

FENOMENA GAS RUMAH KACA

Oleh : Martono *)

Abstrak

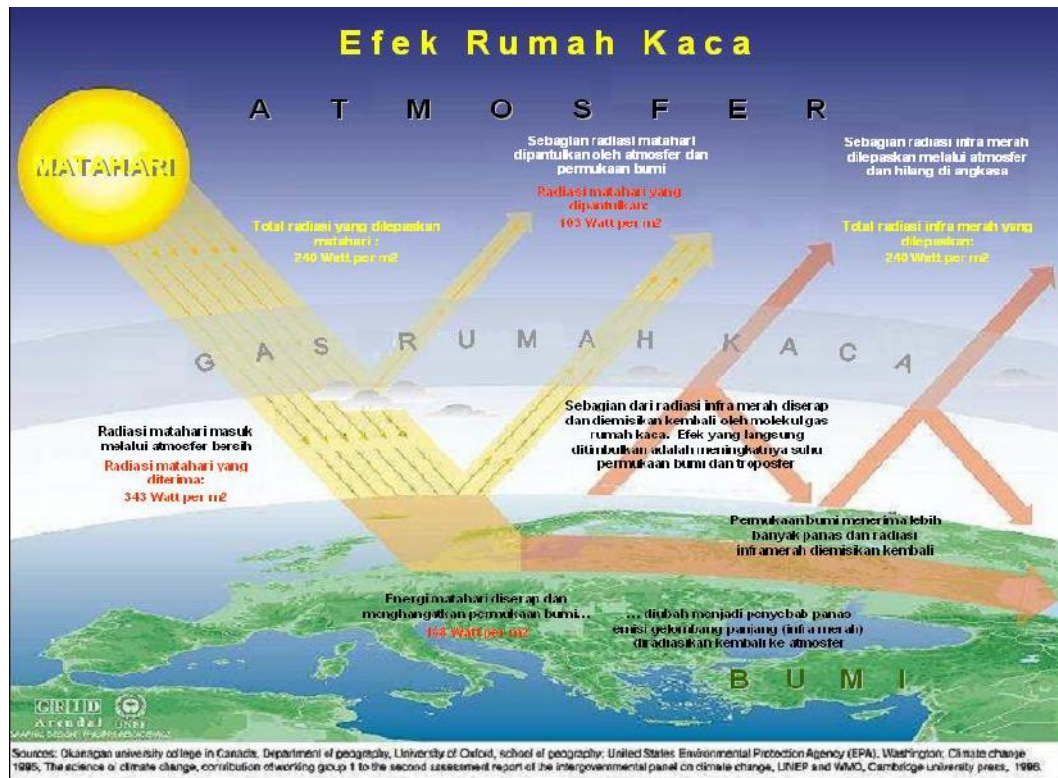
Efek rumah kaca disebabkan karena naiknya konsentrasi gas karbon dioksida (CO_2) dan gas-gas lainnya di atmosfer. Kenaikan konsentrasi gas CO_2 ini disebabkan oleh kenaikan pembakaran bahan bakar minyak, batu bara dan bahan bakar organik lainnya yang melampaui kemampuan tumbuhan-tumbuhan dan laut untuk menyerapnya. Selain gas CO_2 , yang dapat menimbulkan efek rumah kaca adalah, Dinitrogenoksida (N_2O) serta beberapa senyawa organik seperti gas metana (CH_4) dan klorofluorokarbon (CFC). Gas-gas tersebut memegang peranan penting dalam meningkatkan efek rumah kaca. Yang berakibat meningkatnya suhu permukaan bumi akan mengakibatkan adanya perubahan iklim yang sangat ekstrem di bumi. Hal ini dapat mengakibatkan kenaikan tinggi muka air laut, perubahan pola angin, meningkatnya badai atmosferik, perubahan pola hujan dan siklus hidrologi dan lain-lain dan akhirnya berdampak pada ekosistem hutan, daratan, dan ekosistem alam lainnya.

1. Umum

Istilah Gas Rumah Kaca mengemuka seiring dengan isu pemanasan global dan perubahan iklim yang dampaknya telah dirasakan di berbagai wilayah di Indonesia. Namun, pemahaman terhadap apa itu gas rumah kaca, masih belum banyak dipahami secara tepat oleh masyarakat luas. Bahkan, ada yang memaknai gas rumah kaca sebagai gas yang dihasilkan oleh gedung-gedung tinggi berkaca di kota-kota besar.

