

PERKEMBANGAN SAINS, PERADABAN DAN INTERAKSI MANUSIA DENGAN ALAM

Oleh:

Wahyu Surakusumah

Jurusan Biologi

Universitas Pendidikan Indonesia

BAB I PENDAHULUAN

Dunia mengalami serangan gelombang perubahan yang sering disebut dengan globalisasi. Tidak ada satupun negara yang berada di bumi ini luput dari serangan gelombang ini. Hal tersebut menyebabkan meningkatnya *interdependensi* seluruh aktivitas manusia yang tidak lagi dibatasi oleh batas wilayah negara, sebagai hasil dari hilangnya penghalang waktu dan ruang. Setiap aspek mengalami globalisasi mulai dari aspek ekonomi, budaya, dan lain-lain, hal tersebut akibat banjir informasi yang masuk ke dalam pikiran manusia dengan begitu derasnya yang merupakan efek dari kemajuan teknologi yang sangat cepat. Seperti yang disampaikan Loren Graham, 1981 dalam bukunya *Between Science and value*. “ *What has been the fundamental impact of science upon values during twentieth century? My answer was that myriad of influence of science upon values, the most important could group around two transformation on thought and attitude. The first was the epistemological transformation (new physics) and the second was ethical transformation (new biological theories)*”

Globalisasi hanyalah satu diantara sekian banyak tanda transformasi masyarakat yang telah terjadi begitu cepat yang akibatnya begitu luas sehingga dapat dipahami sebagai suatu keterputusan dengan masa lalu. Semakin banyak orang setuju, bahwa zaman kita sekarang sedang menyaksikan sebuah metamorfosis sejati dalam hubungan antara manusia atau dengan kata lain suatu *perubahan peradaban* (Brunsvick dan Danzin, 2005).

Perubahan tersebut mengakibatkan serangkaian gejala secara kumulatif menimbulkan keresahan serius diantara negara-negara tua yang selama sekian abad diuntungkan oleh kekuatan ekonomi dan militer. Sementara diwilayah geografis yang lain, terutama di Afrika, kemunduran ekonomi dan keterampilan manusia yang kurang memadai menimbulkan rasa takut bahwa mereka tidak akan turut menikmati manfaat dari peradaban baru yang sedang muncul ini. Metamorfosis ini mengambil beberapa bentuk dan mempengaruhi kronologis ruang dan waktu.

Ketidakseimbangan populasi merupakan ilustrasi awal perubahan tersebut. pertumbuhan penduduk yang sangat tinggi dinegara-negara miskin dan tingkat pergantian penduduk terlalu rendah dinegara-negara yang paling makmur, dimana jumlah penduduk tuanya terus meningkat dan tingkat harapan hidup bayi meningkat dua kali lipat. Hal tersebut sebenarnya merupakan gejala yang baik, menghasilkan struktur piramida umur yang belum pernah terjadi dimasa sebelumnya. Kemajuan bidang kedokteran dan biologi menunjukkan bahwa pertumbuhan penduduk dapat dikendalikan.

Perubahan mencolok mengenai cara manusia menggunakan ruang juga dapat diamati seperti: migrasi ke kota besar, arus orang meninggalkan daerah pedalaman, kebutuhan yang berlebihan terhadap alam (penggundulan hutan, gurunisasi, erosi lapisan tanah laik tanam, penghancuran daerah pedalaman, degradasi keanekaragaman hayati, kekeurangan air, dll), akan tetapi ada kemajuan besar dalam produktivitas pertanian dan penggunaan sumber daya alam(Nasr, 1989).

Fasilitas pengangkutan barang dan manusia menyebabkan peningkatan pergerakan dalam bentuk tinggi-rendahnya arus lalu lintas antara rumah dan tempat kerja setiap hari, banyaknya kelompok-kelompok orang yang mencari tempat berlibur, pariwisata massal, arus penduduk yang tidak terkendali dari negara miskin ke negara kaya, massa pengungsi yang terperangkap dalam konflik lokal dan pembersihan etnis. Kecenderungan untuk berpindah-pindah juga mempengaruhi dunia kerja: relokasi industri dan jasa, merger, reorganisasi, runtuhnya perusahaan-perusahaan terkuat, pelatihan kerja ulang, kurangnya kesetiaan perusahaan/karyawan, menguapnya modal.

Bila kita lihat sejarah, perubahan diatas yang disebabkan oleh globalisasi menyebabkan dorongan bagi manusia untuk ekspresinya menyebabkan ketegangan dalam hubungan antara manusia dan dunia alamiah. Ketegangan tersebut bisa bersifat global seperti perubahan iklim, lapisan ozon pelindung yang menipis, degradasi keanekaragaman hayati, polusi laut dan lain-lain atau bersifat lokal terhadap lingkungan dan sumber daya alam seperti pengundulan hutan, gurunisasi, polusi air tanah, timbunan limbah rumah tangga dan industri, dan lain-lain. Ketegangan menyebabkan perubahan yang mengakibatkan keseragaman dalam lingkungan hidup (*artificial nature*) dan menghapus simbol-simbol monumental, baik yang menyangkut warisan budaya maupun warisan alam (keseragaman spesies dan pemandangan alam). Upaya-upaya untuk melestarikan budaya dan alam sengaja digagalkan demi kepentingan ekonomi.

Penghapusan simbol-simbol seperti diatas menyebabkan generasi sekarang menyuarakan ketakutan bahwa aktivitas manusia dapat menyebabkan disfungsi-disfungsi bumi yang dapat membahayakan manusia itu sendiri.

Untuk menganalisis apa yang terjadi pada perubahan hubungan antara manusia dengan alam, pada makalah ini mencoba dipaparkan perubahan-perubahan yang terjadi dari peradaban manusia yang diakibatkan oleh adanya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi sehingga mengubah pola pikir manusia dan mengakibatkan perubahan interaksi manusia dengan alam. Pengkajian dilakukan berdasarkan kajian pada buku karangan Al-Gore yang berjudul “ *Earth in The Balance (Ecology and Human Spirit)* “terutama Bab I: *Ships in The Desert* dan Bab 2: *The Shadow Our Future Throws* dan diperkaya dengan literatur-literatur lain yang mendukung.

BAB II

FENOMENA KRISIS LINGKUNGAN

Pada buku “ *Earth in The Balance (Ecology and Human Spirit)* “ pada bab satu dipaparkan keterkejutan penulis (Al-gore) terhadap perubahan lingkungan yang terjadi dan perubahan tersebut terjadi tanpa diduga sebelumnya” *The World Beneath it had change in an unexpected way*”. Perubahan yang terjadi begitu drastis seperti Laut Aral di Asia tengah (Soviet) yang sepuluh tahun sebelumnya merupakan laut dalam (didaratan) terbesar keempat di dunia sebanding dengan danau-danau yang paling besar di Amerika Utara dan merupakan sumber ikan paling produktif sekarang laut itu menjadi gurun karena air yang ditampungnya telah dialihkan ke sebuah saluran irigasi dengan rancangan buruk yang digunakan untuk bertanam kapas di gurun.

Selain fenomena di laut Aral ada beberapa fenomena krisis lingkungan lain yang diamati oleh Al-gore antara lain:

1. Kematian masal Bintang laut di Laut putih (*White Sea*) yang menutupi beberapa mil pantai dari hasil investigasi ternyata menunjukkan kematian masal disebabkan oleh limbah radioaktif dari militer.
2. Kematian masal ikan lumba-lumba sepanjang Riviera Prancis yang disebabkan oleh virus
3. Kematian Ikan lumba-lumba di *Gulf Coast Texas* dan 12000 seals di North Sea yang disebabkan oleh minyak yang menutup permukaan .

4. Pemanasan global terjadi dimulai sejak revolusi industri yang menyebabkan terjadinya peningkatan kandungan CO₂ diudara yang dibuktikan dengan kadar CO₂ dalam lapisan es di kutub utara yang mengalami peningkatan.
5. Dampak dari pemanasan global yang terjadi yaitu penipisan lapisan es di kutub utara (menipis 2% setiap satu dekade), Pencairan salju menjadi lebih awal dan temperatur bumi terus meningkat.
6. Pemanasan global menyebabkan terjadinya perubahan iklim, salah satunya mempengaruhi iklim diequator Brazil yaitu diatas hutan hujan Amazon yang biasanya awan selalu gelap yang menandakan akan terjadi hujan, sekarang relatif hujan turun mengalami penurunan intensitas.
7. Perubahan global yang terjadi mengancam kepunahan spesies mahluk hidup atau terjadinya penurunan biodiversitas yang dijelaskan bahwa terjadi kepunahan spesies burung di hutan amazon, kematian koral di Caribbean akibat temperatur air laut yang meningkat.

Fenomena-fenomena tersebut merupakan beberapa contoh perubahan lingkungan yang terjadi dan tidak dapat diduga sehingga lingkungan mengalami penurunan kualitas untuk mendukung kehidupan. Hal tersebut berdampak juga kembali kepada manusia. Antara lain kenyamanan manusia ketika berekreasi dipantai yang dahulu nyaman sekarang menjadi was-was karena *jelly fish* yang berpindah tempat kearah pantai, banyak spesies yang punah sekitar 2000 spesies hilang dan akan terus hilang bahkan terjadi peningkatan secara eksponensial, terjadinya kelaparan dan diare dan lain-lain.

Perubahan lingkungan yang terjadi disimpulkan oleh penulis disebabkan adanya perubahan hubungan antara perubahan peradaban manusia dengan lingkungan. Peradaban manusia sekarang dapat mempengaruhi langsung, tidak hanya sebagian dari lingkungan akan tetapi dapat mempengaruhi lingkungan global.

A. Pencemaran

Pencemaran lingkungan merupakan salah satu fenomena krisis lingkungan yang terjadi. Menurut Undang-Undang No 23 tahun 1997 Tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup Bab 1, Pasal 1: Pencemaran lingkungan adalah “Masuknya

atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam lingkungan dan atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam, sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya”

Pencemaran lingkungan merupakan masalah kita bersama, yang semakin penting untuk diselesaikan, karena menyangkut keselamatan, kesehatan, dan kehidupan kita. Siapapun bisa berperan serta dalam menyelesaikan masalah pencemaran lingkungan ini, termasuk kita. Dimulai dari lingkungan yang terkecil, diri kita sendiri, sampai ke lingkungan yang lebih luas.

Permasalahan pencemaran lingkungan yang harusnya segera kita atasi bersama diantaranya pencemaran air tanah dan sungai, pencemaran udara perkotaan, kontaminasi tanah oleh sampah, hujan asam, perubahan iklim global, penipisan lapisan ozon, kontaminasi zat radioaktif, dan sebagainya.

Untuk menyelesaikan masalah pencemaran lingkungan ini, tentunya kita harus mengetahui sumber pencemar, bagaimana proses pencemaran itu terjadi, dan bagaimana langkah penyelesaian pencemaran lingkungan itu sendiri. Pencemar datang dari berbagai sumber dan memasuki udara, air dan tanah dengan berbagai cara. Pencemar udara terutama datang dari kendaraan bermotor, industri, dan pembakaran sampah. Pencemar udara dapat pula berasal dari aktivitas gunung berapi. Pencemaran sungai dan air tanah terutama dari kegiatan domestik, industri, dan pertanian. Limbah cair domestik terutama berupa BOD, COD, dan zat organik. Limbah cair industri menghasilkan BOD, COD, zat organik, dan berbagai pencemar beracun. Limbah cair dari kegiatan pertanian terutama berupa nitrat dan fosfat(Wardhana, 1999).

Proses pencemaran dapat terjadi secara langsung maupun tidak langsung. Secara langsung yaitu bahan pencemar tersebut langsung berdampak meracuni sehingga mengganggu kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan atau mengganggu keseimbangan ekologis baik air, udara maupun tanah. Proses tidak langsung, yaitu beberapa zat kimia bereaksi di udara, air maupun tanah, sehingga menyebabkan pencemaran.

