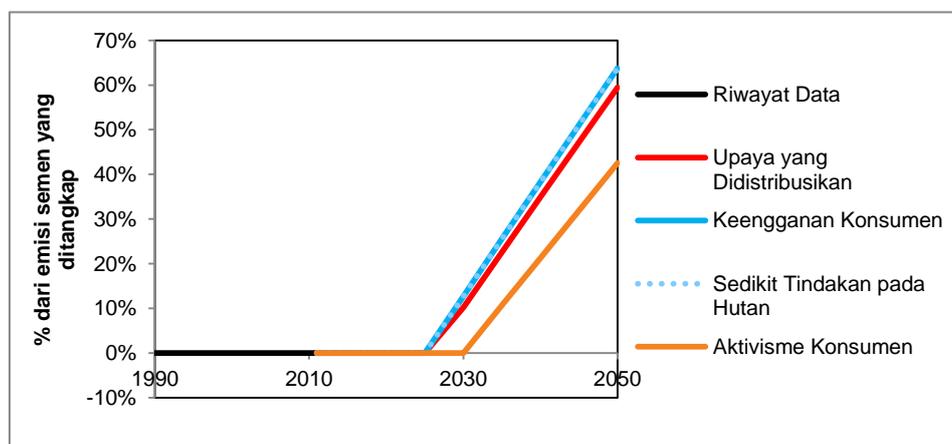
**Dalam empat jalur 2°C yang wajar, rata-rata konsumsi bahan bakar global untuk mobil penumpang perlu dikurangi antara tahun 2011 dan 2050, mulai dari 8,6 hingga 4,3-4,5 liter setara bensin per 100 km**

<sup>7</sup> Data intensitas karbon dari bangkitan listrik untuk 1990 hingga 2010 berasal dari publikasi IEA 2014: Emisi CO<sub>2</sub> dari Pembakaran Bahan Bakar.

## Global Calculator: pesan penting bagi dunia pada tahun 2050



**Dalam empat jalur 2°C yang wajar, hingga 64% emisi dari manufaktur semen perlu ditangkap pada tahun 2050, dibandingkan dengan nol pada tahun 2011**



## Lahan

Membersihkan sistem energi kita merupakan bagian solusi, namun tidak semuanya. Lebih dari 10 tahun terakhir, hampir 200 juta hektar lahan hutan asli telah ditebang, sebagian digerakkan oleh permintaan untuk lahan pertanian yang meningkat. Total permintaan pangan dapat meningkat

## Global Calculator: pesan penting bagi dunia pada tahun 2050

sekitar 45%<sup>8</sup> pada tahun 2050 karena meningkatnya populasi dan kemakmuran, sehingga tren deforestasi berisiko untuk terus ada. Namun untuk melindungi iklim, kita harus memperluas wilayah hutan kita sebesar 5-15% pada tahun 2050 karena hutan bertindak sebagai penyerap karbon (yaitu benar-benar menghilangkan karbon dioksida dari atmosfer dan menyimpannya sebagai karbon di pepohonan dan tanah). Untuk mencapainya, kita harus menggunakan lahan pertanian lebih produktif lagi.

Secara khusus, kita perlu berfokus pada pengelolaan dan produksi ternak. Sebagai contoh, kita perlu proporsi daging sapi yang dihasilkan dari sistem terbatas (6% hari ini) menjadi antara 3% dan 15% pada tahun 2050. Juga, untuk sapi yang diberi makan di padang rumput, kita perlu meningkatkan angka rata-rata sapi per hektar (100 m x 100 m) dari 0,6 hari ini menjadi 1 pada tahun 2050. Hasil panen juga harus lebih tinggi 40% hingga 60% dari tingkat 2011 pada tahun 2050 nanti. Terdapat juga cakupan dalam meningkatkan produktivitas lebih lanjut dengan menggunakan lahan untuk banyak hal (mis.: *co-cropping* atau multi-penanaman), yang diperlukan untuk mengurangi lahan yang dibutuhkan sebesar 10% lagi.

Peralihan dari konsumsi daging sapi ke lebih banyak daging unggas, babi, sayuran dan biji-bijian juga dapat mengurangi jumlah lahan yang dibutuhkan untuk memproduksi pangan secara signifikan. Sebagai contoh, saat ini wilayah seluas lapangan sepakbola dapat digunakan untuk memproduksi 250 kg daging sapi, 1.000 kg daging unggas (keduanya ditenak secara intensif) atau 15.000 kg buah dan sayuran.

Mengurangi jumlah daging dalam rata-rata makanan global juga akan menguntungkan iklim dan kesehatan manusia. Pada tahun 2050, jika semua orang beralih ke makanan sehat seperti yang direkomendasikan Organisasi Kesehatan Dunia (2.100 kalori, yang 160 kalori adalah daging), hal ini dapat menghemat 15 GtCO<sub>2</sub><sup>9</sup> pada tahun 2050 karena lahan yang dibebaskan akan digunakan untuk hutan atau bioenergi. Penghematan karbon dapat dibandingkan dalam skala sekitar sepertiga total emisi CO<sub>2</sub> global pada tahun 2011.

