

PEMANASAN GLOBAL DAN REDUKSI GAS CO2

Oleh
PAULUS AGUS WINARSO
Staf Pengajar Akademi Meteorologi dan Geofisika

=====

INTISARI

Isu pemanasan global sering dibicarakan dan menjadi bahasan yang menarik baik dalam skala kecil sampai tingkat internasional yang hingga saat ini belum ada kejelasan dalam penanganannya. Dalam kaitan dengan bahasan pemanasan global akan dibahas tentang gambaran umum pemanasan global, aktivitas manusia dan peranannya dalam pemanasan global beserta akibat dari pemanasan global itu sendiri. Pada bagian akhir akan diketengahkan suatu pandangan untuk mengendalikan laju kenaikan suhu bumi melalui beberapa usaha untuk mengendalikan pemanasan global. Tulisan ini berujuan untuk menyajikan situasi dan perkembangan kondisi cuaca dan iklim muka bumi yang kian berkembang yang menurut sementara kalangan praktisi pengguna informasi cenderung menyimpang dengan frekuensi kejadian yang meningkat. Dan peningkatan ketidak pastian kondisi cuaca dan iklim telah tercermin dalam perkembangan kondisi cuaca dan iklim tahun 2010 dengan kondisi musim hujan yang berkepanjangan yang mnerupakan kejadian untuk pertama kali dari data musim hujan dan musim kemarau yang tercatat di Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.

PENDAHULUAN

Isu pemanasan global begitu berkembang akhir-akhir ini. Pemeran utamanya tentu saja manusia dengan berbagai aktivitasnya. Pemanasan global telah menyebabkan perubahan iklim yang signifikan, seperti yang terjadi di negara kita, efek dari pemanasan ini telah menyebabkan perubahan iklim yang ekstrim. Di beberapa daerah sering terjadi hujan lebat yang mengakibatkan

banjir bandang dan longsor, munculnya angin puting beliung, bahkan kekeringan yang mengancam jiwa manusia. Dalam bahasan lebih lanjut akan dibahas gambaran umum tentang pemanasan global, peran manusia dalam pemanasan global dan dampak, beserta usaha mengendalikan pemanasan global yang diperoleh dari berbagai sumber dari hasil kajian global yang terkait yang umumnya berasal dari luar Indonesia.

Secara umum pemanasan global didefinisikan dengan meningkatkan suhu permukaan bumi oleh gas rumah kaca akibat aktivitas manusia. Meski suhu lokal berubah-ubah secara alami, dalam kurun waktu 50 tahun terakhir suhu global cenderung meningkat lebih cepat dibandingkan data yang terekam sebelumnya. Dan situasi dan perkembangan yang terjadi dalam beberapa tahun terakhir khususnya dalam dekade di akhir abad 20 dan awal abad 21.

Seperti yang telah kita ketahui segala sumber energi yang terdapat di Bumi berasal dari Matahari. Sebagian besar energi tersebut dalam bentuk radiasi gelombang pendek, termasuk cahaya tampak. Ketika energi ini mengenai permukaan Bumi, ia berubah dari cahaya menjadi panas yang menghangatkan Bumi. Permukaan Bumi, akan menyerap sebagian panas dan memantulkan kembali sisanya sebagai radiasi infra merah gelombang panjang ke angkasa luar. Namun, sebagian panas tetap terperangkap di atmosfer bumi akibat menumpuknya jumlah gas rumah kaca yang menjadi perangkap gelombang radiasi ini. Gas-gas ini menyerap dan memantulkan kembali radiasi gelombang yang dipancarkan Bumi dan akibatnya panas tersebut akan

tersimpan di permukaan Bumi. Hal tersebut terjadi berulang-ulang dan mengakibatkan suhu rata-rata bumi terus meningkat.

Menurut *Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC), yang termasuk dalam gas rumah kaca diantaranya CO₂, NO₂, CH₄, SF₆, PFCs, dan HFCs. CO₂, NO₂, dan CH₄ sebagian besar dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil baik dari sektor industri maupun dari transportasi. Sementara SF₆, PFCs, dan HFCs sebagian besar merupakan hasil pemakaian aerosol. Gas-gas ini menyumbang kurang dari 1%, tetapi tingkat pemanasannya jauh lebih tinggi dibandingkan CO₂, NO₂, maupun CH₄. Tingkat pemanasan ini ditunjukkan oleh indeks potensi pemanasan global. Dalam indeks ini CO₂ digunakan sebagai parameter. Berikut ini adalah tabel gas rumah kaca dan potensi pemanasan global yang menurut UNFCCC.