Pencemar ada yang langsung terasa dampaknya, misalnya berupa gangguan kesehatan langsung (penyakit akut), atau akan dirasakan setelah jangka waktu tertentu (penyakit kronis). Sebenarnya alam memiliki kemampuan sendiri untuk mengatasi pencemaran (*self recovery*), namun alam memiliki keterbatasan. Setelah batas itu terlampaui, maka pencemar akan berada di alam secara tetap atau terakumulasi dan kemudian berdampak pada manusia, material, hewan, tumbuhan dan ekosistem

1. Pencemaran air

Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam badan air dan atau berubahnya tatanan badan air oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan kualitas air kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukan (KepMENLH No Kep-03/MENKLH/II/1991)



Sumber pencemaran air bisa berasal dari industri, rumah tangga dan pertanian. Jenis polutan dapat berupa organik, non organik, sampah, energi (panas), mikroorganisme. Akibat dari pencemaran ini dapat berdampak bagi manusia baik langsung ataupun tidak langsung.

Dampak tidak langsung dari pencemaran air adalah menurunnya kualitas air yang menyebabkan dampak lanjutan seperti tidak bisa digunakannya air sebagai sumber air minum, kematian makhluk hidup dibadan perairan, menimbulkan berbagai penyakit dan teratogeni (kelain perkembangan).

Tabel.2.1 Dampak polutan logam terhadap manusia

Senyawa	sumber	Jenis gangguan	Dampak/ penyakit
Hg	Pertambangan, limbah industri	Gangguan syaraf, rusak kromosom	Idiot, cacat

Pb	Asap kendaraan bermotor, bahan bakar	Gangguan enzim, pembentukan HB	Plumbisme
Cd	Industri Keramik, fotografi, elektroplating	Gangguan ginjal, Demineralisasi tulang	
Cu	Pertanian	Gangguan ginjal, hati, asam amino	
organik	Domestik, industri	Defisiensi oksigen	
Radioaktif	PLN, Kerak bumi	Gangguan fisiologi	

2. Pencemaran Laut



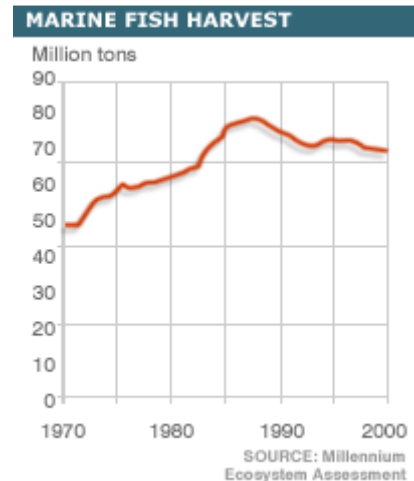
Aktivitas manusia merupakan penyebab utama dari terjadinya polusi laut dunia. Lebih dari 80 persen polusi laut yang terjadi pada lautan berasal dari aktivitas yang terjadi di darat. Mulai dari hancurnya terumbu karang, penumpukan sampah, timbunan zat kimia berbahaya, sampai peningkatan suhu permukaan laut sehingga mengakibatkan tidak seimbangnya ekosistem yang ada di laut.

Global warming (pemanasan global) merupakan salah satu penyebab perubahan dari struktur kimia yang ada di lautan dan proses perubahan ekosistem laut lainnya, dan hal tersebut pemanasan global merupakan ancaman terhadap jutaan spesies biota laut yang tidak dapat bertahan dengan temperatur yang tinggi. Penangkapan ikan yang berlebihan merupakan masalah yang cukup serius di berbagai negara. Banyak para pecinta alam dan para pecinta laut memberikan nasihat dan masukan-masukan untuk menciptakan suasana laut yang dapat melindungi berbagai makhluk yang ada di laut, tetapi usaha tersebut kelihatannya masih tidak optimal.

Ada beberapa ancaman pada ekosistem laut antara lain: (1) *Global warming* adalah penyebab naiknya permukaan laut, merupakan ancaman serius pada

populasi biota laut, (2) Pestisida dan obat-obatan yang digunakan dalam pertanian yang pada akhirnya bermuara pada air laut, menimbulkan masalah serius, (3) Kurangnya oksigen dalam air yang dapat membunuh habitat biota laut dan ikan-ikan, (4) Perusahaan dan pabrik industri mengalirkan limbah dan materi-materi kimia lainnya ke dalam laut, hal ini turut berperan besar terhadap pencemaran laut, (5) Tumpahan minyak pada musibah kapal tanker sangat mencemari lautan, disinyalir kejadian ini menimbulkan pencemaran laut yang dahsyat terhadap ekosistem laut, (7) Polusi udara bertanggung jawab pada satu sepertiga kontaminasi racun dan bahan-bahan yang dapat masuk ke dalam wilayah perairan pantai dan laut, dan (8) Biota laut yang telah tercemar seperti ganggang yang telah beracun, cholera, tanaman laut dan telah memasuki wilayah laut dan dapat menimbulkan ketidakseimbangan ekologi laut.

Dari hasil penelitian lebih dari 1300 penelitian dari 95 negara selama 4 tahun bahan pencemaran laut yang disebabkan oleh aktivitas manusia menyebabkan terjadinya penurunan kualitas ekosistem laut yang mendukung produktivitas ikan tangkapan dilaut. Pada Gambar 2.1. disebelah dapat dilihat bahwa terjadi penurunan produktivitas ikan laut mulai dari pertengahan tahun 1980an dikarenakan pencemaran laut dan metode penangkapan ikan yang tidak berkelanjutan.



Gambar.2.1 Produktivitas ikan Laut



Gambar.2.2. Korall yang *polyps* yang mengalami pemutihan (Coral Bleaching)

3. Pencemaran darat



Daratan mengalami pencemaran apabila ada bahan-bahan asing, baik bersifat organik maupun anorganik, yang menyebabkan daratan tersebut tidak dapat memberikan daya dukung bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup didalamnya.

Permasalahan utama yang sering menjadi permasalahan pencemaran daratan adalah sampah. Sampah yang bersifat organik tidak terlalu bermasalah dibandingkan anorganik karena bahan organik mudah didegradasi. Akan tetapi apabila volumenya banyak akan menjadi permasalahan karena ada keterbatasan lingkungan untuk melakukan *self purification*. Permasalah pencemaran daratan selain sampah adalah limbah logam atau limbah pertambangan yang dapat menyebabkan kualitas tanah sangat buruk untuk dapat produktif.

Tabel 2.2 Komponen pencemar daratan.

Komponen	Prosentase (%)
Kertas	41
Limbah bahan makanan	21
Gelas	12
Logam(besi)	10
Plastik	5
Kayu	5
Karet dan kulit	3
Kain (serta tekstil)	2
Logam lainnya	1

4. Pencemaran udara



Pencemaran udara diartikan sebagai adanya bahan-bahan atau zat-zat asing didalam udara yang menyebabkan perubahan susunan (komposisi) udara dari keadaan normal. Kehadiran bahan atau zat asing didalam udara dalam jumlah tertentu serta berada dalam waktu yang cukup lama, akan mengganggu kehidupan manusia, hewan dan tumbuhan.

Komponen pencemar udara yang utama terdiri dari CO, CO₂, NO_x, SO_x, Hidrokarbon, dan partikel. Apabila komponen tersebut terdedah pada manusia dapat menyebabkan dampak berupa penyakit atau kesehatannya terganggu.

Tabel.2.3. Dampak polutan partikel pada kesehatan

Penyakit	keterangan
Silikosis	Diakibatkan oleh debu silika terakumulasi di paru-paru
Bisinosis	Pneumokosis diakibatkan oleh serat kapas
Antrakosis	Pneumokosis akibat debu batu bara
Asbestosis	Disebabkan serat asbes
Beriliosis	Nasoparingitis, bronkitis, peneumokosis (berilium)

Tabel.2.4. Dampak polutan partikel pada kesehatan

senyawa	Dampak
CO	Aspheksya
NO ₂	Iritasi, Kematian

NO	Gangguan sistem saraf
SO _x	Iritasi
hidrokarbon	Iritasi, syaraf, mati

4. Solusi

Penyelesaian masalah pencemaran terdiri dari langkah pencegahan dan pengendalian. Langkah pencegahan pada prinsipnya mengurangi pencemar dari sumbernya untuk mencegah dampak lingkungan yang lebih berat. Di lingkungan yang terdekat, misalnya dengan mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan, menggunakan kembali (*reuse*) dan daur ulang (*recycle*).

Di bidang industri misalnya dengan mengurangi jumlah air yang dipakai, mengurangi jumlah limbah, dan mengurangi keberadaan zat kimia PBT (*Persistent, Bioaccumulative, and Toxic*), dan berangsur-angsur menggantinya dengan *Green Chemistry*. Green chemistry merupakan segala produk dan proses kimia yang mengurangi atau menghilangkan zat berbahaya.

Tindakan pencegahan dapat pula dilakukan dengan mengganti alat-alat rumah tangga, atau bahan bakar kendaraan bermotor dengan bahan yang lebih ramah lingkungan. Pencegahan dapat pula dilakukan dengan kegiatan konservasi, penggunaan energi alternatif, penggunaan alat transportasi alternatif, dan pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*).

Langkah pengendalian sangat penting untuk menjaga lingkungan tetap bersih dan sehat. Pengendalian dapat berupa pembuatan standar baku mutu lingkungan, monitoring lingkungan dan penggunaan teknologi untuk mengatasi masalah lingkungan. Untuk permasalahan global seperti perubahan iklim, penipisan lapisan ozon, dan pemanasan global diperlukan kerjasama semua pihak antara satu negara dengan negara lain

B. Efek rumah kaca

Efek rumah kaca atau *greenhouse effect*, pertama kali ditemukan oleh seorang ahli matematika Prancis Joseph Fourier pada 1824, yang membuat persamaan atmosfer bumi dengan kaca dari rumah kaca. Atmosfer sama halnya dengan rumah kaca melewatkan radiasi matahari hingga mencapai dan menghangatkan permukaan bumi. Gas-gas di atmosfer (lapisan troposfer) yang bertindak sebagai rumah kaca ini disebut gas rumah kaca. Gas rumah kaca sudah ada sejak awal terbentuknya bumi. Gas ini masuk ke bumi melalui proses alamiah dan aktivitas manusia (*bio-antropogenik*).

Ada enam jenis gas rumah kaca, yaitu karbondioksida (CO₂), metana (CH₄), dinitrogen oksida (N₂O), hydrochlorofluorokarbons (HFCs), chlorofluorocarbons (CFCs), dan sulfur heksafluorida (SF₆). Dibandingkan gas rumah kaca lainnya, CO₂ merupakan gas yang paling besar konsentrasinya di atmosfer. Oleh karena itu, CO₂ dijadikan sebagai acuan dalam mengkonversi satuan gas rumah kaca berdasarkan Potensi Pemanasan Global (*Global Warming Potential/GWP*), atau ekuivalen CO₂. GWP menggambarkan kontribusi satu ton gas terhadap proses pemanasan global selama 100 tahun.

Jika GWP gas CO₂ = 1, sementara potensi pemanasan global gas metana (CH₄) diperkirakan 21 kali CO₂, maka GWP metana = 21. GWP gas rumah kaca ditunjukkan pada tabel 1 berikut.

Tabel 2.5. GWP beberapa gas rumah kaca relatif terhadap GWP CO₂

Gas Rumah Kaca	GWP dalam 100 tahun (ton CO ₂ ekuivalen)
Karbon dioksida, CO ₂	1
Metana, CH ₄	21
Dinitrogen oksida, N ₂ O	310
Hidrofluorokarbon, HFCs	120 – 12.000
Perfluorokarbon, PFCs	7850
Sulfur heksafluorida, SF ₆	34.900

Pemanasan global adalah meningkatnya suhu rata – rata atmosfer, laut dan daratan bumi. Penyebab utamanya CO₂ yang banyak dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara , minyak bumi, dan gas alam, yang melepas Gas Rumah Kaca (GRK) ke udara, yang menyebabkan Efek Rumah Kaca, yaitu proses di mana atmosfer memanaskan sebuah planet. Hal ini terjadi akibat peningkatan jumlah gas ini melebihi kemampuan tumbuhan dan laut untuk

mengabsorpsinya. Tabel 2.5 menunjukkan senyawa penyebab utama gas rumah kaca dan sumber emisinya.