Terdapat potensi konflik dalam menggunakan lahan untuk pangan atau bioenergi. Namun hal ini tidak terhindarkan: penggunaan lahan yang cerdas dapat memastikan bahwa kita dapat melindungi atau bahkan memperluas hutan kita, memproduksi semua makanan yang diperlukan, dan meningkatkan lahan untuk bioenergi dari 98 juta hektar hari ini menjadi hingga 350 juta hektar pada tahun 2050. Bioenergi ini dapat diperhitungkan sebesar 15-20% energi primer kita pada tahun 2050.

### Seberapa ambisius perubahan dalam penggunaan lahan?

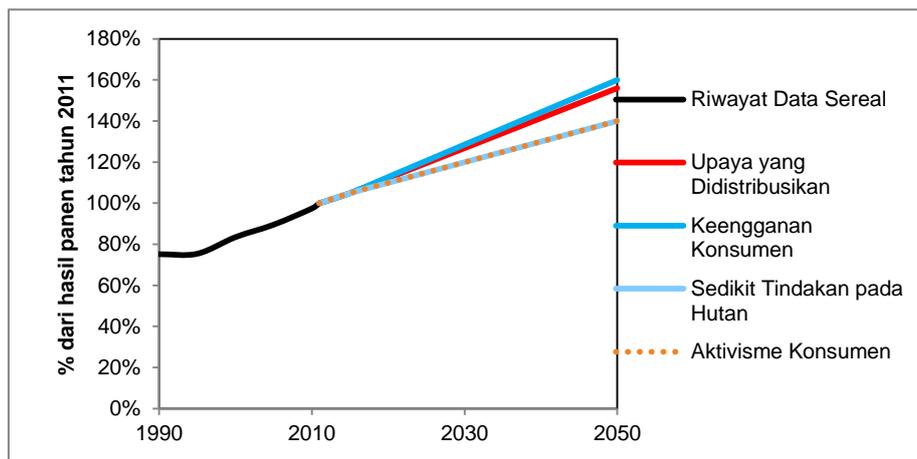
<sup>8</sup> Asumsikan bahwa rata-rata konsumsi kalori per orang meningkat dari 2.180 kcal pada tahun 2011 menjadi 2.330 kcal pada tahun 2050 (tingkat 2) dan populasi meningkat menjadi 9,6 miliar di tahun 2050 (tingkat 2).

<sup>9</sup> Dihitung menggunakan jalur "keengganan konsumen" dan membandingkannya dengan tingkat kesehatan WHO (tingkat 4 untuk konsumsi kalori dan 3 untuk konsumsi daging).

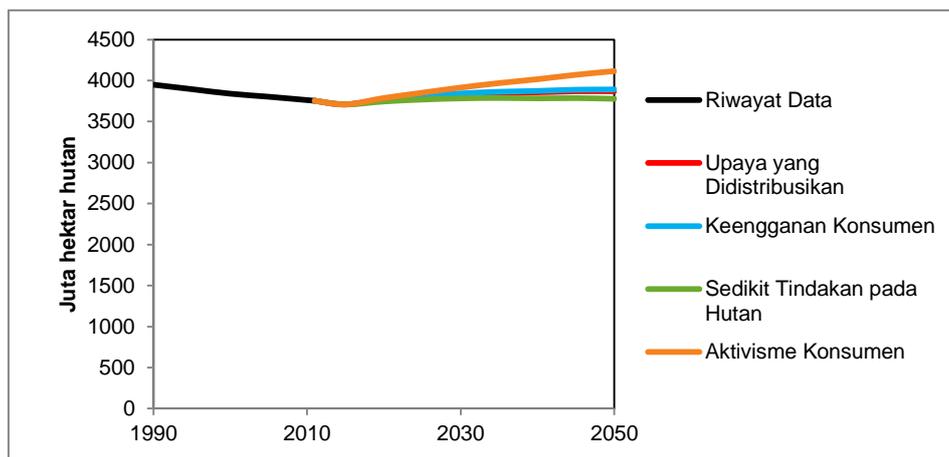
## Global Calculator: pesan penting bagi dunia pada tahun 2050

### Seberapa ambisius perubahan dalam penggunaan lahan?

**Dalam empat jalur 2°C yang wajar, hasil panen perlu ditingkatkan sebesar 40 hingga 60% antara tahun 2011 dan 2050**



**Dalam empat jalur 2°C yang wajar, wilayah hutan asli global harus meningkat sebesar 25 hingga 360 juta hektar antara tahun 2011 dan 2050**



## Biaya

## Global Calculator: pesan penting bagi dunia pada tahun 2050

---

Global Calculator menghitung perkiraan total modal, biaya operasi dan bahan bakar sistem energi global untuk 2050. Sebagai contoh, perkiraan ini juga mencakupi biaya bangunan dan pemeliharaan pembangkit tenaga listrik, turbin angin, pompa kalor, pendidih, mobil, kereta api, pesawat, jalan, rel dan teknologi bersih yang digunakan dalam manufaktur, begitu pula bahan bakar, seperti bahan bakar fosil dan bioenergi, digunakan untuk memberi daya pada teknologi tersebut.