Tabel 1 : Tabel Indeks Potensi Gas Rumah Kaca pada Pemanasan Global

Nama	Rumus Kimia	GWP untuk 100 tahun
Carbon Dioxide	CO ₂	1
Methane	CH ₄	21
Nitrous Oxide	N ₂ O	310
Perfluoromethane	CF ₄	6500
Perfluoroethane	C ₂ F ₆	9200
Perfluorobutane	C ₄ F ₁₀	7000
SulphurHexafluoride	SF ₆	23900
HFC-23	CHF ₃	11700
HFC-32	CH ₂ F ₂	650
HFC-43-10	C ₅ H ₂ F ₁₀	1300
HFC-125	C ₂ HF ₅	2800
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	1300
HFC-143a	C ₂ H ₃ F ₃	3800
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂	140
HFC-227ea	C ₃ HF ₇	2900
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	6300
HFC-245ca	C ₃ H ₃ F ₅	560

Sebenarnya efek rumah kaca ini sangat dibutuhkan oleh segala makhluk hidup yang ada di bumi, karena tanpanya, planet ini akan menjadi sangat dingin. "Global Warming," sehingga es akan menutupi seluruh permukaan Bumi. Akan tetapi, akibat jumlah gas-gas tersebut telah berlebih di atmosfer, pemanasan global menjadi akibatnya

Pemanasan global juga sering dikaitkan dengan perubahan iklim beberapa peneliti cuaca dan iklim dunia yang secara ilmiah dapat diperoleh di berbagai sumber di internet telah mendefinisikan perubahan iklim sebagai perubahan pada iklim yang dipengaruhi langsung atau tidak langsung oleh aktivitas manusia yang merubah komposisi atmosfer yang akan memperbesar keragaman iklim teramati pada periode yang cukup panjang. Dari pengalaman operasional dan penelitian di bidang ilmu iklim dan cuaca dapat diperoleh suatu wacana bahwa salah satu akibat dari indikasi penyimpangan iklim global adalah terjadinya fenomena alam El-Nino dan La-Nina. Dimana secara umum fenomena alam El-Nino akan menyebabkan penurunan jumlah curah hujan jauh di bawah normal untuk beberapa daerah di Indonesia, sebaliknya terjadi pada saat fenomena La-Nina berlangsung seperti dalam tahun 2009 – 2010 yang kini berkembang.

Pemanasan Global merupakan salah satu isyu yang terkait dengan hal di atas. Isyu Pemanasan Global diperumit lagi dengan (1) masih dipertanyakan apakah Pemanasan Global sebenarnya merupakan masalah sehingga kita tidak perlu menunggu lebih lama lagi untuk mengambil tindakan pengelolaan nyata

atau tidak; dan (2) kebijakan nasional yang diambil oleh suatu negara belum tentu cukup atau bahkan tidak signifikan dalam menyelesaikan persoalan ini secara global.

Berbagai pokok bahasan terkini di seputar isu Pemanasan Global telah banyak dibahas. Jain dan Urban (1998) misalnya memberikan contoh uraian saintifik yang komprehensif tentang ini. Paling tidak enam pokok bahasan disajikan mereka.

- (1) Ketidakpastian yang melingkupi keprihatinan akan Pemanasan Global ini.
- (2) Dampak dari Pemanasan Global terhadap Lingkungan
- (3) Kontribusi Gas Rumah Kaca (GRK/GHGs) dan Sumbernya
- (4) Dilema Kebijakan
- (5) Perangkat Evaluasi Tindakan Pengelolaan yang akan ditempuh
- (6) Strategi Adaptasi dan Pilihan Kebijakan

Berikut sedikit penjelasan mereka untuk keempat pokok bahasan pertama (dengan tambahan dari berbagai sumber lainnya).

- **Ketidakpastian**

Ketidakpastian ini mencakup (1) apakah memang akan terjadi (*that it will happen*); (2) kapan terjadinya (*when it*

will happen); dan (3) berapa besar bahayanya (*how severe it might be*). Walaupun komunitas keilmuan sepakat akan prediksi tentang peningkatan emisi CO₂ sebesar 50% pada tahun 2015 jika tidak ada upaya pelaksanaan tindakan nyata untuk membatasinya, namun belum dipunyai suatu informasi saintifik yang cukup untuk memprediksi secara konfiden bagaimana iklim seputar bumi akan merespon kenaikan ini.