Menurut perkiraan, efek rumah kaca telah meningkatkan suhu bumi rata-rata 1 sampai 5 derajat Celcius, dan bila kecenderungan peningkatan gas rumah kaca tetap seperti sekarang akan menyebabkan pemanasan global antara 1,5 sampai 4,5 derajat Celcius sekitar tahun 2030, dan diperkirakan akan meningkat sebesar 1,4 sampai 5,8 derajat Celcius pada tahun 2050.

Tabel 2.6 Senyawa penyebab utama gas rumah kaca dan sumber emisi global

Gas	Kontribusi	Sumber emisi global	%
CO ₂	45-50%	Batu bara	29
		Minyak Bumi	29
		Gas alam	11
		Penggundulan hutan	20
		Lainnya	10
CH ₄	10-20%		

Beberapa fakta ilmiah mengungkapkan ribuan tahun terakhir, penyekatan atmosfer yang ditimbulkan oleh efek rumah kaca telah meningkatkan temperatur bumi 13°C, dibandingkan bila gas-gas tersebut tidak ada.

Sebagai contoh konsentrasi CO₂ pada awal revolusi industri diperkirakan sekitar 280 ppm. Hasil pengamatan tahun 1988 menunjukkan, bahwa konsentrasi CO₂ telah naik menjadi 351 ppm. Dengan demikian selama kurun waktu 100 tahun terakhir konsentrasi CO₂ di atmosfer telah naik sebesar 70 ppm. Lebih dari 12,5 persen dari angka kenaikan tersebut hanya terjadi dalam 30 tahun terakhir ini. Jika laju peningkatan sebesar 0,4 persen per tahun ini berlangsung terus, konsentrasi menjelang akhir 2025 akan menjadi 2 kali lipat dibandingkan dengan konsentrasi CO₂ pada periode pra industri pada abad ke 19. Data peningkatan gas rumah kaca di atmosfer bumi dapat dilihat pada Tabel 2.7 sebagai berikut.

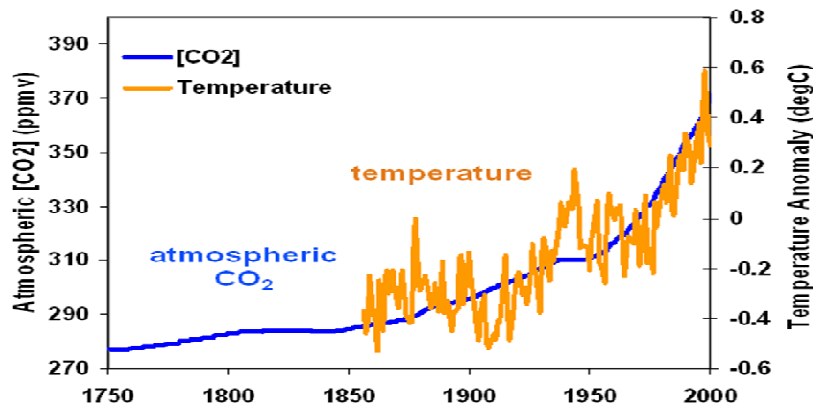
Tabel 2.7. Peningkatan Gas Rumah Kaca (GRK) di Atmosfer Bumi

Gas Rumah Kaca	Konsentrasi Pra-Indutri	Konsentrasi Atmosferik (1990)	Laju Peningkatan Tahun (%)
Karbon dioksida (CO ₂)	275 ppm	351 ppm	1,4 ppm (0,4)
	0,75 ppm	1,65 ppm	17 ppb (1,0)
Methana (CH ₄)	0	430 ppt	19 ppt (5,0)
CFC – 12	0	230 ppt	11 ppt (5,0)

CFC – 11	289 ppb	305 ppb	0,6 ppb (0,2)
Nitros oksida (N ₂ O)	30 ppb	35 ppb	0,01 ppb (1,33 +
Ozon Troposfer *)			0,47)

Sumber : *World Reseources (1990 – 1991) dalam Soedomo (2001)*

Apabila konsentrasi gas rumah kaca meningkat di troposfer, panas yang diadsorbsi dan dihamburkan kembali ke permukaan bumi akan semakin besar pula, sehingga temperatur rata-rata bumi mungkin akan meningkat, kecuali jika mekanisme iklim yang lain mampu mengatasi peningkatan temperatur tersebut.



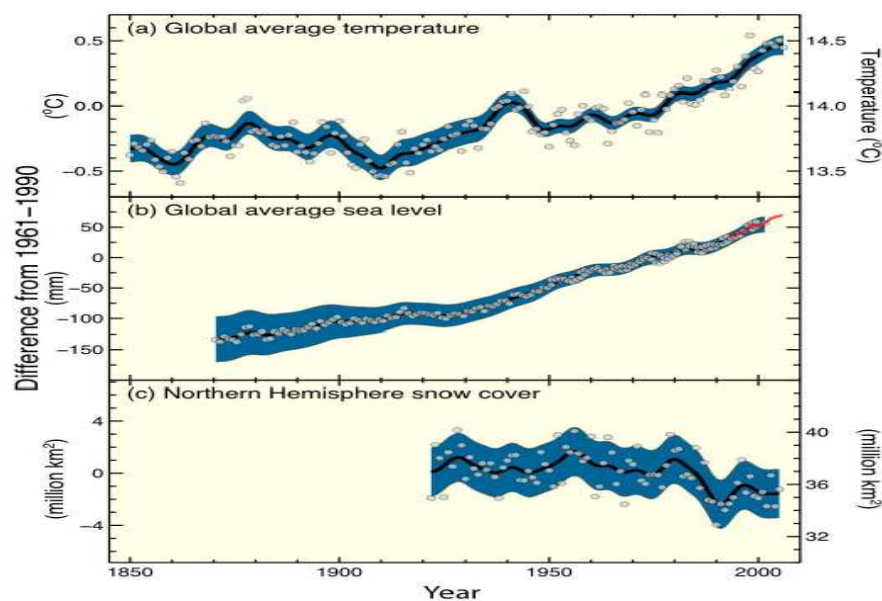
Gambar.2.3. Korelasi konsentrasi CO₂ dengan kenaikan temperature

Respon alam terhadap kenaikan temperatur bumi, serta disagregasi perubahan iklim global diperkirakan akan meliputi : kenaikan permukaan laut, perubahan pola angin, penumpukan es dan salju di kutub, meningkatnya badai atmosferik, bertambahnya populasi dan jenis organisme penyebab penyakit dan dampaknya terhadap kesehatan masyarakat, perubahan pola curah hujan dan siklus hidrologi, perubahan ekosistem hutan, daratan, dan ekosistem alami lainnya.

Kesemuanya ini bukan mustahil akan mengarah kepada meningkatnya kepunahan berbagai spesies tumbuhan dan binatang, tetapi juga mungkin pada perubahan dan spesies yang bertahan hidup (*strained spesies*). menimbulkan berbagai masalah, antara lain tenggelamnya pulau- pulau kecil serta krisis air bersih akibat naiknya permukaan air laut sebagai dampak dari mencairnya es di Greenland dan Antartika (kutub), punahnya berbagai jenis ikan dan rusaknya terumbu karang akibat gangguan ekosistem laut, hujan deras akibat penguapan air laut yang tinggi, sehingga terjadi banjir, longsor, serta perubahan musim tanam. Belum lagi ancaman badai tropis, kekeringan, meningkatnya potensi kebakaran

hutan, dll. Bahkan penyakit parasitik seperti malaria dan demam berdarah dengue yang disebabkan oleh nyamuk meningkat. Hal ini diakibatkan perubahan suhu yang ekstrem yang menyebabkan nyamuk lebih sering bertelur. Daerah jelajah nyamuk meluas karena daerah yang semula dingin kini menjadi lebih panas, di mana nyamuk ini berkembang biak pada daerah tropis

Dampak pemanasan global terjadi tidak hanya pada lingkungan alami tetapi juga pada masyarakat secara keseluruhan (UNEP, 1992). Dampak pada lingkungan alami akan terwujud dalam bentuk pengurangan luas tutupan salju dan es dipermukaan bumi dan pencairan *termafrost*, perubahan angin dan arus laut, timbulnya badai tropis yang buruk serta kerusakan berbagai ekosistem pantai. Selain itu juga berdampak terhadap terjadinya perubahan curah hujan dan kelembaban tanah, perubahan daerah vegetasi dan campuran spesies, dan pengurangan keanekaragaman hayati.



Gambar 2.4. Pengaruh pemanasan global terhadap temperatur, kenaikan permukaan air laut dan penutupan salju

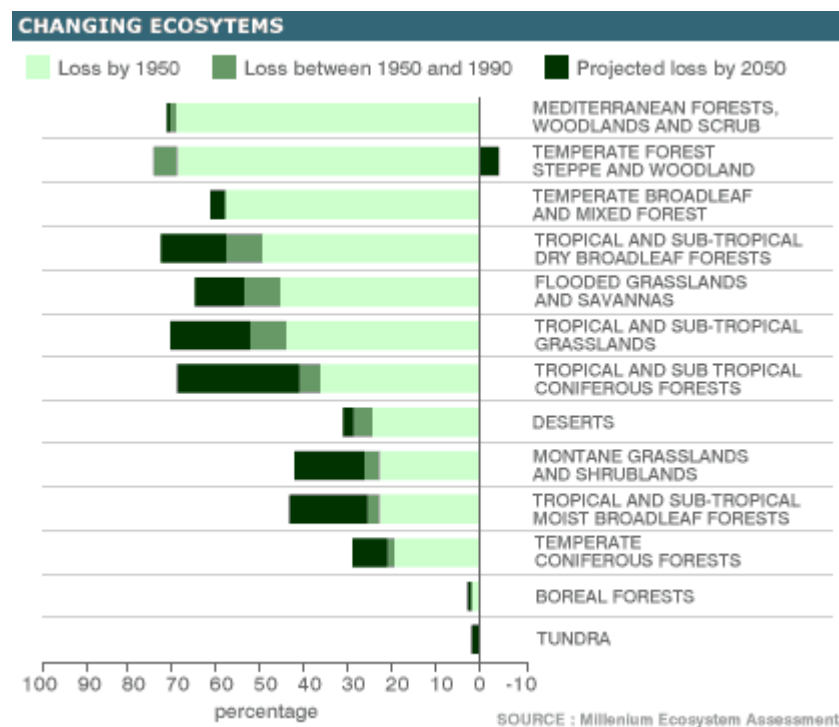
Dampak pemanasan global kepada masyarakat dimungkinkan terwujud dalam bentuk dingin dan kekeringan di musim panas, perubahan musim tanam, hasil tanaman, penyebaran hama dan daerah yang dapat ditanami, perhutanan dan pertanian. Di sekitar pantai pemanasan global bisa berdampak pada terjadinya banjir pantai dan kerusakan terhadap pariwisata. Kegiatan perekonomian juga bisa terkena dampak pemanasan global juga terjadinya perubahan kebutuhan

energi dan efek yang ditimbulkan pada transportasi dan perindustrian. Dibidang pemukiman dan kesehatan pemanasan global bisa berdampak buruk pada terjadinya kerusakan infrstruktur, penambahan jumlah pengungsi dan perubahan pola penyakit (Sjaifuddin, 2005).

C. Perubahan ekosistem

Seiring dengan perambahan populasi manusia dan perkembangan teknologi, menyebabkan makin meningkatnya kebutuhan ruang bagi manusia. Dengan semakin bertambahnya kebutuhan ruang tersebut dapat mengakibatkan terjadinya perubahan ekosistem yang bersifat alami berubah menjadi ekosistem buatan manusia (*artificial*).