Berdasarkan perkiraan *Business as Usual* (bisnis seperti biasanya), total biaya sistem energi dapat dua kali lebih besar antara 2011 dan 2050. Hal ini mencerminkan pertumbuhan dalam kepemilikan kendaraan dan perabotan terkait dengan populasi global yang bertumbuh dan lebih makmur, serta kenaikan 70% dalam permintaan energi global. Namun, total biaya sistem energi dekarbonisasi hanya sedikit lebih tinggi daripada yang tetap bergantung pada bahan bakar fosil, dan bahkan bisa lebih murah. Sebagai contoh, jalur 2°C yang diuraikan dalam makalah ini berkisar dari menghemat 2% PDB global dibandingkan dengan bisnis seperti biasanya, menjadi lebih mahal 3% dari PDB global.<sup>10</sup> Hal ini tidak memperhitungkan manfaat perekonomian lebih besar dari peralihan ke jalur 2°C, khususnya fakta bahwa menurut bisnis seperti biasanya, dunia akan mengalami lebih banyak banjir, kekeringan, gelombang panas dan kegagalan panen.

Terdapat beragam alasan mengapa biaya sistem energi jalur 2°C dapat lebih mahal atau lebih murah daripada bisnis seperti biasanya. Pada satu sisi, jalur 2°C dapat lebih mahal karena biaya modal teknologi bersih cenderung lebih besar daripada alternatif bahan bakar fosil: misalnya, mesin pembakaran internal mobil diperkirakan menghabiskan biaya sekitar \$20.000 pada tahun 2050, sedangkan kendaraan listrik yang sebanding diperkirakan menghabiskan biaya sekitar \$35.000. Namun di sisi lain, jalur 2°C dapat lebih murah karena langkah-langkah efisiensi energi yang mengurangi keseluruhan permintaan energi. Misalnya, pada jalur bisnis seperti biasanya, permintaan energi global mencapai 610 EJ pada tahun 2050, namun dalam jalur 2°C, hanya 380 hingga 470 EJ. Jadi dalam jalur 2°C, kita melihat penghematan yang signifikan pada bahan bakar.

Alasan lain mengapa jalur 2°C dapat lebih murah adalah jika melibatkan perubahan dalam gaya hidup. Sebagai contoh, jalur 2°C "aktivisme konsumen" menganggap orang bepergian sebanyak dalam bisnis seperti biasanya, namun mereka melakukannya menggunakan lebih banyak angkutan umum, lebih banyak berbagi kendaraan, dan penggunaan mobil sewa lebih banyak (daripada memiliki mobil sendiri); efek gabungan ini yaitu berkurangnya jumlah mobil di jalan dari 2,3 miliar pada tahun 2050 dalam bisnis seperti biasanya menjadi 1,4 miliar<sup>11</sup>. Pengurangan pengeluaran pada mobil dan jalan, dan penghematan lebih banyak dari mengganti kerugian biaya moda angkutan alternatif dan infrastruktur rel, mengarah pada total keseluruhan biaya sistem energi lebih rendah. Perubahan gaya hidup lainnya dalam jalur ini yaitu pergeseran dari

<sup>10</sup> Dari empat jalur 2°C yang wajar, paling murah adalah aktivisme konsumen: rata-rata biaya sistem energi tahunan jalur ini selama periode 2011 hingga 2050 bisa \$2 triliun lebih sedikit daripada jalur bisnis seperti biasanya (setara dengan menghemat 2% PDB global). Jalur paling mahal dari empat jalur 2°C yang wajar adalah "sedikit tindakan pada hutan: rata-rata biaya sistem energi tahunan jalur ini selama periode 2011 hingga 2050 bisa \$2 triliun lebih sedikit daripada jalur bisnis seperti biasanya (setara dengan menghemat 2% PDB global). Hal ini berdasarkan perkiraan biaya pokok. Bisnis seperti biasa ditetapkan sebagai jalur "IEA 6DS (kira-kira)". Rata-rata PDB global tahunan selama periode 2011 hingga 2050 sebesar \$129 triliun.

<sup>11</sup> Perbandingan jumlah mobil dalam jalur aktivisme konsumen dengan jumlah mobil di IEA 6DS.