Lewat pemanfaatan model General Circulation Models (GCMs), model yang oleh kalangan pakar terkait saat ini dipercayai sebagai teknik terbaik untuk mensimulasikan perubahan iklim akibat dampak dari peningkatan konsentrasi GRK, komunitas ini nampaknya sepakat bahwa suhu global akan naik akibat peningkatan konsentrasi di atas tersebut. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) secara bertahap mengindikasikan adanya konsensus di antara anggota panel dalam berbagai hal :

- (1) pada tahun 1990 dinyatakan dalam dokumen "Scientific Assessment of Climate Change" bahwa karena ketidaklengkapan pemahaman akan dampak dari awan, laut, dan lapisan es kutub terhadap iklim bumi membuat prediksi awal mereka tentang kenaikan suhu rerata global (yakni akan naik sebesar 0,2°-

- 0,5°C per dekade hingga 1°C lebih tinggi pada tahun 2025 dan 3°C lebih tinggi pada 2100) menjadi sangat tidak pasti dalam hal (a) waktu (*timing*); (b) besaran (*magnitude*); dan (3) perubahan regional.
- (2) kemudian pada tahun 1997 mereka sepakat bahwa setiap penggandaan (*a doubling*) dari atmosferic CO₂ akan menaikkan suhu rerata permukaan bumi sebesar 1,5-4,5°C. Hasil studi memperlihatkan bahwa pemanasan nampaknya akan lebih lebih cepat terjadi di atas daratan ketimbang di laut terbuka. Laut yang lebih dingin ini kemudian akan menyerap panas tambahan yang terjadi sehingga menurunkan panas atmosfer. Perlambatan yang dihasilkan oleh laut ini dengan demikian tidak akan membuat bumi akan menjadi lebih panas secara penuh 1,5-4,5°C walaupun konsentrasi CO₂ akan mengalami berlipat ganda 2x atau lebih. dan GRK lainnya akan menambah pemanasan tersebut. Prediksi lanjut adalah suatu pemanasan sebesar 1,0-3,5°C akan terjadi pada 2100.
- (3) Terakhir baru saja dokumen IPCC Working Group 1 (*IPCC Working Group 2; 2001*) mengatakan bahwa diproyeksikan untuk range skenario yang ada akan terjadi kenaikan suhu rerata permukaan terhadap keadaan 1990 sebesar 1,4-5,8°C sampai tahun 2100 dengan keragaman berbeda secara regional.
- Tidak semua pakar sepakat bahwa akan terjadi kenaikan suhu rerata global bila konsentrasi GRK meningkat. Ada yang menyatakan bahwa justru pendinginan global yang akan terjadi akibat menebalnya lapisan awan saat konsentrasi GRK meningkat. Ada pula yang menyatakan bahwa debu dan asaplah penyebab utama perubahan iklim dan bukan CO₂. Lainnya menyatakan aktivitas matahari (misalnya siklus magnetiknya) dan peningkatan GRK sebenarnya tidak punya pengaruh terhadap semakin panasnya bumi. Juga pemanasan yang terjadi dalam beberapa abad yang lalu lebih diakibatkan oleh siklus panas bumi yang lahir dari Little Ice Age yang terjadi pada abad 16 dan 17; secara global suhu pada troposfir bagian bawah telah menunjukkan kecenderungan yang menurun sejak 1979.

Akar dari perbedaan pendapat tentang persisnya bagaimana kenaikan konsentrasi GRK itu akan mengubah iklim global di atas sebenarnya adalah pada :

- (1) karakter ketidakpastian yang melekat pada teknik permodelan yang digunakan saat ini. Suhu global dalam model tersebut didasarkan pada sejumlah cakupan parameter yang pada saat ini tidak semuanya telah dimengerti secara baik. Dengan demikian tidak mungkin untuk memasukkannya secara akurat semuanya ke dalam permodelan. Jelas model yang berbeda akan menghasilkan hasil prediksi yang berbeda pula; yang kemudian akan mengarah ke ketidakpastian dan ketidaksepakatan antarpakar.
- (2) peran dari laut. Laut berperan sebagai media penyerap panas tambahan dan kemudian kemampuan untuk melambatkan dan mengoffset suhu tinggi. Juga laut merupakan elemen utama dalam siklus hidrologi yang mempengaruhi presipitasi. Interaksi antara laut dengan atmosfer dalam mengatur sirkulasi atmosfer dianggap

merupakan hal pokok kedua setelah gerak rotasi bumi. Namun banyak dari perilaku laut seperti kupling laut-atmosfir dan sirkulasi laut justru masih sulit dipahami serta sulit dimodelkan secara akurat.

- (3) peran atmosfer sendiri, tutupan es, dan vegetasi.

Selama masih ada mekanisme iklim belum dipahami betul, prediksi tepat tentang suhu global juga tidaklah memungkinkan.