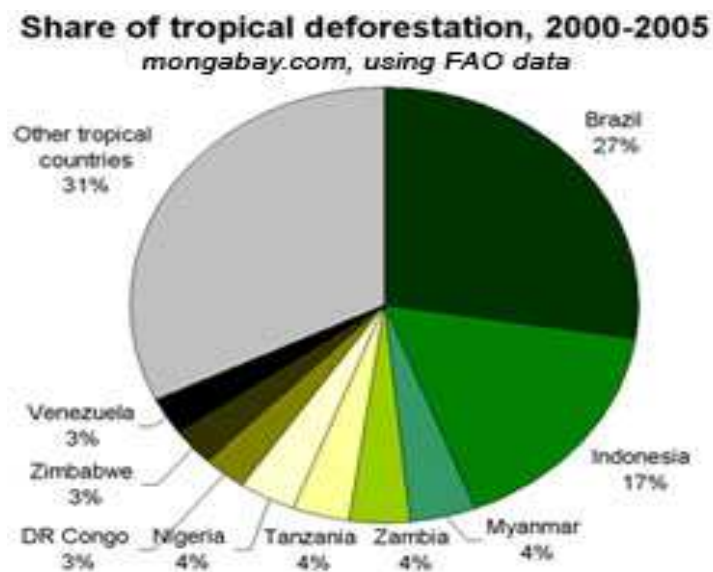
Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh The Global Environment Facility, the United Nations Foundation, the David and Lucile Packard Foundation, The World Bank menunjukkan telah terjadi perubahan ekosistem yang signifikan selama empat tahun terakhir yang disebabkan terjadinya perubahan fungsi lahan oleh aktivitas manusia.



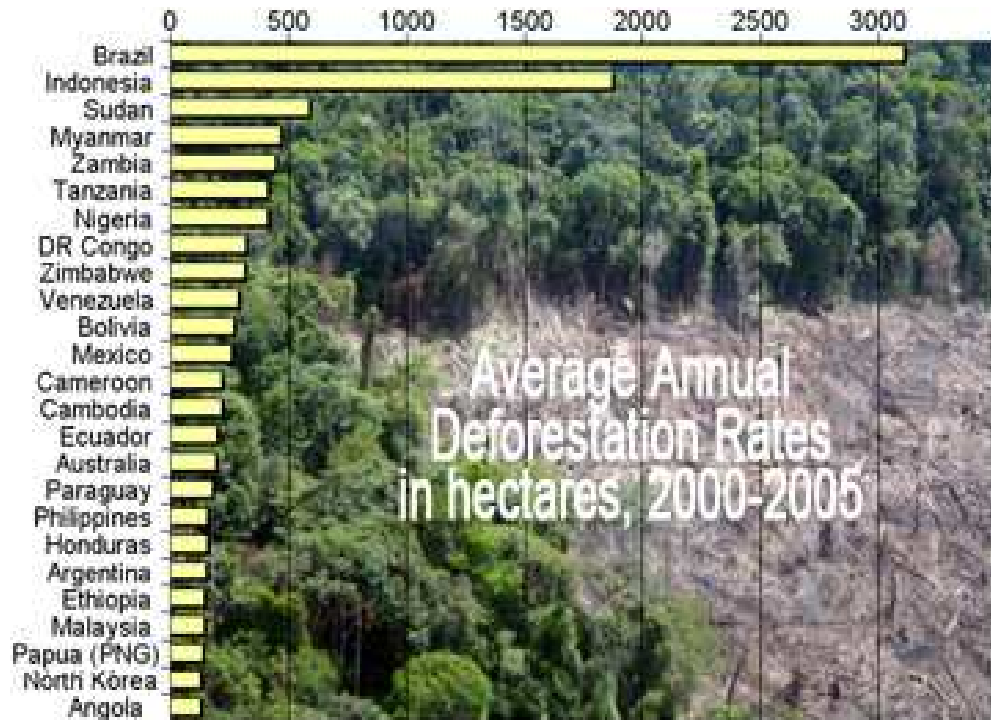
Gambar 2.5. Perubahan ekosistem

D. Deforestasi

Permasalahan lain yang berhubungan dengan krisis lingkungan yang sedang menjadi isu global adalah pengudulan hutan. Hutan merupakan paru-paru dunia yang merupakan *sink* untuk menyerap karbon dioksida yang merupakan penyebab utama pemanasan global. Deforestasi yang terjadi dalam beberapa tahun ini sangat signifikan mengurangi jumlah hutan sebagai sumber oksigen dan penyerap CO₂. Pada gambar 2.6 dan 2.7 dapat ditunjukkan deforestasi yang terjadi sangat mengkhawatirkan .



Gambar. 2.6 Deforestasi hutan tropis pada periode 2000-2005

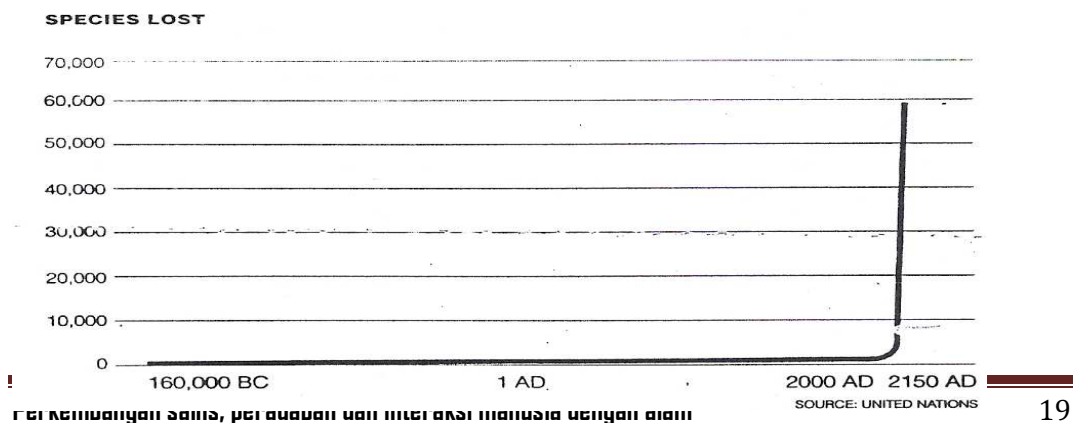


Gambar. 2.6 Laju deforestasi hutan tropis pada periode 2000-2005

E. Degradasi keanekaragaman hayati

Keanekaragaman hayati sering diartikan dengan kekayaan jenis spesies makhluk hidup pada suatu daerah. Biodiversitas diukur dalam berupa indeks, metode pengukurannya pun bermacam-macam karena setiap indeks mempunyai asumsi yang berbeda.

Seiring dengan isu perubahan iklim, degradasi biodeversitas merupakan suatu wacana yang sering diasumsikan merupakan dampak akibat perubahan iklim. Menurut Al Gore (2004) menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kepunahan spesies sejak terjadinya revolusi industri yang diilustrasikan pada gambar 2.7.

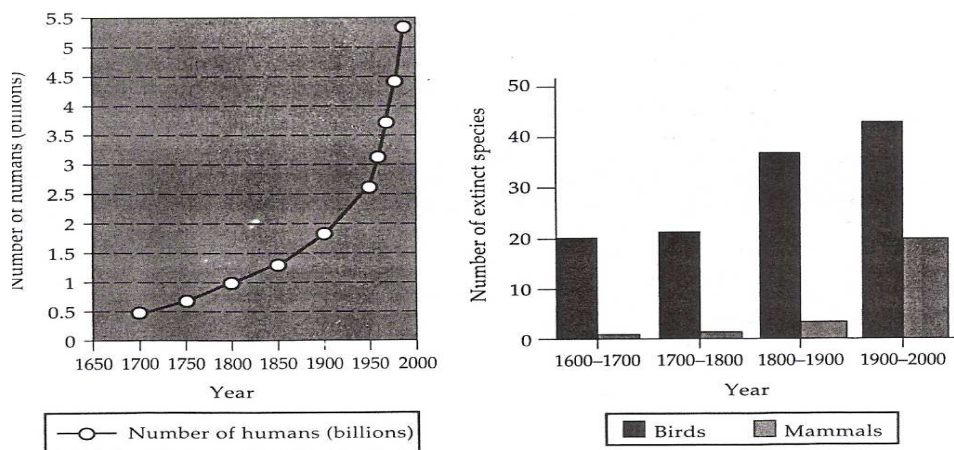


Gambar 2. 7Laju kepunahan spesies

Berdasarkan gambar diatas dapat digambarkan bahwa terjadi peningkatan hilangnya spesies secara eksponensial, akan tetapi apa penyebab peningkatan laju kepunahan spesies merupakan suatu fenomena.

1. Populasi manusia dan penurunan keanekaragaman hayati

Salah satu faktor yang sering dijadikan isu penyebab terjadinya penurunan keanekaragaman hayati adalah penambahan populasi manusia. Pada gambar 2.8 dapat diilustrasikan terjadi peningkatan populasi manusia secara eksponensial dan grafik tersebut mempunyai kesamaan dengan laju penurunan keanekaragaman hayati.

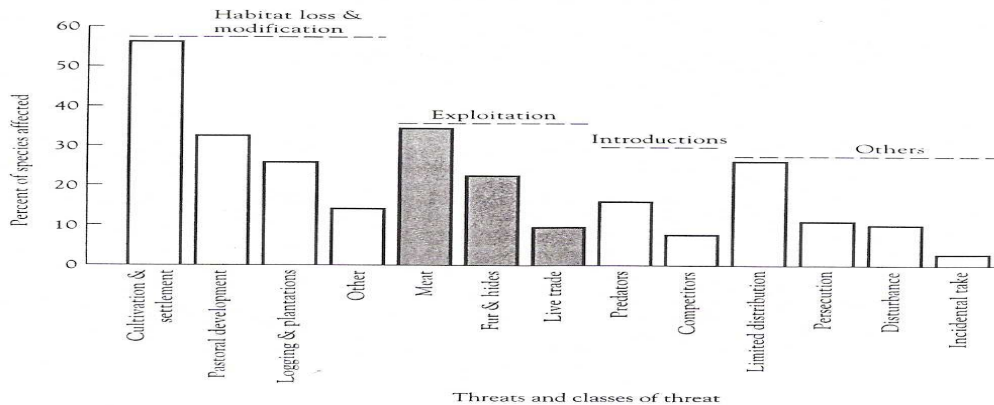


Gambar 2.8. Pertumbuhan manusia yang diperkirakan menyebabkan terjadi kepunahan spesies burung dan mamalia.

Data tersebut diatas menjadi asumsi bahwa ada pengaruh pertumbuhan populasi manusia terhadap spesies yang hilang. Dampak dari jumlah populasi manusia menyebabkan terjadinya peningkatan kebutuhan akan makanan, tempat tinggal dan sandang.

2. Faktor penyebab kepunahan spesies

Ada beberapa faktor yang menyebabkan terjadi kepunahan spesies. Yang sering menjadi fokus penyebab kepunahan spesies adalah berubahnya habitat makhluk hidup yang dapat disebabkan oleh aktivitas manusia seperti konversi lahan atau perubahan faktor lingkungan. Dari hasil pengamatan *World Conservation Monitoring Center* menunjukkan ada beberapa faktor yang mempengaruhi kepunahan spesies (gambar 2.9)