## Global Calculator: pesan penting bagi dunia pada tahun 2050

konsumsi daging sapi dan kambing ke unggas dan babi, yang membutuhkan jauh lebih sedikit lahan untuk memproduksi. Perubahan dalam jenis daging yang kita makan dapat membebaskan 290 juta hektar lahan, sebaliknya digunakan untuk pakan hewan dan perumputan, secara mutlak menjadi lahan untuk hutan, yang bertindak sebagai penyerap karbon dan mengurangi kebutuhan untuk pengurangan di tempat lain.<sup>12</sup>

Global Calculator juga menyoroti ketidakpastian biaya masa mendatang. Meramal biaya 35 tahun untuk masa mendatang sangatlah sulit - misalnya, tahun 1980, sangat tidak mungkin bahwa siapa saja dapat meramalkan harga panel surya dapat turun sekitar 85% pada tahun 2010.<sup>13</sup> Global Calculator menunjukkan bahwa dalam jalur apa saja, pertumbuhan pada total biaya sistem energi antara 2011 dan 2050 dapat sebanyak 45% lebih tinggi atau 25% lebih rendah daripada asumsi pertumbuhan kasus pokok<sup>14</sup>. Faktanya, ketidakpastian mengikat sekitar bisnis seperti biasanya dan tumpang tindih jalur 2°C, yang artinya bahwa dalam beberapa kondisi (mis. harga bahan bakar fosil lebih tinggi dari yang diharapkan atau harga terbarukan lebih rendah dari yang diharapkan), jalur pengurangan bahkan bisa lebih murah daripada bisnis seperti biasanya. Begitu pula, jika kendaraan listrik, pompa kalor dan bioenergi lebih mahal dari yang diharapkan dan bahan bakar fosil lebih murah, maka jalur pengurangan bahkan dapat lebih mahal.

Cara paling efektif mengurangi biaya menanggulangi perubahan iklim adalah mendorong riset, pengembangan, unjuk gigi dan pengerahan (RDD&D) teknologi bersih. Di antara jalur 2°C, biaya modal diperhitungkan lebih dari 80% semua biaya sistem energi. Jadi menurunkan biaya modal teknologi bersih jelas kritis untuk memangkas keseluruhan biaya. Teknologi berbasis bahan bakar fosil telah mengambil keuntungan lebih dari 100 tahun riset dan pengembangan untuk menurunkan biaya mereka. Dunia kini secara mendesak harus meningkatkan RDD&D menjadi teknologi bersih. Dari biaya modal tersebut, kendaraan hibrida, listrik dan hidrogen, penyimpanan listrik, penangkap dan penyimpan karbon, pompa kalor, angin daratan dan panel surya adalah yang paling signifikan, sehingga upaya terpadu untuk menurunkan biaya tersebut akan sangat membantu.<sup>15</sup> Pembuat kebijakan memiliki peran vital untuk bermain di sini, agar berinvestasi secara langsung dan menciptakan insentif bagi bisnis untuk melakukannya.

### Mengkontekstualisasikan biaya mitigasi: irisan tipis dari potongan tebal

Total biaya sistem energi diharapkan meningkat sebesar 142% antara sekarang dan tahun 2050 menurut bisnis seperti biasanya. Belanja tambahan untuk dekarbonisasi sistem energi merupakan irisan tipis dari potongan tebal tersebut. "Irisan tipis" ini setara, rata-rata, antara

<sup>12</sup> Dihitung menggunakan jalur "aktivisme konsumen namun membandingkannya terhadap pengaturan tingkat 2 dalam "jenis daging".

<sup>13</sup> Laporan Pasar Teknologi Tenaga Surya DOR NREL, Jan 2010. Berdasarkan biaya per watt dalam dolar tahun 2009 antara tahun 1980 dan 2009.

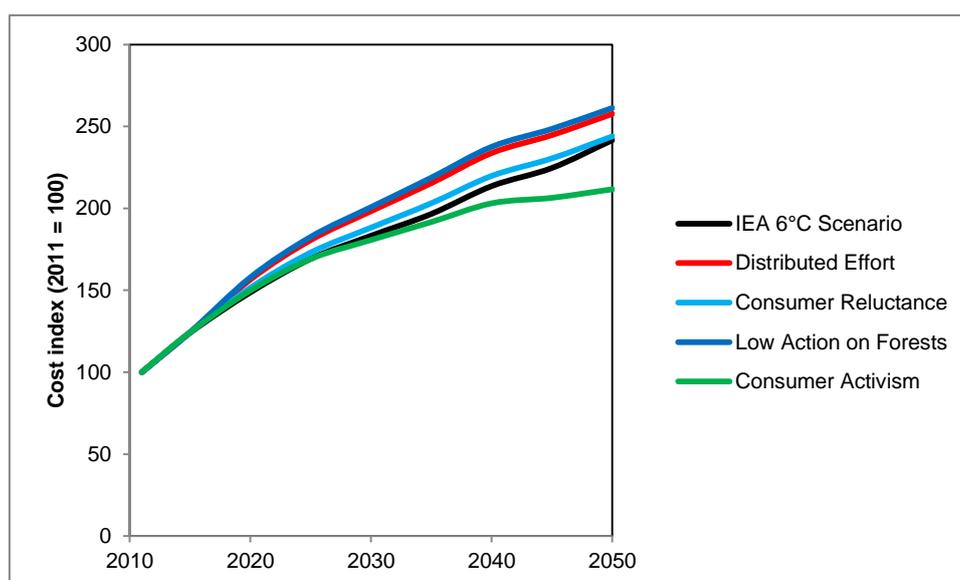
<sup>14</sup> Sebagai contoh, untuk jalur "aktivisme konsumen", indeks total biaya sistem energi (2011 = 100) diharapkan meningkat ke 212 pada tahun 2050. Perkiraan paling atas biaya indeks tahun 2050 adalah 305 (44% lebih tinggi dari titik perkiraan) dan perkiraan paling rendah biaya indeks adalah 160 (24% lebih sedikit dari titik perkiraan).