AKTIVITAS MANUSIA DALAM PEMANASAN GLOBAL

Tidak dapat dipungkiri lagi, manusia sebagai makhluk yang “lebih berkuasa” merupakan pemeran utama adanya pemanasan global. Hal ini disebabkan manusia lah yang penyumbang gas rumah kaca terbesar. Dari berbagai aktivitasnya penggunaan energi fosil merupakan penyumbang gas rumah kaca terbanyak. Berdasarkan *World Development Report 1998/99* dari Bank Dunia, total emisi CO₂ dunia pada tahun 1995, baik berasal dari penggunaan energi maupun dari sumber lain sebesar 22.700 juta ton. Amerika

Serikat menempati urutan pertama dalam hal pembuangan emisi gas CO₂ sebanyak 24,1% (melebihi Jepang, India, China, maupun gabungan tiga negara ini, maupun jika dibandingkan dengan Eropa). Selain penggunaan energi fosil, pemakaian barang-barang yang akan menimbulkan aerosol yang berlebihan di atmosfer juga menimbulkan pemanasan global. Sebagai contoh penggunaan freon pada AC, pemakaian hair dan parfum spray maupun asap kendaraan bermotor yang menimbulkan senyawa timbal (Pb).

Semakin berkurangnya hutan memegang peranan dalam pemanasan global. Kawasan hutan merupakan areal yang mempunyai manfaat langsung bagi masyarakat, namun pada kenyataannya selama ini belum banyak dipahami kalangan awam sebagai sesuatu yang berarti. Mereka menilai kawasan hutan merupakan kawasan tutupan hutan yang hanya mempunyai makna ekonomi jika kayu yang ada di dalamnya bisa dijual atau dimanfaatkan untuk bangunan.

Air yang terserap dari gunung menciptakan kesuburan tanah dan menjaga kecukupan air masyarakat yang keluar lewat mata air kemudian dialirkan melalui sungai-sungai dan air tersebut dimanfaatkan untuk lahan pertanian masyarakat sekitar.

Memang sangat berorientasi pada kepentingan manusia yang ada disekitar kawasan hutan, namun jika dihubungkan secara global, ekosistem hutan lebih dari itu. Hutan telah berjasa dalam keseimbangan iklim, mengurangi polusi, mereduksi, menyerap CO₂ dan mengurangi pemanasan global.

Beberapa tahun terakhir ini penjarahan hutan atau penebangan liar di kawasan hutan makin marak terjadi dimana-mana seakan-akan tidak terkendali. Ancaman kerusakan hutan ini jelas akan menimbulkan dampak negatif yang luar biasa besarnya karena adanya efek El-Nino dari hilangnya hutan, terutama pada kawasan-kawasan yang mempunyai fungsi ekologis dan biodiversiti besar. Badan Planologi Departemen Kehutanan melalui citra satelit menunjukkan luas lahan yang masih berhutan atau yang masih ditutupi pepohonan di Pulau Jawa tahun 1999/2000 hanya tinggal empat persen saja. Kawasan ini sebagian besar merupakan wilayah tangkapan air pada daerah aliran sungai (DAS). Akibat dari kejadian ini hilangnya suatu kawasan hutan yang tadinya dapat mendukung kehidupan manusia dalam berbagai aspek. seperti kebutuhan air, oksigen (O₂), kenyamanan (iklim mikro), keindahan (wisata), penghasil kayu,

rotan, dammar, penyerapan karbon, pangan dan obat-obatan, sekarang ini sudah sulit di dapatkan lagi.

DAMPAK PEMANASAN GLOBAL

Adanya pemanasan global menimbulkan berbagai akibat yang sebagian besar sangat merugikan. Para ilmuwan memperkirakan bahwa selama pemanasan global, daerah bagian Utara dari belahan Bumi Utara (*Northern Hemisphere*) akan memanaskan lebih dari daerah-daerah lain di Bumi. Akibatnya, gunung-gunung es akan mencair dan daratan akan mengecil. Akan lebih sedikit es yang terapung di perairan Utara tersebut. Daerah-daerah yang sebelumnya mengalami salju ringan, mungkin tidak akan mengalaminya lagi. Pada pegunungan di daerah subtropis, bagian yang ditutupi salju akan semakin sedikit serta akan lebih cepat mencair. Musim tanam akan lebih panjang di beberapa area. Temperatur pada musim dingin dan malam hari akan cenderung untuk meningkat.