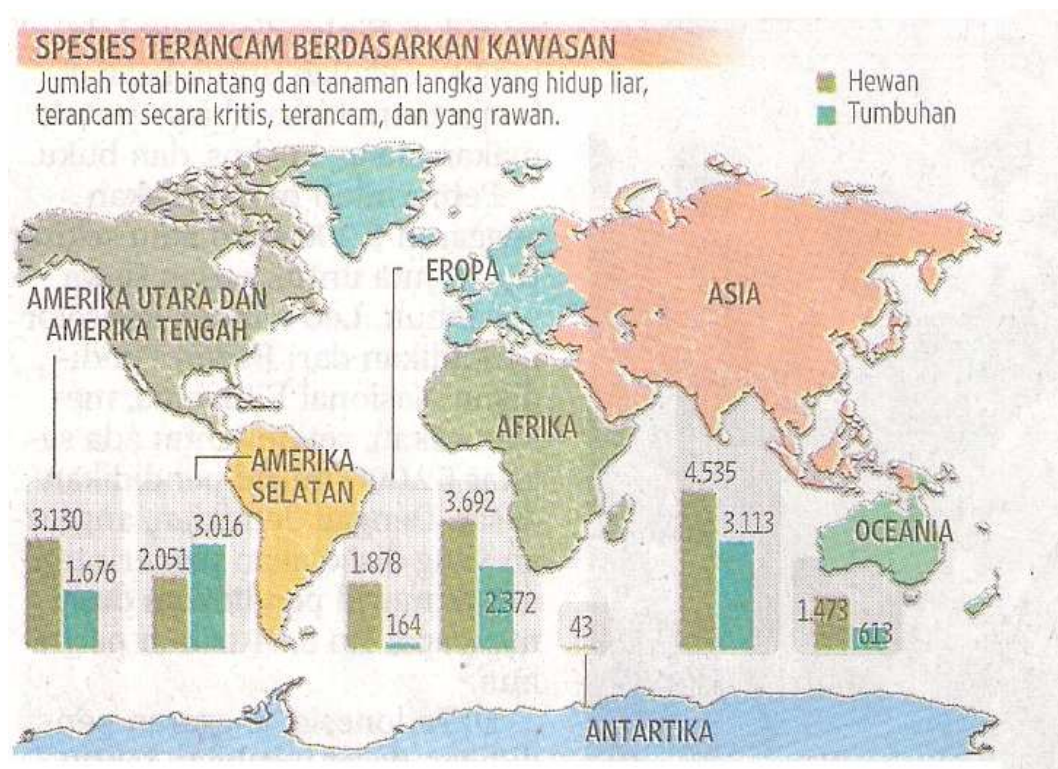


Gambar.2.9. Faktor-faktor penyebab kepunahan spesies

Pada gambar 2.9 dapat dijelaskan bahwa ada 4 (empat) faktor utama yang mempengaruhi kepunahan spesies. Faktor tersebut adalah hilangnya atau berubahnya habitat, eksploitasi, masuknya spesies baru dan lain-lain. Faktor pengaruh berubahnya atau hilangnya habitat akibat dari pengaruh iklim dan alam termasuk kategori lain-lain. Dari gambar diatas dapat disimpulkan bahwa pengaruh iklim terhadap kepunahan spesies antara lebih kecil dari 15%..

Dalam laporan penelitian WWF (*World Wildlife Fund*), *Habitats at Risk : Global Warming and Species Loss in Terrestrial Ecosystems*, ditemukan bahwa dengan beberapa asumsi mengenai pemanasan global di masa depan dan dampaknya terhadap beberapa tipe vegetasi utama, kepunahan spesies akan terjadi di kebanyakan ekoregion signifikan di bumi. Laporan tersebut meneliti dampak perubahan iklim pada ekosistem teresterial yang diidentifikasi WWF sebagai bagian dari Global 200 - tempat-tempat dimana terdapat keanekaragaman hayati bumi yang paling unik dan kaya. Apabila tingkat konsentrasi CO₂ di atmosfer dalam 100 tahun mendatang dikalikan dua dari sekarang maka jumlah yang sesungguhnya lebih kecil dari perkiraan para ahli iklim, dampak-dampak berikut diperkirakan akan terjadi :

1. Lebih dari 80 persen dari ekoregion yang diteliti akan menderita kepunahan tumbuhan dan binatang sebagai akibat pemanasan global.
2. Beberapa dari ekosistem alami yang paling kaya akan kehilangan lebih dari 70 persen dari habitatnya, dimana habitat tersebut adalah tempat hidup dari tumbuhan dan binatang di dalamnya.
3. Banyak habitat yang akan berubah sepuluh kali lebih cepat daripada seharusnya, yang menyebabkan kepunahan spesies yang tidak dapat bermigrasi atau beradaptasi dengan perubahan tersebut.



Gambar .2.10. Sebaran spesies yang terancam punah

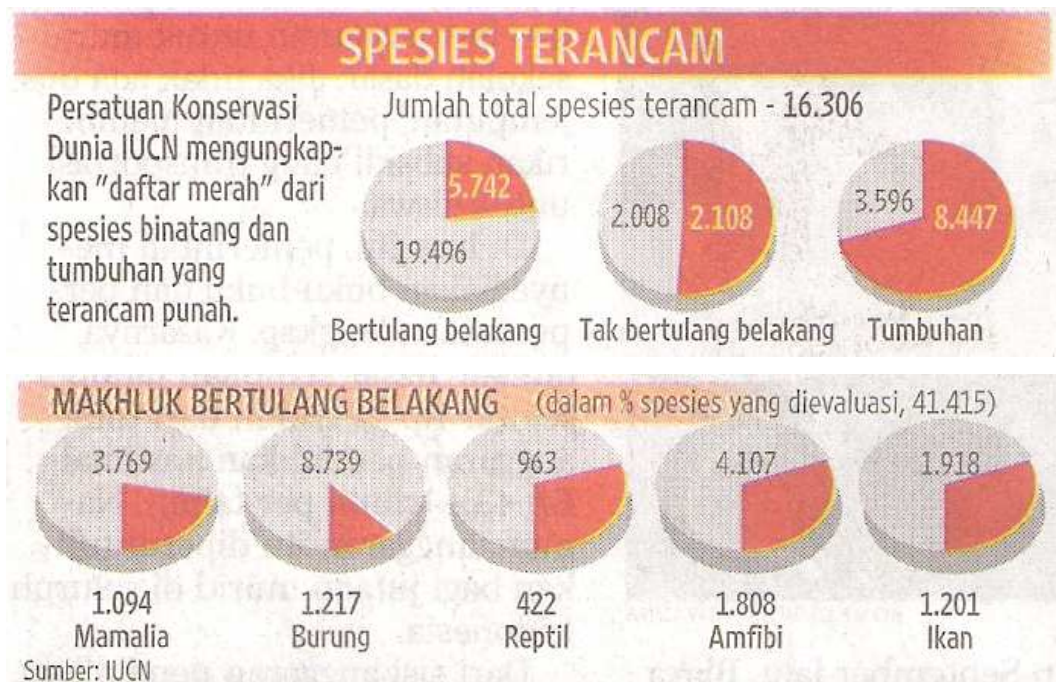
Tabel 2.8. Kondisi Keanekaragaman Hayati beberapa negara di dunia

Negara	Nilai Keanekaragaman	Nilai Endemisme	Nilai Total
Brazil	30	18	48
Indonesia	18	22	40
Kolombia	26	10	36
Australia	5	16	21
Mexico	8	7	15
Madagaskar	2	12	14
Peru	9	3	12
Cina	7	2	9

Filipina	0	6	6
India	4	4	8
Ekuador	5	0	5
Venezuela	3	0	3

Sumber : Mittermeier dkk., 1997 dalam IBSAP, 2003.

Dari hasil riset persatuan konservasi dunia (IUNC) menunjukkan pada tahun 2007 ada 16.306 spesies yang terancam yang terdiri dari hewan bertulang belakang, hewan tak bertulang belakang dan tumbuhan seperti gambar 2.11. Hal tersebut menunjukkan degradasi keanekaragaman hayati terus meningkat sehingga perlu penanganan khusus untuk mengurangi laju penurunan keanekaragaman hayati dunia.



Gambar 2.11. Data hasil survey persatuan konservasi dunia mengenai spesies terancam.

BAB III

PRESFEKTIF TERHADAP KRISIS LINGKUNGAN

Pada awal bab II *The Shadow Our Future Throws* penulis menjelaskan bahwa ancaman yang paling berbahaya terhadap lingkungan global bukan ancaman strategis terhadap lingkungan itu sendiri, akan tetapi persepsi kita tentang krisis lingkungan yang terjadi. *“The most dangerous threat to our global environment may not be strategic threat themselves but rather our preception of them, for most people do not yet accept the fact that crisis is extremely grave.”*

Kebanyakan orang belum dapat menerima fakta krisis lingkungan yang telah terjadi sangat menyedihkan, bahkan beberapa ilmuwan masih memperdebatkan krisis yang terjadi karena belum adanya fakta-fakta aktual yang sangat mendukung. Penemuan fakta-fakta memang sangat diperlukan untuk menentukan strategi yang perlu dilakukan untuk penanggulangan, akan tetapi apakah kita tidak perlu melakukan sesuatu sebelum menemukan fakta tersebut, padahal krisis lingkungan terus terjadi dan kalau kita membiarkannya, bisa menyebabkan kehancuran yang fatal dimasa yang akan datang. *“A choice to “do nothing” in respon to the mounting evidence is actualy a choice to continue and even accelerate the reckles enviroment destruction that is creating the catatrophe at hand”*

Kita harus cepat bertindak sebelum kita kehilangan kesempatan memperbaiki lingkungan dan kehilangan kontrol dalam memperbaiki lingkungan (*The Shadow Our Future Throws*). Demikian komentar penulis (Al-gore) terhadap

pandangan pro-kontra isu lingkungan (pemanasan global) yang terjadi pada saat sekarang.

Presepsi kita tentang krisis lingkungan dipengaruhi beberapa faktor : **Pertama** informasi mengenai fakta krisis yang terjadi. Informasi tentang apa yang terjadi tidak akan pernah lengkap. akan tetapi kita harus cepat membuat keputusan. Permasalahan yang terjadi beberapa ilmuwan berpendapat dengan informasi yang ada sekarang, perubahan lingkungan yang terjadi masih dalam ambang kekuatan bumi untuk mengantisipasinya, mereka mempercayai bumi sangat besar dan sangat kuat dan mengasumsikan bahwa dengan perubahan lingkungan yang terjadi tidak dapat mengubah kesetimbangan bumi. **Kedua** Keterbatasan *spasial prespective*. Ketika kita berada dalam suatu pola maka kita akan sulit melihat pola secara keseluruhan, oleh karena itu kita harus keluar dari pola tersebut agar dapat melihat secara jelas. Penulis menjelaskan keterbatasan ini dengan konsep Galileo tentang bumi itu bulat bukan datar yang banyak ditentang, akan tetapi ternyata pola tersebut benar begitu juga dengan pola yang terjadi sekarang yang masih dianggap belum bisa mengubah kesetimbangan bumi yang terjadi malah sebaliknya sedang terjadi perpindahan kepada kesetimbangan yang baru.

A. Kompleksitas, irreversibilitas dan proses non linier perubahan lingkungan global dalam skala spasial dan

1. Besarnya Cakupan Skala Spasial dan Temporal

Skala Spasial adalah cakupan skala kejadian perubahan lingkungan global yang mencakup wilayah seluruh bumi. Perubahan dimesnsi spasial ini terdiri atas 5 kategori, yaitu skala mikro (10^{-2} s/d 10^2 m), skala lokal (10^2 s/d 5×10^4 m), skala meso (10^4 s/d 5×10^5 m), skala makro (10^5 s/d 10^8 m), dan skala global ($>10^8$ m). Contoh dari skala spasial: cakupan lokal adalah pencemaran udara di jalan raya kawasan padat lalu lintas, cakupan global adalah perubahan Monsoon di Asia.

Skala Temporal adalah skala perubahan lingkungan global berdasarkan skala waktu. Cakupan skala ini terdiri atas 5 kategori, yaitu skala mikro (detik s/d jam), skala lokal (jam s/d hari), skala meso (minggu s/d bulan), skala makro (bulan s/d

tahun), dan skala global (> 10 tahun). Perubahan iklim merupakan salah satu contoh dari cakupan temporal global.

2. Kompleksiti dari Pemanasan Global.

Pemanasan global telah menjadi isu internasional yang hangat mengingat pemanasan global mempunyai dampak yang sangat besar dan sangat kompleks apabila benar terjadi. Dampak tersebut adalah perubahan iklim sedunia yang terjadinya belum dapat diprediksi secara rinci, namun diperkirakan hujan secara global akan bertambah, namun di daerah lain hujannya berkurang. Hal ini akan mengacaukan system pertanian yang ada dan akan diperlukan biaya yang sangat besar untuk melakukan penyesuaian. Frekuensi dan intensitas badai dan topan akan meningkat. Perubahan iklim juga akan menyebabkan kepunahan dari keanekaragaman hayati.