<sup>15</sup> Berdasarkan teknologi karbon rendah dengan biaya modal kumulatif tertinggi dalam jalur "upaya yang didistribusikan".

## Global Calculator: pesan penting bagi dunia pada tahun 2050

+ 3 dan - 2 % dari PDB global selama jangka waktu tersebut.

**Menurut bisnis seperti biasanya, total biaya sistem energi akan meningkat sebesar 142% antara 2011 dan 2050: empat jalur 2°C yang wajar akan meningkat dengan tingkat yang sama (112 menjadi 161%) selama jangka waktu tersebut.**



## Mengapa bertujuan untuk 2°C?

Laporan ini digunakan sebagai titik permulaan kesepakatan internasional 195 negara yang telah dilakukan melalui proses UNFCCC untuk mengurangi emisi sehingga peningkatan suhu global terbatas di bawah 2°C, dalam rangka "mencegah gangguan antropogenik yang berbahaya dengan sistem iklim".

Kesepakatan ini, dibuat oleh pembuat kebijakan, diungkapkan melalui bukti dari laporan IPCC dan kepustakaan ilmiah lainnya. Ilmu menunjukkan bahwa dampak iklim meningkat dengan suhu dan hal tersebut membatasi peningkatan ke 2°C akan membantu menghindari pengaruh terburuk.

Global Calculator menampilkan beberapa bukti dari sekitar 5.000 halaman laporan IPCC terkini dan menghadirkannya dalam bentuk yang ramah pengguna. Perangkat menunjukkan bahwa jika dunia tetap terus dengan emisi bisnis seperti biasanya, hal ini dapat mengakibatkan kenaikan hampir 6°C dalam suhu rata-rata global pada akhir abad ini. Rata-rata ini menutupi variasi kawasan yang signifikan: beberapa kawasan dapat menghadapi kenaikan suhu yang jauh lebih

## Global Calculator: pesan penting bagi dunia pada tahun 2050

---

besar, dengan peningkatan lebih dari 10°C pada tahun 2100<sup>16</sup> di Arktik. Dampak sosioekonomi terkait akan signifikan. Peristiwa cuaca ekstrem kemungkinan akan lebih sering dan parah: misalnya, gelombang panas Eropa 2003 bisa menjadi suatu hal yang lazim menuju pertengahan abad<sup>17</sup>. Kenaikan dalam suhu rata-rata global sebesar 6°C di luar pengalaman manusia: perbedaan suhu global antara sekarang dan Zaman Es terakhir sekitar 20.000 tahun lalu (ketika wilayah lahan yang luas dan saat ini dihuni diselimuti ratusan meter es) hanya 4 hingga 7°C.

Empat contoh jalur yang digunakan untuk menghasilkan pesan penting pada laporan ini konsisten dengan kesempatan 50% untuk membatasi kenaikan suhu hingga 2°C sebagaimana disepakati dalam UNFCCC. Namun bahkan menurut jalur ini, kita akan melihat dampaknya. Misalnya, perangkat menunjukkan bahwa bahkan dengan jalur IPCC RCP 2,4 yang suhu dijaga di bawah 2°C, kemungkinan kita masih akan melihat 43% pengurangan di laut es Arktik pada tahun 2100. Beberapa orang berdebat bahwa dunia harus bertujuan untuk target yang lebih ambisius (termasuk Aliansi Negara Kepulauan Kecil yang mengadvokasi komitmen hingga 1,5°C).

## Menghilangkan Mitos

---

Berikut ini beberapa solusi utama potensial yang disarankan untuk menanggulangi perubahan iklim. Pentingnya solusi tersebut kadang dinyatakan secara berlebihan:

### Beralih ke bahan bakar fosil yang lebih bersih

Kita tidak dapat mengandalkan peralihan dari batu bara ke gas sebagai kontributor besar untuk menanggulangi perubahan iklim. Semua bahan bakar fosil yang tidak dikurangi berkontribusi terhadap perubahan iklim: misalnya, pembangkit gas efisien saat ini memancarkan 350gCO<sub>2</sub>/kWh<sup>18</sup>. Namun agar konsisten dengan kesempatan 50% untuk membatasi kenaikan suhu hingga 2°C, kita perlu dekarbonisasi bangkitan listrik global hingga mendekati nol gCO<sub>2</sub>/kWh pada tahun 2050.