Daerah hangat akan menjadi lebih lembab karena lebih banyak air yang menguap dari lautan. Para ilmuwan belum begitu yakin apakah kelembaban tersebut malah akan meningkatkan atau menurunkan pemanasan yang lebih jauh lagi. Hal ini disebabkan karena uap air

merupakan gas rumah kaca, sehingga keberadaannya akan meningkatkan efek insulasi pada atmosfer. Akan tetapi, uap air yang lebih banyak juga akan membentuk awan yang lebih banyak, sehingga akan memantulkan cahaya matahari kembali ke angkasa luar, di mana hal ini akan menurunkan proses pemanasan. Kelembaban yang tinggi akan meningkatkan curah hujan, secara rata-rata, sekitar 1 persen untuk setiap derajat Fahrenheit pemanasan. (Curah hujan di seluruh dunia telah meningkat sebesar 1 persen dalam seratus tahun terakhir ini). Badai akan menjadi lebih sering. Selain itu, air akan lebih cepat menguap dari tanah. Akibatnya beberapa daerah akan menjadi lebih kering dari sebelumnya. Angin akan bertiup lebih kencang dan mungkin dengan pola yang berbeda. Topan badai (*hurricane*) yang memperoleh kekuatannya dari penguapan air, akan menjadi lebih besar. Berlawanan dengan pemanasan yang terjadi, beberapa periode yang sangat dingin mungkin akan terjadi. Pola cuaca menjadi tidak terprediksi dan lebih ekstrim.

Berikut ini penulis akan memberikan berbagai contoh akibat pemanasan global di berbagai dunia. Tahun 2002, Colorado, Arizona dan Oregon menderita musim kering dengan

debu-debu yang mampu menimbulkan angin ribut. Daerah Texas dan Montana juga mengalami banjir yang menimbulkan banyak kerugian. Jakarta juga mengalami banjir terburuk dalam lima tahun terakhir pada tahun 2007.

Perubahan tinggi muka laut akan sangat mempengaruhi kehidupan di daerah pantai. Kenaikan 100 cm (40 inchi) akan menenggelamkan 6% daerah Belanda, 17,5% daerah Bangladesh, dan banyak pulau-pulau. Bahkan mungkin negara-negara Mikronesia akan tenggelam semuanya. Erosi dari tebing, pantai, dan bukit pasir akan meningkat. Ketika tinggi lautan mencapai muara sungai, banjir akibat air pasang akan meningkat di daratan. Indonesia tahun ini juga mengalami banjir air pasang sebagai dampak dari meningkatnya tinggi muka air laut. Negara-negara kaya akan menghabiskan dana yang sangat besar untuk melindungi daerah pantainya, sedangkan negara-negara miskin mungkin hanya dapat melakukan evakuasi dari daerah pantai.

Di bidang pertanian, orang mungkin beranggapan bahwa Bumi yang hangat akan menghasilkan lebih banyak makanan dari sebelumnya, tetapi hal ini sebenarnya tidak sama di beberapa tempat. Bagian Selatan Kanada, sebagai contoh, mungkin akan mendapat

keuntungan dari lebih tingginya curah hujan dan lebih lamanya masa tanam. Di lain pihak, lahan pertanian tropis semi kering di beberapa bagian Afrika mungkin tidak dapat tumbuh. Daerah pertanian gurun yang menggunakan air irigasi dari gunung-gunung yang jauh dapat menderita jika snowpack (kumpulan salju) musim dingin, yang berfungsi sebagai reservoir alami, akan mencair sebelum puncak bulan-bulan masa tanam. Di daerah tropis seperti Indonesia kemungkinan gagal panen juga akan semakin besar. Di saat musim tanam sistem DAS maupun tanah tidak mampu menyimpan air sehingga terjadilah banjir. Selain itu pola curah hujan yang berubah, misalnya hujan yang biasanya turun dalam sebulan tetapi kenyataannya turun seminggu. Tanaman pangan dan hutan juga dapat mengalami serangan serangga dan penyakit yang lebih hebat.

Pemanasan global juga menimbulkan naiknya muka air laut. Ketika atmosfer menghangat, lapisan permukaan lautan juga akan menghangat, sehingga volumenya akan membesar dan menaikkan tinggi permukaan laut. Pemanasan juga akan mencairkan banyak es di kutub, terutama sekitar Greenland, yang lebih memperbanyak volume air di laut. Tinggi muka laut di seluruh dunia telah

meningkat 10 - 25 cm (4 - 10 inchi) selama abad ke-20, dan para ilmuwan memprediksi akan terjadi peningkatan lebih lanjut sekitar 9 - 88 cm (4 - 35 inchi) pada abad ke-21.

Hewan dan tumbuhan menjadi makhluk hidup yang sulit menghindar dari efek pemanasan ini karena sebagian besar lahan telah dikuasai manusia. Dalam pemanasan global, hewan cenderung untuk bermigrasi ke arah kutub atau ke atas pegunungan. Tumbuhan akan mengubah arah pertumbuhannya, mencari daerah baru karena habitat lamanya menjadi terlalu hangat. Akan tetapi, pembangunan manusia akan menghalangi perpindahan ini. Spesies-spesies yang bermigrasi ke utara atau selatan yang terhalangi oleh kota-kota atau lahan-lahan pertanian mungkin akan mati. Beberapa tipe spesies yang tidak mampu secara cepat berpindah menuju kutub mungkin juga akan musnah.