Kenaikan permukaan air laut akan mengakibatkan terendamnya daerah pantai yang rendah. Hal ini akan menimbulkan kesulitan yang besar bagi Negara-negara yang terdiri atas pulau yang kecil-kecil, seperti Maladewa (Maldives), Fiji, dan kepulauan Marshall, Negara dengan daerah delta sungai yang luas seperti Mesir dan Bangladesh, serta Negara yang mempunyai daerah rawa pantai yang luas seperti beberapa daerah di Indonesia terancam terenda. Kenaikan permukaan air laut juga akan meningkatkan kerugian yang disebabkan oleh gelombang badai, menambah masalah intrusi air laut, dan bertambahnya erosi pantai. Bertambahnya erosi pantai akan membahayakan perkembangan pariwisata yang sedang digalakkan oleh suatu Negara.

Melihat kenyataan tersebut di atas, maka pemanasan global adalah merupakan fenomena yang sangat kompleks dan ini merupakan tantangan bagi kita bersama terutama bagi para analis, perencana dan pengambil keputusan. Sebagai gambaran, ketika berhadapan dengan persoalan pemanasan global, perhatian harus diberikan pada isu-isu tentang penggunaan energi, produksi makanan, praktek-praktek penebangan hutan, dan kebijakan transportasi. Oleh karena itu, persoalan kompleksitas mengharuskan kita untuk mempersiapkan diri menghadapi setiap perubahan yang tak terduga serta memiliki kemampuan untuk menghadapi ketidakjelasan yang menjadi penyebabnya.

Kompleksitas dari perubahan lingkungan global disebabkan oleh:

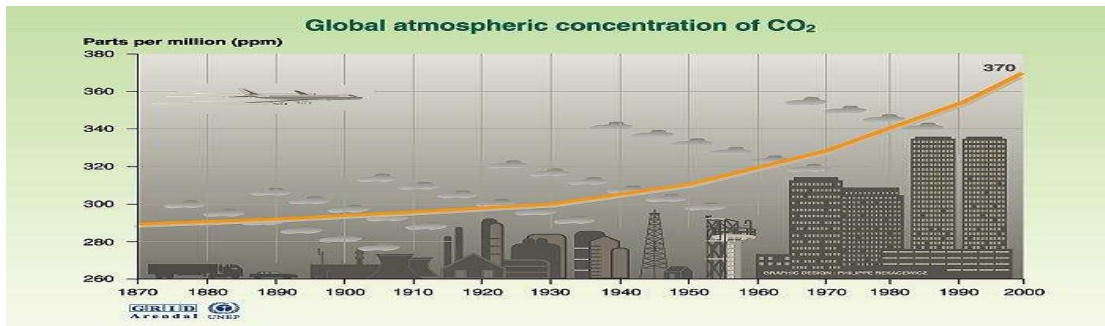
1. Keterlibatan berbagai macam sistem dengan cakupan yang luas. Melibatkan semua komponen dari sistem iklim, yaitu atmosfer, lautan, cryosfir (daratan es, glacier dan lautan es), permukaan daratan.
2. Keterlibatan manusia dari berbagai latarbelakang kepentingan sehingga sulit untuk menentukan siapa yang terkena dampak, siapa yang bertanggungjawab dan siapa yang mendapat keuntungan akibat perubahan global.
3. Linkage (keterkaitan) antara *forcing* dan *disporcing* (misalnya emisi dan konsentrasi gas rumah kaca) yang umumnya terjadi pada skala waktu yang panjang (puluhan – hingga ratusan tahun).

3. *Irreversibiliti* Pemanasan Global

Irreversibel adalah proses perubahan lingkungan secara perlahan atau akumulatif sehingga pada waktu tertentu dapat menimbulkan dampak yang sangat besar namun untuk memulihkan dampak tersebut membutuhkan waktu yang lama. Salah satu contoh irreversibility adalah model *Dynamic Integrated Climate Economic* (DICE) yang dikembangkan oleh Nordhais (1994). Model ini menjelaskan tentang proses akumulasi gas CO₂ dalam satu periode (satu dekade dalam DICE) adalah sama dengan beberapa pecahan emisi pada periode sebelumnya + beberapa pecahan lain (1 dikurangi laju penguraian selama puluhan tahun/dekade) dari stock periode sebelumnya. Proses ini berlangsung sepanjang waktu tanpa perubahan yang menunjukkan bahwa konsentrasi CO₂ di atmosfer akan kembali ke level sekarang sekitar 30.000 tahun dan ke level pra industri dalam waktu 1000 tahun. Kesulitannya adalah bahwa setelah pencampuran dalam waktu yang relatif cepat, selama beberapa dekade antara atmosfer dengan permukaan laut penghilangan CO₂ dari atmosfer tergantung dari pencampuran air permukaan laut dengan laut dalam dengan suatu proses yang lebih lambat (Joose, Muller, Fuursderger dan Stephan, 1999). Berdasarkan perhitungan, setelah 1000 tahun, konsentrasi CO₂ akan tetap dua kali lebih besar dari level saat ini dan hampir 3 kali lebih besar dari level pra industri dan akan tetap meningkat selama beberapa ribu tahun (Schultz dan Kasting, 1997).

Pemantauan kadar CO₂ di dalam atmosfer secara langsung di Gunung Mauna Loa di Hawaii, dimana tempat ini dipilih karena tidak adanya tumbuhan sehingga

hasil yang diperoleh tidak terpengaruh oleh aktivitas fotosintesis tumbuhan setempat. Berdasarkan hasil pemantauan menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan kadar CO₂ di atmosfer yang cukup besar, sebagaimana terlihat pada gambar berikut.



Sources: TP Whorf, Scripps, Mauna Loa Observatory, Hawaii, Institution of Oceanography (BIO), University of California La Jolla, California, United States, 1999

Gambar 3.1. Konsentrasi Gas CO₂ di Atmosfir Gunung Mauna Loa di Hawaii
Pada gambar di atas menunjukkan kecenderungan CO₂ yang terus naik

dan pada tahun 1990 telah mencapai kurang lebih 370 ppm. Sumbangan utama terhadap jumlah karbon dioksida di atmosfer berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, yaitu minyak bumi, batu bara dan gas bumi.

Pembakaran bahan-bahan tersebut menambahkan 18,35 miliar ton karbon dioksida ke atmosfer tiap tahun, (18,35 miliar ton karbon dioksida = $18,35 \times 10^{12}$ atau 18.350.000.000.000 kg karbon dioksida!). Selain gas karbon dioksida, gas-gas rumah kaca lainnya, juga menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan komposisinya dari tahun ke tahun, walaupun tetap dilakukan usaha-usaha penurunan emisi gas-gas rumah kaca di atmosfer. Ini menunjukkan bahwa efek rumah kaca sebagai akibat dari meningkatnya gas-gas rumah kaca di atmosfer menimbulkan dampak yang irreversible (tidak dapat balik) terhadap pemanasan global di permukaan bumi, atau dengan kata lain terjadi peningkatan pemanasan global dari tahun ke tahun.

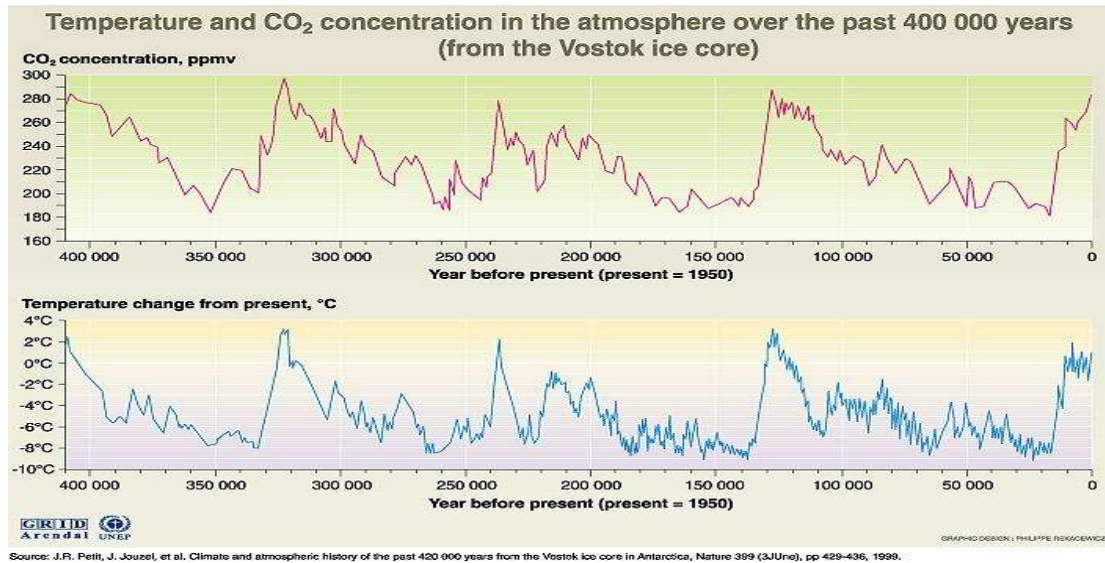
Dengan kenaikan kadar gas-gas rumah kaca akan meningkatkan efek rumah kaca yaitu suhu permukaan bumi akan naik dan menjadi lebih tinggi daripada yang kita alami sekarang. Hal ini sebenarnya telah dikemukakan oleh Arrhenius pada tahun 1896. Namun Arrhenius melihatnya dari segi positif, yaitu kenaikan suhu ini akan menyebabkan bumi terhindar dari terjadinya zaman es lagi dikemudian hari, tetapi pada kenyataannya suhu bumi yang terus meningkat, menyebabkan terjadinya pencairan es di daerah kutub sehingga permukaan air lain menjadi naik.

4. Proses Non-Linier Pemanasan Global.

Proses non linier pada peristiwa pemanasan global dapat diartikan sebagai suatu proses naik turunnya pemanasan global di permukaan bumi yang berlangsung secara terus menerus. Besarnya peningkatan maupun penurunan nilai pemanasan global ini sangat dipengaruhi oleh komposisi dari gas-gas rumah kaca di atmosfer baik faktor alami maupun karena faktor dikendalikan oleh manusia.

Penelitian tentang kadar CO_2 dan suhu selama periode 160.000 tahun menunjukkan korelasi yang sangat erat antara keduanya. Penelitian didasarkan pada analisis udara yang terperangkap dalam gelembung udara die s abadi di Antartika. Dalam penelitian ini, es di Antartika dibor sampai sedalam lebih dari 2 km. Makin dalam letak es, makin tua umurnya. Udara yang terperangkap dalam kolom es yang dibor tersebut kemudian dianalisis kadar CO_2 yang kemudian dijadikan acuan untuk menghitung suhu permukaan bumi pada waktu es pada kedalaman tertentu terbentuk.

Dari hasil analisis tersebut dapat diketahui bahwa pada 160.000 tahun yang lalu, bumi mengalami zaman es, kemudian pada 150.000 tahun yang lalu suhu mulai naik dan berhentilah zaman es. Pada 130.000 tahun yang lalu suhu turun lagi menuju kearah zaman es baru. Zaman es ini berakhir pada kira-kira 18.000 tahun yang lalu pada waktu suhu naik lagi sampai pada zaman antar-es yang kini sedang kita alami. Bersamaan dengan naik turunnya suhu itu, nampak pula naik turunnya kadar CO_2 dalam udara.



Gambar 3.2. Korelasi antara gas CO₂ dan Suhu Selama Periode 400.000 Tahun

Penelitian serupa pada es abadi di Arktik menunjukkan pula adanya korelasi antara kadar metan dalam udara dengan suhu. Sebagian pakar berpendapat bahwa kenaikan kadar CO₂ dan metan akan menyebabkan kenaikan suhu, tetapi pakar lain berpendapat bahwa korelasi yang sangat erat ini belum merupakan bukti bahwa kenaikan suhu disebabkan oleh naiknya kadar CO₂ dan metan tetapi sebaliknya dapat terjadi yaitu akibat kenaikan suhu. Hal ini dapat terjadi karena suhu bumi berfluktuasi menurut daur Milankovich, yaitu daur orbit bumi sekeliling matahari. Daur ini mempunyai hubungan dengan periodisitas zaman es. Menurut daur ini bahwa ketika suhu bumi naik, maka kegiatan makhluk hidup juga meningkat antara lain laju dekomposisi bahan organik meningkat. Dengan kenaikan dekomposisi ini, maka kadar CO₂ dan metan dalam udara akan meningkat pula.