### Menghabiskan bahan bakar fosil

Sayangnya, kita tidak dapat mengandalkan bahan bakar fosil yang habis sebagai sarana mengurangi perubahan iklim. Dunia sudah memiliki cukup sumber daya bahan bakar fosil untuk membuat dunia berisiko pada suhu rata-rata global di atas 6°C pada tahun 2100.

### Menarik karbon keluar dari atmosfer

<sup>16</sup> IPCC AR5 WG1 Bab 12, Figur 12.11

<sup>17</sup> Studi oleh Stott et al. Peristiwa tahun 2003 akan diharapkan terjadi rata-rata setiap tahun pada tahun 2040. Menurut skenario BAU, akan menjadi musim panas yang dingin pada tahun 2080.

<sup>18</sup> Siklus Gabungan Turbin Gas (CCGT) beroperasi dengan kapasitas penuh saat ini memancarkan 350 gCO<sub>2</sub>/kWh. Lihat IEA (2014) Perspektif Teknologi Energi, halaman 170.

## Global Calculator: pesan penting bagi dunia pada tahun 2050

---

Kita juga tidak bisa mengandalkan teknologi futuristik untuk menarik karbon keluar dari atmosfer untuk menyelesaikan masalah iklim. Teknologi ini luar biasa tidak pasti dalam hal kelayakan teknis, dampak lingkungan, penerimaan publik, konsumsi energi dan biaya. Sebagai contoh, penangkap udara langsung, melibatkan penggunaan proses bahan kimia untuk secara langsung menangkap karbon dioksida dari udara ambien lalu menyimpannya di bawah tanah. Bukti sangat terbatas pada teknologi ini menunjukkan bahwa teknologi dapat menghasilkan, paling baik, sekitar 10 GtCO<sub>2</sub>e<sup>19</sup> penghematan emisi bersih tahun 2050, yang sekitar setara hingga 10% emisi tahun 2050 menurut bisnis seperti biasanya<sup>20</sup>.

### Batas pertumbuhan populasi

Populasi global diharapkan meningkat dari 7 miliar hari ini menjadi 10 miliar pada tahun 2050. Membatasi populasi hingga perkiraan paling bawah yang diproyeksikan PBB (8 miliar) hanya akan menghemat sekitar 10 GtCO<sub>2</sub>e pada 2050<sup>21</sup>. Hal ini signifikan, namun tidak perlu dipertimbangkan sebagai "peluru perak".

## Ketahui lebih jauh

---

Bisnis tertarik pada implikasi terhadap sektor mereka dan pemerintah tertarik pada perbandingan kemajuan negara mereka terhadap 2°C, dapat membaca temuan kami lebih detail di situs web: [www.globalcalculator.org](http://www.globalcalculator.org)

Anda juga bisa mengeksplorasi model Global Calculator bagi diri sendiri - tersedia cuma-cuma, sumber terbuka dan disertai video bantuan "cara untuk". Perangkat juga mengandung jalur 2°C dari organisasi lainnya seperti Badan Energi Internasional, Shell, Friends of the Earth dan Lembaga Riset Energi Tiongkok. Anda bahkan bisa mendapat izin membangun jalur Anda sendiri. Anda dapat mengakses model dari situs web kami: [www.globalcalculator.org](http://www.globalcalculator.org)

## Bagaimana pesan ini dihasilkan?

---

Perangkat menunjukkan bahwa banyak jalur berbeda yang memungkinkan untuk menuju 2°C pada tahun 2050. Untuk menghasilkan pesan penting dalam makalah ini, kita membuat empat jalur wajar yang semuanya konsisten dengan kesempatan 50% untuk membatasi kenaikan suhu

<sup>19</sup> Dihitung berdasarkan jalur upaya yang didistribusikan dengan/tanpa GGR tingkat 4.

<sup>20</sup> Dihitung menggunakan jalur "IEA 6DS (kira-kira)".

<sup>21</sup> Dihitung dengan membandingkan emisi dari jalur upaya yang didistribusikan pada tahun 2050 (18 GtCO<sub>2</sub>e) dengan emisi dari pengaturan tuas populasi ke tingkat 3 (8 GtCO<sub>2</sub>e).

## Global Calculator: pesan penting bagi dunia pada tahun 2050

rata-rata global hingga 2°C<sup>22</sup>. Keempat jalur tersebut memiliki pengaturan gaya hidup yang konsisten dengan pengembangan ekonomi. Jalur tersebut juga menganggap proyeksi pokok untuk perubahan demografis global.