Di bumi yang semakin memanas, para ilmuwan memprediksi bahwa lebih banyak orang yang terkena penyakit atau meninggal karena stress panas. Wabah penyakit yang biasa ditemukan di daerah tropis, seperti penyakit yang diakibatkan nyamuk dan hewan pembawa penyakit lainnya, akan semakin meluas karena mereka dapat berpindah ke daerah yang

sebelumnya terlalu dingin bagi mereka. Saat ini, 45% penduduk dunia tinggal di daerah di mana mereka dapat tergigit oleh nyamuk pembawa parasit malaria; persentase itu akan meningkat menjadi 60 persen jika temperature meningkat. Penyakit-penyakit tropis lainnya juga dapat menyebar seperti malaria, seperti demam dengue, demam kuning, dan encephalitis. Para ilmuwan juga memprediksi meningkatnya insiden alergi dan penyakit pernafasan karena udara yang lebih hangat akan memperbanyak polutan, spora mold dan serbuk sari.

Tahun 2004, konsultan dari Pentagon juga merilis laporan dari akibat terburuk dari pemanasan global terhadap keamanan nasional. Pemanasan global bisa membuat sebagian besar area dunia tak dapat didiami. mengalami kekurangan air dan makanan, peperangan dan migrasi tersebar luas.

Isyu terpenting disini adalah ketidakyakinan dalam prediksi akan sebaran regional dari peningkatan misalnya 3°C dari suhu global walaupun proyeksi tentatif dapatlah dilakukan. Kawasan tropis mungkin akan mengalami dampak kenaikan relatif lebih kecil dengan penurunan curah hujan pada daerah kering dan kenaikan curah hujan pada daerah lembab. Kawasan

berlintang besar (*high latitude*) akan mengalami kenaikan suhu lebih besar. Summer yang kering akan lebih sering terjadi di kawasan berlintang tengah di Northern Hemisphere, dan oleh karena ekspansi air laut dan mencairnya es kutub, muka air laut mungkin akan naik sekitar 20-140 cm. Secara regional, mungkin akan terjadi perubahan pola suhu, hujan, angin, dan curah hujan. Angin ribut tropis akan semakin sering terjadi dan berbahaya, di kawasan pantai banjir akan lebih sering melanda.

a. Dampak terhadap lingkungan alami

Perubahan cuaca akan memberi dampak terhadap pertanian, kehutanan, dan ekosistem alami. Beberapa kawasan pertanian dan hutan akan kehilangan produktivitasnya, lainnya malah meningkat membuat pola produksi bahan makanan dan perikanan bergeser. Pergeseran ini akan menyebabkan perubahan ekonomi wilayah yang cukup berarti, intra- dan antarnegara. Ancaman sediaan bahan makanan beberapa negara akan mengubah pola perdagangan antar wilayah, sebaran keuntungan akan berbeda-beda. Kegiatan wisata juga akan banyak terpengaruh, keuntungan positif dan negatif akan terlihat antarwilayah geografis.

Di beberapa belahan wilayah nampaknya dampak pemanasan mulai dirasakan sebagai isu nyata, sedangkan di belahan lainnya tingkat keprihatinan akan masalah ini masih tak terukur. IPCC (2001) menjelaskan bahwa perubahan iklim regional, terutama kenaikan suhu, yang terjadi akhir-akhir ini telah mempengaruhi sistem fisik dan biologis di beberapa kawasan.

b. Dampak terhadap muka air laut

Terlepas dari ketidakpastian di atas, setiap pemanasan terhadap lingkungan global akan berakibat kepada sejumlah kenaikan muka air laut (kemal). Kemal akibat ekspansi air laut dan mencairnya wilayah kutub dapatlah dikatakan merupakan penyebab kerusakan terbesar dan termahal dari gejala PG ini. Selama abad ke-20 telah terjadi kenaikan suhu rerata permukaan sebesar $0,6 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ (*IPCC Working Group 2; 2001*) dan kemudian telah terjadi kemal sebesar 10-25 cm dan diperkirakan pada abad ke-21 ini akan terus mengalami percepatan (*Nicholls dan Klein; 2001*). Berdasarkan kecenderungan yang ada saja, dengan hanya melihat penyebab dari GRK saja, diprediksikan bahwa pg kemungkinan besar akan menaikkan mal setinggi 15 cm pada 2050 dan 34 cm pada 2100. Ada 10% kemungkinan malah mal naik setinggi 30 cm pada 2050

dan 65 cm di 2100. Kemudian ada 1% kemungkinan mal akan naik 1 m pada 100 tahun yad (sekitar 2095). Dengan kenaikan suhu rerata permukaan terhadap keadaan 1990 sebesar 1,4-5,8°C sampai tahun 2100 sesuai proyeksi di depan tadi maka akan terjadi kemal sebesar 9-88 cm saat itu (*IPCC Working Group 2; 2001*).