Beberapa pakar beranggapan bahwa di dalam alam terdapat umpan balik yang bekerja melawan kenaikan suhu itu. Salah satu mekanisme umpan balik negative adalah kenaikan suhu akan menyebabkan naiknya laju penguapan air, sehingga terbentuk lebih banyak awan. Dengan banyak adanya awan yang terbentuk, maka banyak pula sinar matahari yang dipantulkan ke angkasa. Dengan demikian akan lebih sedikit sinar matahari yang sampai ke bumi dan suhu bumi pun akan turun lagi.

5. Ketidakpastian

Semua aktivitas atau tindakan/perlakuan dapat menyebabkan perubahan pada lingkungan akan memberikan konsekuensi merugikan (resiko) maupun menguntungkan (manfaat) bagi manusia dan lingkungannya. Faktor resiko dan manfaat akibat tindakan merupakan unsur ketidakpastian. Faktor ini disebabkan karena keterbatasan kemampuan manusia dalam memprediksi apa yang akan terjadi dimasa depan.

Menurut Soemarwoto (1992), keterbatasan ini disebabkan oleh:

1. Kesalahan metodologi prakiraan, pengambilan contoh, pengukuran data serta pengolahan dan penyajian data.
2. Keterbatasan pengetahuan tentang sifat dan perilaku sistem yang diprakirakan, misalnya fluktuasi alamiah dan tanggapan sistem terhadap perubahan global misalnya terhadap iklim.
3. Kejadian yang tidak dapat diprakirakan, misalnya perilaku manusia pada saat mengoperasikan suatu instrumen atau membuat suatu penilaian.
4. Sikap dan penilaian masyarakat terhadap komponen lingkungan selalu berubah sehingga tidak dapat diprakirakan.

Model analisis yang umum digunakan untuk mengkaji resiko dan manfaat perubahan lingkungan adalah analisis biaya-manfaat (benefit - cost analysis).

Benefit diukur dalam bentuk keuntungan finansial, kesempatan kerja dan lainnya yang bisa terukur. Sedangkan cost diukur dalam bentuk berapa besar biaya proyek, berapa banyak kesempatan kerja yang hilang, dan biaya akibat eksternalitas. Biaya eksternal akibat perubahan lingkungan sulit diidentifikasi dan dikuantifikasi, misalnya kerusakan lingkungan, efek kesehatan, konflik sosial dan hilangnya kesempatan rekreasi. Resiko lingkungan bersifat tidak pasti, berbeda dengan biaya yang bersifat pasti. Begitu juga halnya manfaat dan analisis lingkungan berbeda dengan keuntungan yang bersifat pasti. Pada analisis biaya manfaat, resiko yang dipertimbangkan terbatas pada resiko investasi, terutama penyesuaian terhadap tingkat bunga dan aliran kas untuk menghitung net present value (Husnan dan Suwarsono, 1994).

5.1. Ketidakpastian Ilmiah

Ketidakpastian ini disebabkan oleh:

- a. Proses-proses biologi dan geokimia siklus gas rumah kaca dalam sistem bumi belum sepenuhnya dipahami.
- b. Bentuk kuantitatif yang akurat antara emisi dan gas rumah kaca diatmosfir belum tersedia karena transformasi kimia diatmosfir sangat kompleks dan menyangkut beragam skala baik spasial maupun temporal.
- c. Sulit membedakan emisi antropogenik dan natural.
- d. Konsentrasi gas rumah kaca menimbulkan dampak geofisik yang dipengaruhi oleh suhu, curah hujan dan tinggi tempat dari muka laut. Prediksi dampak-dampak tersebut secara akurat belum dapat dilakukan.
- e. Model-model iklim yang ada saat ini secara memadai belum memasukkan peran awan, permukaan es, vegetasi dan lautan sebagai faktor penting.
- f. Faktor-faktor variabel energi matahari, siklus hidrologi dan perubahan ekosistem juga mempengaruhi pemanasan gas rumah kaca pada hal faktor-faktor tersebut juga memiliki aspek ketidakpastian.
- g. Dampak geofisik dapat menimbulkan dampak lanjutan pada bidang ekonomi dan sosial, misalnya terganggunya produksi makanan, namun hal tersebut tidak mudah ditentukan secara teliti.

5.2. Ketidakpastian Sosial Ekonomi.

Ketidakpastian ini disebabkan oleh:

- a. Sulitnya menilai dampak-dampak tertentu dalam satuan ekonomi.
- b. Aktivitas perilaku dan kebijakan yang akan datang sulit diprediksi saat ini.
- c. Sulit menilai dampak kesehatan, khususnya nyawa manusia apalagi dikaitkan dengan ekuiti dan logika.

6. Keterbatasan Metodologi

6.1. Diagnostik

Metode pendekatan untuk menanggulangi dan mengurangi efek dari perubahan global berdasarkan pada pengenalan (identifikasi) terhadap faktor yang menjadi permasalahan disebut pendekatan diagnostik. Contoh pendekatan ini misalnya, dalam menentukan wilayah laut yang dilindungi (*marine protected area*) untuk mengurangi efek pemanasan global pada komunitas karang dilakukan melalui pengamatan faktor-faktor eksternal (seperti perubahan suhu air, radiasi UV, DO dan arus) dan faktor internal (seperti keragaman genetik simbiosis alga

dan komunitas mikroba yang berasosiasi dengan karang) yang menyebabkan berbagai jenis karang tidak dapat bertahan pada lingkungan yang mengalami tekanan (Kellogg, et al 2006). Pendekatan diagnostik ini memiliki kelemahan karena keterbatasan observasi (waktu dan ruang) sehingga hasil yang diperoleh tidak representatif untuk jangka panjang.

6.2. Prognostik

Pendekatan prognostik adalah pendugaan atau prediksi indikasi yang akan terjadi di masa depan berdasarkan data-data historis dari rangkaian variabel yang dianggap berpengaruh. Misalnya bagaimana mengestimasi perubahan iklim dimasa yang akan datang. Berdasarkan pendekatan prognostik dapat dilakukan dengan beberapa langkah, antara lain:

1. Emisi gas apa yang dihasilkan oleh kegiatan yang mempengaruhi perubahan iklim. Proyeksi ini diasumsikan dari beberapa model yang memperhitungkan pertumbuhan populasi, penggunaan energi, pertumbuhan ekonomi dan perkembangan teknologi.
2. Setelah memperoleh proyeksi tentang gas yang diemisikan, kemudian ditentukan seberapa banyak yang akan menetap di atmosfer. Untuk emisi CO₂ digunakan model siklus karbon yang menstimulasi pemindahan karbon antara yang dipancarkan (sumber) dan yang tertanam di atmosfer, lautan dan daratan (vegetasi). Untuk gas-gas seperti metan digunakan model yang mensimulasi reaksi kimia di atmosfer.

Selanjutnya dihitung efek pemanasan dari peningkatan konsentrasi gas-gas rumah kaca yang dinamakan climate forcing. Hal ini dilakukan dalam model iklim yang menghasilkan pola spasial tentang perubahan suhu, curah hujan dan tinggi permukaan laut.

Prediksi perubahan iklim ini kemudian diikuti oleh dampak dari perubahan iklim pada sektor sosial ekonomi seperti sumberdaya air, suplai makanan dan banjir yang dikalkulasikan oleh kelompok peneliti lain. Model prediksi ini dapat digunakan oleh masyarakat yang terkena dampak. Hasil prediksi model prognostik belum tentu terjadi pada waktu yang ditentukan oleh model karena kondisi saat ini belum tentu sama dengan kondisi generasi ratusan tahun yang akan datang.

B. Teori Chaos (kekacauan)

Teori chaos atau teori kekacauan dikenal juga dengan nama efek kupu-kupu. Efek ini ditemukan oleh Edward Lorenz yang merancang sebuah model kondisi-kondisi cuaca yang sangat sederhana yang terdiri dari tiga pasang persamaan non linier. Ia menemukan bahwa solusi-solusi bagi persamaannya sangat sensitif terhadap kondisi semula. Dari titik tolak yang pada dasarnya sama, dua lintasan peluru yang dikembangkan dalam cara-cara yang benar-benar berbeda, yang artinya memustahilkan prediksi jangka panjang apapun.

Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa ada faktor initial yang sangat sensitive yang dapat mempengaruhi dampak yang besar. Kadang-kadang faktor inisial ini dianggap tidak signifikan, akan tetapi perubahan kecil yang terjadi pada variable ini dapat menyebabkan perbedaan yang sangat signifikan pada keluarannya atau dampaknya, hal tersebut diilustrasikan oleh efek gerakan sayap kupu-kupu pada saat terbang di Indonesia mungkin saja dapat memberikan dampak terjadinya topan di Cina (Capra, 2001).

C. Fenomena saling ketergantungan

Fenomena ini sering digambarkan oleh para ilmuwan sebagai lingkaran umpan-balik positif, yang membesar daya dari perubahan yang terjadi. Dalam kenyataannya, hampir disemua tempat diseluruh sistem ekologis, mekanisme alami cenderung mempercepat laju perubahan begitu ia mulai bergerak. Inilah salah satu sebab mengapa serangan kita terhadap lingkungan hidup semakin ganas. Karena kita mengganggu operasi sistem-sistem yang rumit, aturan-aturan sebab dan akibat linier yang relatif sederhana tidak dapat menjelaskan, apalagi meramal, akibat-akibat dari gangguan itu.

Lingkaran umpan balik positif biasanya terjadi pula dialam dan harus mempertimbangkan ketika kita mencoba menghitung kerugian yang dapat timbul dari pola hubungan kita terhadap lingkungan global. Beberapa umpan balik ini cukup rumit, yang lain relatif sederhana. Contoh penggunaan pestisida secara berlebihan menimbulkan bahaya yang mirip, sekali lagi karena lingkaran umpan

balik. Pestisida sering menisakan hama yang paling kuat ketika yang lebih rentan mulai hilang.

Faktor manusia dalam semua lingkaran umpan-balik inilah yang peting dalam menyelamatkan lingkungan hidup global. Kita memerlukan lingkran umpan balik positif yang dapat mengualngi dirinya dalam cara yang baik dan mempercepat laju perubahan-perubahan positif yang amat diperlukan. Hal ini hanya dapat terjadi bila kita mengambil prsepektif baru berjangka panjang dan menerima tanggung jawab untuk langsung menghadapi masalahnya.

BAB IV

PERGESERAN PERADABAN DAN INTERAKSI

MANUSIA DENGAN ALAM

Peradaban merupakan buah pikiran dari manusia yang mempunyai akal dan budi. Peradaban sifatnya tidak statis akan tetapi bersifat dinamis berubah tergantung apa yang dipikirkan oleh manusia. Ketika terjadi ledakan ilmu pengetahuan, banyak fakta-fakta yang ditemukan, arus informasi begitu banyak diterima kepala manusia, hal tersebut akan mengubah pandangan dan peradaban manusia.

Dari sejarah dapat dikelompokkan hubungan peradaban dan dengan interaksi yang dilakukan oleh manusia dengan alam menjadi 3 periode yaitu: periode mistisme, rasionalisme dan fungsionalisme.

A. Periode mistisme

Pada periode belum perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi sangat lambat atau ilmu pengetahuan dan teknologi belum banyak diketahui manusia. Oleh karena itu manusia belum mempunyai kemampuan untuk melakukan rekayasa terhadap alam. Manusia hidup dengan mempelajari alam (fenomologis). Manusia mempelajari alam agar dapat bertahan hidup, manusia menyelaraskan

hidupnya dengan alam. Manusia mempunyai anggapan bahwa bumi merupakan sistem hidup yang dapat melakukan *self regulation*.

Ritual yang bersifat mistis selalu dilakukan apabila akan mengambil atau memanfaatkan sumber daya alam, dengan tujuan meminta restu. Banyak kearifan lokal yang ada dalam kegiatan ritual, seperti menggunakan sumber daya alam secukupnya tidak berlebih-lebihan, memperhatikan kemampuan regenerasi dari alam dan lain-lain. Pada periode ini manusia menempatkan dirinya sebagai bagian dari alam dan manusia mengikuti hukum alam (*biocentrism*).