Namun jalur berbeda menurut teknologi, bahan bakar dan pilihan penggunaan lahan yang digunakan untuk melayani gaya hidup tersebut. Jalur telah didesain untuk menjangkau berbagai upaya besar/kecil yang wajar di setiap sektor teknologi, bahan bakar dan penggunaan lahan. Untuk detail lebih lengkap mengenai jalur tersebut, lihat tambahan dan situs web kami:

[www.globalcalculator.org](http://www.globalcalculator.org)

## Tambahan: empat jalur 2°C yang wajar

Tambahan ini menjelaskan empat jalur 2°C yang wajar digunakan untuk menghasilkan pesan dalam makalah ini.

Fitur jamak dari semua jalur tersebut:

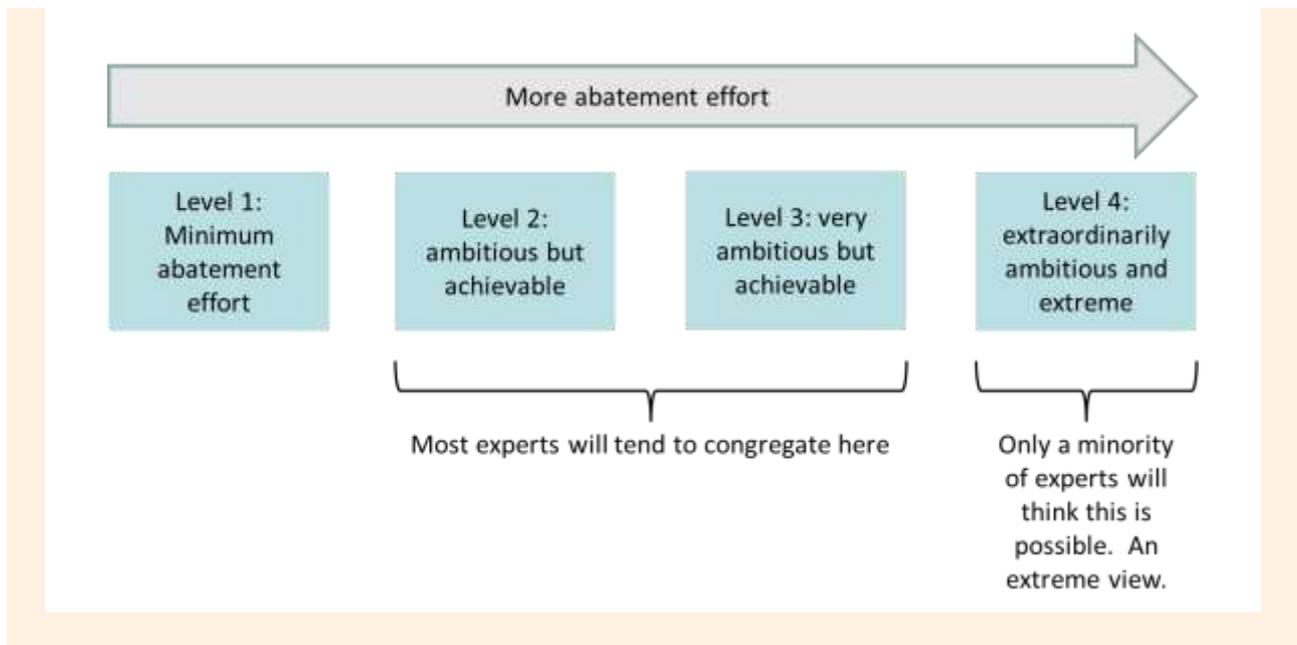
- Tuas gaya hidup diatur di tingkat yang sama dengan skenario bisnis seperti biasanya IEA 6DS (dengan pengecualian jalur "aktivisme konsumen," yang tuas "mode", "okupansi & muatan", "mobil sendiri atau sewa", "kuantitas daging", "jenis daging" dan "masa hidup produk dan permintaan" diubah). Semua empat jalur dapat dianggap konsisten dengan pola pengembangan ekonomi yang diproyeksikan.
- Populasi dan urbanisasi diatur ke titik pertengahan (tingkat 2).
- Emisi setelah 2050 diatur di sekitar tingkat 2,8 untuk memperbolehkan dilanjutkannya pengurangan ke arah nol.
- Tidak ada tingkat 1 atau 4 yang dipilih dalam rangka menghindari skenario yang luar biasa ambisius atau pesimistis.
- Tidak ada penggunaan teknologi penghilangan gas rumah kaca (GGR) yang spekulatif karena hal tersebut belum terbukti.

### Tingkat 1 hingga 4 dalam Global Calculator

Perangkat Global Calculator memiliki sekitar 40 tuas untuk emisi gas rumah kaca global, mencakup semua pilihan yang memengaruhi gaya hidup, teknologi dan bahan bakar, lahan dan pangan serta demografis. Pengguna dapat menyatakan tingkat 1 hingga 4 untuk masing-masing tuas, seperti ditetapkan di bawah ini:

<sup>22</sup> Secara spesifik, masing-masing jalur ini memiliki setidaknya emisi kumulatif CO<sub>2</sub> sebesar 3,010 GtCO<sub>2</sub> pada tahun 2100. IPCC menyarankan bahwa tingkat emisi kumulatif ini terkait dengan 50% peluang menghambat suhu rata-rata global meningkat menjadi 2°C.