Sebagai ilustrasi dampak kerusakan, kemal sebesar 1 meter akan menghasilkan kehilangan lahan daratan sebesar 5-10 ribu mil² di AS dan mempengaruhi kawasan pantai sepanjang 19.000 mil. Jika hal ini terjadi maka struktur binaan di kawasan pantai tersebut bersama-sama dengan sistem perangkutan, tenaga listrik, tata air, dan drainase pendukungnya pasti akan mengalami kerusakan parah.

c. Dampak terhadap manusia

Dampak langsung terhadap manusia akan berupa kematian (diperkirakan sebesar 8 juta jiwa pada periode 2000-2020 jika tak ada upaya yang serius dalam menangani produksi GRK). Bentuk-bentuknya adalah seperti sakit dan kematian akibat gelombang panas, polusi udara, cuaca ekstrim, penyakit infeksi dari nyamuk, penyakit yang bersumber dari pemanfaatan air, menurunnya sediaan air bersih, dan menurunnya sediaan bahan makanan.

IPCC (2001) melaporkan bahwa telah terlihat adanya indikasi pendahuluan akan eksistensi beberapa dampak nyata terhadap sistem social dn ekonomi wilayah akibat meningkatnya flood and droughts di beberapa kawasan.

PENGENDALIAN PEMANASAN GLOBAL/REDUKSI CO2

Konsumsi total bahan bakar fosil di dunia meningkat sebesar 1 persen per-tahun. Langkah-langkah yang dilakukan atau yang sedang diskusikan saat ini tidak ada yang dapat mencegah pemanasan global di masa depan. Tantangan yang ada saat ini adalah mengatasi efek yang timbul sambil melakukan langkah-langkah untuk mencegah semakin berubahnya iklim di masa depan.

Kerusakan yang parah dapat diatasi dengan berbagai cara. Daerah pantai dapat dilindungi dengan dinding dan penghalang untuk mencegah masuknya air laut. Cara lainnya, pemerintah dapat membantu populasi di pantai untuk pindah ke daerah yang lebih tinggi. Beberapa negara, seperti Amerika Serikat, dapat menyelamatkan tumbuhan dan hewan dengan tetap menjaga koridor (jalur) habitatnya, mengosongkan tanah yang belum dibangun dari selatan ke

utara. Spesies-spesies dapat secara perlahan-lahan berpindah sepanjang koridor ini untuk menuju ke habitat yang lebih dingin.

Ada dua pendekatan utama untuk memperlambat semakin bertambahnya gas rumah kaca. Pertama, mencegah karbon dioksida dilepas ke atmosfer dengan menyimpan gas tersebut atau komponen karbon-nya di tempat lain. Cara ini disebut carbon sequestration (menghilangkan karbon). Kedua, mengurangi produksi gas rumah kaca.

Cara yang paling mudah untuk menghilangkan karbondioksida di udara adalah dengan memelihara pepohonan dan menanam pohon lebih banyak lagi. Pohon, terutama yang muda dan cepat pertumbuhannya, menyerap karbondioksida yang sangat banyak, memecahnya melalui fotosintesis, dan menyimpan karbon dalam kayunya. Di seluruh dunia, tingkat perambahan hutan telah mencapai level yang mengkhawatirkan. Di banyak area, tanaman yang tumbuh kembali sedikit sekali karena tanah kehilangan kesuburannya ketika diubah untuk kegunaan yang lain, seperti untuk lahan pertanian atau pembangunan rumah tinggal. Langkah untuk mengatasi hal ini adalah dengan penghutanan kembali

yang berperan dalam mengurangi semakin bertambahnya gas rumah kaca.

Gas karbondioksida juga dapat dihilangkan secara langsung. Caranya dengan menyuntikkan (menginjeksikan) gas tersebut ke sumur-sumur minyak untuk mendorong agar minyak bumi keluar ke permukaan (lihat Enhanced Oil Recovery). Injeksi juga bisa dilakukan untuk mengisolasi gas ini di bawah tanah seperti dalam sumur minyak, lapisan batubara atau aquifer. Hal ini telah dilakukan di salah satu anjungan pengeboran lepas pantai Norwegia, di mana karbondioksida yang terbawa ke permukaan bersama gas alam ditangkap dan diinjeksikan kembali ke aquifer sehingga tidak dapat kembali ke permukaan.