B. Periode Rasionalisme

Pada periode ini ilmu pengetahuan berkembang dengan sangat cepat. Manusia mempunyai kemampuan melakukan rekayasa terhadap alam. Dilain sisi jumlah populasi manusia semakin bertambah sehingga kebutuhan akan sumber daya alam semakin tinggi.

Pada periode ini manusia memperlakukan sumber daya alam dan lingkungan bagaikan materi atau modal. Manusia dengan ilmu pengetahuan dan teknologinya melakukan rekayasa dan eksploitasi terhadap sumber daya alam dan lingkungan. Bumi bagaikan sebuah mesin sumber daya yang terus dieksploitasi untuk memenuhi kebutuhan manusia.

Eksistensi manusia telah bergeser dari bagian sistem bumi menjadi keluar dari sistem dan berkedudukan sebagai subjek dan objek. Tidak ada pertukaran informasi antara manusia dan lingkungan hidup. Sehingga apa yang terjadi pada periode ini adalah saling mendominasi antara manusia dengan lingkungan. Ketika manusia mempunyai ilmu pengetahuan dan teknologi manusia mempunyai kemampuan untuk melakukan eksploitasi dan rekayasa, maka terjadi leaching sumber daya manusia, akan tetapi disatu sisi ketika tekanan pada lingkungan sudah maksimal yang terjadi adalah bencana yang juga dapat merugikan manusia. Pada periode ini paradigm yang berkembang lebih cenderung bagaimana memanfaatkan sumber daya alam dan lingkungan untuk kemakmuran rakyat (*antrophocentrism*).

C. Periode fungsional

Pada periode ini manusia mulai menyadari adanya hukum sebab akibat dari sebuah hubungan atau interaksi antara manusia dengan lingkungan hidup. Masing-masing mempunyai peranan dalam kehidupan dan saling bergantung satu sama lain, sehingga apabila terjadi ketidak seimbangan dalam interaksi antara manusia dan alam maka akan memberikan dampak negatif bagi manusia itu sendiri.

Oleh karena sudah difahami adanya interaksi yang merupakan suatu hubungan timbal balik maka, informasi yang terjadi dalam dua arah. Manusia mulai mengamati perubahan yang terjadi, ada komunikasi antara manusia dengan alam. Dari segi pendekatan interaksi manusia dengan alam melakukan pendekatan integratif dan kompleksitas. Yang dimaksud dengan kompleksitas adalah, bahwa alam dipandang merupakan suatu sistem yang sangat kompleks mempunyai sifat apoteosis (*self regulation*) dan alam merupakan jarring-jaring kehidupan yang sangat rumit yang saling terkait satu dengan yang lain.

D. Teori Gaia

Tahun 1969 Lovelock menyajikan hipotesisnya mengenai bumi sebagai sebuah sistem yang mengendalikan diri sendiri untuk pertama kalinya dalam pertemuan ilmiah di Princeton. Pada pertemuan tersebut Lovelock menjelaskan bagaimana bumi dapat mengendalikan temperatur dan komposisi atmosfernya kecuali bahwa ia mengetahui bahwa proses pengendalian diri mestinya melibatkan organisme yang berada pada biosfer. Keikutsertaan organisme dalam *self regulation* temperatur dan komposisi atmosfer disempurnakan oleh Lynn Margulis, biolog Amerika. Dari hasil kolaborasi ini mampu mengidentifikasi jaringan putaran-putaran umpan balik yang menghasilkan pengaturan diri sistem planet. Ciri khas utama putaran-putaran umpan balik ini adalah mereka menghubungkan sistem-sistem hidup dengan sistem tak hidup secara bersama-sama. Teori Gaia memperlihatkan adanya saling ketergantungan yang sangat erat antara bagian-bagian yang hidup seperti tumbuhan, mikroorganisme, hewan-hewan dengan bagian-bagian yang hidup bebatauan, lautan, atmosfer dll.

Teori Gaia melihat kehidupan dalam prespektif sistem, mempertemukan geologi, mikrobiologi dalam suatu pandangan system disiplin lainnya yang

biasanya dulu tidak berkomunikasi satu sama lainnya. Lovelock dan Margulis menentang pandangan konvensional bahwa disiplin-disiplin terpisah bahwa tumbuhan dan hewan hanyalah penumpang yang kebetulan menumpai kondisi yang cocok bagi evolusinya. Menurut Teori Gaia, Kehidupan menciptakan kondisi-kondisi untuk keberadaannya sendiri. Dalam kata-katanya Lynn Margulis: Menyatakan bahwa hipotesis Gaia itu mengatakan bahwa permukaan bumi, yang senantiasa kita anggap merupakan lingkungan kehidupan, memang betul-betul merupakan kehidupan. Lapisan udara-troposfer-harus dianggap sebagai suatu sistem siklus yang dihasilkan dan dipertahankan oleh kehidupan. Ketika para ilmuwan mengatakan pada kita bahwa kehidupan beradaptasi kepada suatu lingkungan kimia, fisika dan bebatuan yang pada dasarnya pasif, mereka menggunakan pandangan yang sangat terdistorsi. Kehidupan-benar-benar membuat dan membentuk serta mengubah lingkungan yang diadaptasinya. Kemudian umpan-umpan balik lingkungan tersebut pada kehidupan ialah mengubah dan bertindak, serta tumbuh didalamnya. Adanya interaksi-interaksi siklis yang konstan.

BAB V

PARADIGMA BARU INTERAKSI MANUSIA DENGAN ALAM

Permasalahan lingkungan yang terjadi pada saat sekarang merupakan ancaman yang sangat membahayakan biosfer dan kehidupan manusia dalam bentuk yang sangat mengejutkan yang dalam waktu dekat akan segera menjadi yang tidak dapat dikembalikan (*irreversible*). Bila kita cermati permasalahan lingkungan yang terjadi bila diamati lebih dalam lagi kita akan menyadari bahwa permasalahan tersebut akan sulit dipisahkan satu dengan yang lain. Permasalahan tersebut merupakan permasalahan sistemik.

Untuk mengatasi permasalahan yang terjadi perlu ada paradigma baru yang merupakan pandangan holistik, memandang dunia sebagai suatu keseluruhan yang terpadu ketimbang suatu kumpulan bagian-bagian yang terpisah-pisah. Pandangan tersebut dikenal dengan paradigma ekologis. Istilah ekologis juga dipakai dalam arti luas dan lebih dalam dari biasanya. Kesadaran ekologis yang mendalam mengakui saling ketergantungan fundamental semua fenomena dan fakta bahwa, sebagaimana individu dan masyarakat, kita sekalian terlekat dalam (dan bergantung secara mutlak pada) proses siklus alam.

Kedua istilah holistik dan ekologis agak berbeda dalam arti, dan tampaknya holistik merupakan istilah yang kurang tepat untuk melukiskan

paradigm baru. Sebuah pandangan holistic, kataknalah, tentang sebuah sepeda, berarti melihat sepeda sebagai suatu keseluruhan fungsional dan karenanya mengerti saling ketergantungan bagian-bagiannya. Sebuah pandangan ekologis mengenai sepeda mencakup pandangan holistic, tetapi menambahkan persepsi tentang bagaimana sepeda tersebut terlekat dalam lingkungan alamiah dan social. Perbedaan antara holistic dengan ekologis, bahkan kian penting ketika kita berbicara tentang system-sistem hidup, yang baginya hubungan dengan lingkungan sangat penting.

Ada dua aliran paradigm ekologis yaitu paradigm ekologis dangkal dan ekologis dalam. Paradigma ekologis dangkal bersifat anthropocentris atau berpusat pada manusia sedangkan ekologi dalam tidak memisahkan manusia atau apapun dari lingkungan almaiahnya. Dunia bukan merupakankumpulan objek-objek yang terpisah tetapi sebagai suatu jaringan fenomena yang saling berhubungan dan saling tergantung satu sama lain secara fundamental. Ekologi dalam mengakui nilai intrinsik semua makhluk hidup dan memandang manusia tak lebih dari satu untaian dalam jaringan kehidupan.

Pada akhirnya kesadaran ekologis yang mendalam adalah kesadaran spiritual atau religious. Ketika konsep tentang jiwa manusia dimengerti sebagai pola kesadaran dimana individu merasakan suatu rasa memiliki, dari rasa berhubungan, kepada kosmos sebagai suatu keseluruhan, maka jelas bahwa kesadaran ekologis bersifat spiritual dalam esensinya yang terdalam. Oleh karena itu tidaklah mengherankan bahwa munculnya pandangan baru realitas yang didasarkan pada kesadaran ekologis yang mendalam dan konsisten dengan apa yang disebut filsafat parennial (filsafat abadi) yang berasal dari tradisi-tradisi spiritual.

BAB VI

PENUTUP

Krisis lingkungan yang terjadi merupakan buah dari implementasi pikiran kita memandang dan berinteraksi dengan lingkungan yang terlalu berpusat pada manusia sebagai arsitektur (*Antrophocentris*). Hal tersebut menyebabkan timbulnya gangguan-gangguan terhadap kesetimbangan lingkungan karena selalu melihat lingkungan hidup merupakan kumpulan objek-objek yang tidak berkaitan atau bisa disederhanakan.

Untuk memperbaiki krisis lingkungan yang telah terjadi diperlukan suatu paradigma baru yang menempatkan manusia merupakan bagian dari jaring kehidupan pada sistem bumi, sehingga aktivitas manusia yang akan dilaksanakan haruslah mempertimbangkan dampak terhadap lingkungan . Kearifan dalam bertindak apabila moral dan spriritual manusia mendukung pandangan atau paradigma interaksi antara manusia dan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Gore. *Earth in The Balance: Ecology and Human Spirit*. Rodale Inc. 1992.
- Anonim. *Chaos Theory: A Brief Introduction*. <http://www.imho.Com /grae /chaos/chaos.html>.
- Anonim. *Undang-Undang No 23 tahun 1997. Tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup*.
- Brunsvick. Y dan Danzin,A. *Lahirnya sebuah peradaban “ Goncangan globalisasi”*. Kanisius. Yogyakarta.2005
- Capra,F. *Jaring-jaring kehidupan: Visi Baru Epistemologi dan Kehidupan*. Fajar Pustaka Baru. Yogyakarta. 2001
- Capra,F. *Titik Balik Peradaban: Sains, Masyarakat dan kebangkitan kebudayaan*. Jejak. Yogyakarta. 2007.
- Clive Wilkinson, *Status of Coral Reefs of The World: 2004* [PDF format], World Wild Fund, p.7.
- Foley G.. *Pemanasan global*, Jakarta: Yayasan Obor Indonesia1993.
- Haught.J.F. *Perjumpaan Sains dan Agama: Dari konflik ke Dialog*. Mizan Media Utama. Bandung. 2001.

- Husnan, S dan Suwarsono.. *Studi Kelayakan Proyek*. Edisi Ketiga. UPP AMP YKN. Yogyakarta. 1994
- Houghton, J.T. 1984 *The Global Climate*. Cambridge University Press
- Laura Carlsen, *Indigenous Communities in Latin America: Fighting for Control of Natural Resources in a Globalized Age*, Americas Program, (Silver City, NM: Interhemispheric Resource Center), July 26, 2002.
- Jaan Suurkula, *World-Wide Cooperation requires to prevent global crisis; Part-one the problem, physicians and scientist for responsible Application of Science and Technology*, February 6, 2004.
- John Madeley, *Big Business Poor Peoples; The Impact of Transnational Corporations on the World's Poor*, (Zed Books, 1999) p.76.
- Nasr.S.H. *Man and Nature: The Spiritual Crisis in Modern Man*. ABC International Group Inc. Chicago. 1997.
- Purwadianto,A,dkk.,. *Jalan Paradoks: Visi Baru Fritjop Chapra Tentang Kearifan dan Kehidupan Modern*. Teraju Mizan. Bandung. 2004.
- Soemarwoto. 1992. *Indonesia dalam Kancah Isu Lingkungan Global*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Vandana Shiva, *Stolen Harvest*, (South End Press, 2000), p.1
- Vandana Shiva, *Stolen Harvest*, (South End Press, 2000), pp. 70-71, 104-105.
- Wardhna, W.A. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Andi Offset Yogyakarta. 1999