## Global Calculator: pesan penting bagi dunia pada tahun 2050



### 1. Upaya yang didistribusikan

<http://tool.globalcalculator.org/distributedeffort>

Dalam jalur ini, upaya untuk dekarbonisasi menyebar cukup merata di semua sektor. Khususnya, tingkat 2,8 di semua tuas teknologi & bahan bakar, dan lahan & pangan.

### 2. Keengganan konsumen

<http://tool.globalcalculator.org/consumerreluctance>

Dalam jalur ini, konsumen enggan untuk menerima teknologi baru yang memiliki dampak langsung pada mereka. Secara khusus:

- Angkutan: penggunaan berkelanjutan dari mesin pembakaran internal dengan penerimaan sangat rendah dari kendaraan listrik dan hidrogen.
- Bangunan: penggunaan gas berkelanjutan untuk memasak dan penerimaan insulasi yang relatif rendah dan teknologi pemanas karbon rendah di rumah karena konsumen tidak menghendaki pergolakan.
- Listrik: kurang penggunaan angin daripada beberapa jalur 2°C lainnya karena konsumen tidak ingin melihat perubahan pada bentang alam mereka.
- Limbah dan sisa: pengumpulan limbah relatif rendah oleh rumah tangga.

Alih-alih, aktivitas karbon rendah terjadi dengan cara konsumen kurang langsung menyadari:

## Global Calculator: pesan penting bagi dunia pada tahun 2050

---

- Penggunaan nuklir dan CCS yang lebih tinggi.
- Upaya lebih besar dalam penggunaan lahan (panen pangan lebih besar, dll.) dan penghijauan yang lebih tinggi.

Merupakan jalur elektrifikasi rendah, dengan penggunaan bioenergi yang tinggi.

Jalur ini menunjukkan bahwa mungkin untuk memiliki penerimaan konsumen yang rendah akan teknologi yang memiliki dampak langsung pada mereka. Namun itu artinya Anda harus melakukan lebih banyak di tempat lain, khususnya dalam penggunaan lahan.

### 3. Sedikit tindakan pada hutan

<http://tool.globalcalculator.org/lowactiononforests>

Terdapat langkah-langkah tidak memadai yang ditempatkan untuk mengembangkan hutan, sehingga hutan asli meningkat hanya 1% antara 2011 dan 2050. Kurangnya perlindungan hutan berarti terdapat sedikit insentif untuk mendorong panen pangan, sehingga hasil panen dan ternak relatif rendah. Terdapat sedikit sekali lahan untuk bioenergi, sehingga diperlukan elektrifikasi yang tinggi.

Upaya pada lahan yang rendah berarti bahwa upaya sangat ambisius harus diambil di berbagai sektor lainnya (mis.: semua terbarukan diatur di tingkat 3).

Jalur ini menunjukkan bahwa melindungi dan mengembangkan wilayah hutan kita memainkan peranan kritis untuk memenuhi target 2°C. Gagal mengembangkan wilayah hutan secara signifikan berarti tindakan sangat ambisius harus diambil di berbagai sektor lain.

### 4. Aktivisme konsumen

<http://tool.globalcalculator.org/consumeractivism>

Orang-orang di seluruh dunia peduli akan teknologi yang dirasakan berisiko memiliki efek samping merugikan yang tidak diinginkan pada lingkungan alami (mis.: tenaga nuklir atau tanaman yang dimodifikasi secara genetik). Konsumen secara aktif merengkuh perubahan terhadap teknologi yang mereka gunakan dan aspek gaya hidup mereka untuk memastikan kita mencapai 2°C. Khususnya:

- Nuklir yang relatif rendah
  - Hasil panen yang relatif rendah (merefleksikan keengganan untuk menggunakan tanaman yang dimodifikasi secara genetik)
  - Intensifikasi ternak yang relatif rendah (mencerminkan manfaat tinggi yang diletakkan pada praktik bertani organik / angon)
  - Beberapa pergeseran dari angkutan pribadi ke umum
-

## Global Calculator: pesan penting bagi dunia pada tahun 2050

- Beberapa perubahan dalam jumlah dan jenis daging yang dikonsumsi (jauh dari daging sapi dan kambing, menuju daging unggas dan babi).
- Bergeser menjauh dari "masyarakat sekali pakai" dengan memilih upaya besar pada tuas "masa hidup produk dan permintaan".

Jalur ini menunjukkan bahwa membuat perubahan dalam gaya hidup kita (sebagai contoh pilihan makanan dan perjalanan) dapat mengurangi emisi secara signifikan dan berarti sedikit tindakan yang perlu diambil di sektor lainnya.

© Crown copyright

© Climate-KIC and International Energy Agency 2015