Salah satu sumber penyumbang karbondioksida adalah pembakaran bahan bakar fosil. Penggunaan bahan bakar fosil mulai meningkat pesat sejak revolusi industri pada abad ke-18. Pada saat itu, batubara menjadi sumber energi dominan untuk kemudian digantikan oleh minyak bumi pada pertengahan abad ke-19. Pada abad ke-20, energi gas mulai biasa digunakan di dunia sebagai sumber energi. Perubahan tren penggunaan bahan bakar fosil ini sebenarnya secara tidak langsung telah mengurangi jumlah karbondioksida yang dilepas ke udara,

karena gas melepaskan karbondioksida lebih sedikit bila dibandingkan dengan minyak apalagi bila dibandingkan dengan batubara. Walaupun demikian, penggunaan energi terbarukan dan energi nuklir lebih mengurangi pelepasan karbon dioksida ke udara.

Beberapa konferensi dan perjanjian tingkat internasional juga semakin gencar diupayakan. Perjanjian itu lebih mengarah ke perdagangan karbon dan peraturan pemotongan emisi bagi negara-negara industri yang memegang presentase paling besar dalam pelepasan gas-gas rumah kaca.

RINGKASAN

Pemanasan global merupakan akibat dari aktivitas manusia yang cenderung possibleistik (manusia dapat mengubah alam). Aktivitas inilah yang memacu peningkatan emisi gas rumah kaca ke atmosfer. Dimana peningkatan dari konsentrasi GRK (Gas Rumah Kaca) akan menghangatkan atau memanasi muka bumi.

Dalam perkembangan dan berdasarkan dari berbagai data dan informasi menunjukkan adanya ketidakpastian akan isu pemanasan global yang disebabkan basis data yang digunakan untuk menilai kondisi perubahan yang

terjadi. Dimana isu Pemanasan Global dan Perubahan Iklim yang berasal dari kajian dari pemodelan cuaca/iklim kurang sesuai dengan penelusuran data iklim untuk kurun waktu yang panjang. Meski demikian fakta dan kenyataan dalam waktu singkat antara tahun hingga dekade menunjukkan indikasi naiknya suhu udara dan diikuti dengan kekacauan kondisi cuaca dan iklim bumi. Hadirnya 2 badai tropis di wilayah Indonesia selama awal abad milenium 3 dan adanya kondisi silih berganti antara kondisi kekeringan dan kebakaran hutan periode 1991 – 2004 dan periode basah dengan kondisi banjir yang marak meluas yang diselingi kegiatan Puting Beliung menambah kekacauan bumi tengah berlangsung. Dari bagian akhir kondisi maraknya kejadian Puting Beliung yang dipicu oleh pemanasan lingkungan akibat hutan alam berubah dengan hutan beton yang telah meluas bahkan kini semua pulau di Indonesia yang sebelum tahun 1990 jarang terjadi Puting Beliung kini mulai era milenium telah marak dan meluas. Belajar dari pengalaman selama 2 dekade dari tahun 1990, dimana dalam 2 dekade terjadi kekacauan cuaca dan iklim kering dan basah silih berganti. Hingga di tahun 2010 dengan kondisi musim hujan yang berkepanjangan bahkan hampir tidak terlihat musim kemarau.

Karena dalam pengendalian dibutuhkan kebijakan dan kearifan dari semua pihak khususnya dalam pemanfaatan energi bersih yang rendah emisi gas buang CO₂, efisiensi penggunaan dan pemanfaatan bahan yang ramah lingkungan serta aksi atau kegiatan yang terkait dengan reforestasi secara berkelanjutan dan terus menerus. Di lain pihak adanya pusat penelitian dan pengembangan di bidang cuaca dan iklim yang handal dan profesional merupakan harapan kita yang dapat membantu dalam pengumpulan data dan informasi, pengolahan/penelitian dan pengembangan serta penyebaran informasi. Pengalaman menunjukkan bahwa data dan informasi Pemanasan Global umumnya bersumber berasal dari luar Indonesia.

Acuan

1. IPCC (2001), *Climate Change 2001 : Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Summary for Policy Makers, Working Group 2 3rd Assessment Report, Draft.*, <http://www.usgcrp.gov/ipcc/html/specr ep.html>
2. Jain, R.K. dan Urban, L.V. (1998), "Global Warming : Uncertainties, Effects, and Policy Options", *Environmental Engineering and Policy*, Vol.1 No.2, hal. 87-95.
3. Winarso, P.A. (2009) : Modul Pemanasan dan Perubahan Iklim Global. Akademi Meteorologi dan Geofisika, Jakarta