Istilah gas rumah kaca disampaikan para ahli dalam

menggambarkan fungsi atmosfer bumi. Atmosfer bumi digambarkan sebagaimana kaca pada bangunan rumah kaca yang sering kita jumpai dalam praktek budidaya tanaman. Atmosfer bumi melewatkan cahaya matahari hingga mencapai bumi dan menghangatkan permukaan bumi sehingga memungkinkan bumi untuk ditinggali makhluk hidup. Tanpa atmosfer, bumi akan dingin. Hal ini terjadi karena adanya keberadaan gas-gas di atmosfer yang mampu menyerap dan memancarkan kembali radiasi infra merah

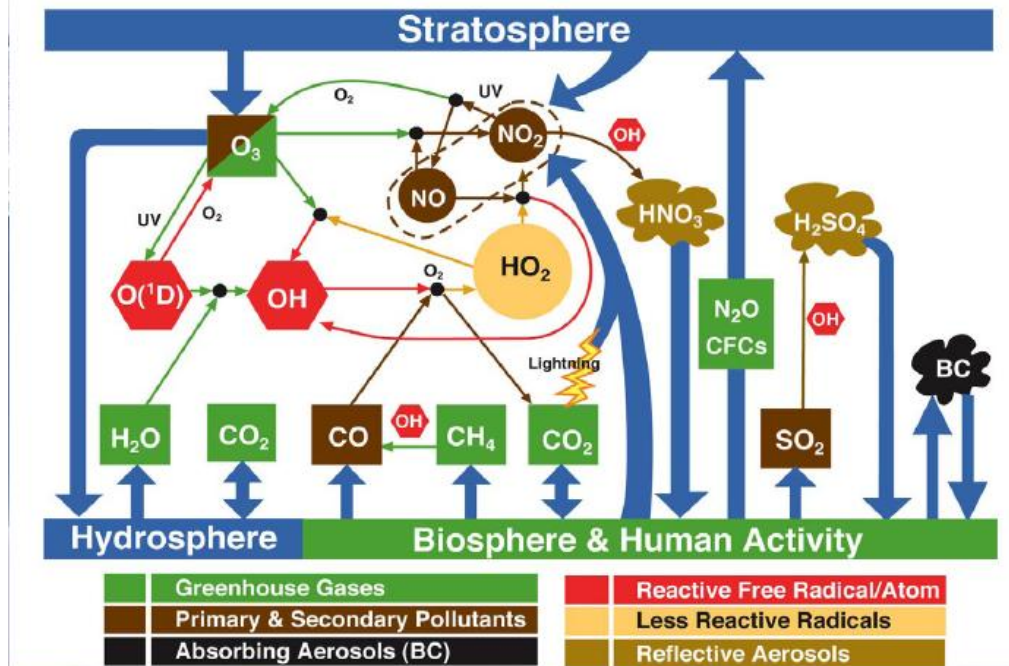


Gambar 1-1.Fenomena Gas Rumah Kaca

Gas-gas di atmosfer yang bersifat seperti rumah kaca disebut “Gas Rumah Kaca (GRK)”. Terminologi Gas Rumah Kaca diartikan sebagai gas yang terkandung dalam atmosfer, baik alami maupun dari kegiatan manusia (antropogenik), yang menyerap dan memancarkan kembali radiasi infra merah. Sebagian radiasi dari matahari dalam bentuk gelombang pendek ini diterima

permukaan bumi dan dipancarkan kembali ke atmosfer dalam bentuk radiasi gelombang panjang (radiasi infra merah). Radiasi gelombang panjang yang dipancarkan matahari yang kemudian oleh GRK (yang ada pada lapisan atmosfer bawah dekat dengan permukaan bumi) akan diserap dan menimbulkan efek panas yang dikenal sebagai “Efek Rumah Kaca”.

Interactions Between Air Pollution and Climate



Gambar1-2. Interaksi Antar Senyawa Senyawa di Udara

Kegiatan – kegiatan manusia (*anthropogenic*) telah meningkatkan konsentrasi GRK yang sebelumnya secara alami telah ada. Bahkan kegiatan manusia telah menimbulkan jenis-jenis gas baru di dalam lapisan atas atmosfer. *Chlorofluorocarbon* (CFC) dan beberapa jenis gas refrigerant lainnya, merupakan unsur-unsur baru atmosferik yang dikeluarkan oleh aktivitas manusia. Golongan ini bahkan mempunyai potensi pemanasan bumi yang sangat besar, dibandingkan pemanasan karbondioksida. Jenis/tipe GRK yang keberadaanya di atmosfer berpotensi menyebabkan perubahan iklim global adalah CO_2 , CH_4 , N_2O , HFCs, PFCs, SF_6 , dan tambahan gas-gas yaitu NF_3 , SF_5 , CF_3 , $C_4F_9OC_2H_5$,

$CHF_2OCF_2OC_2F_4OCHF_2$, $CHF_2OCF_2OCHF_2$, dan senyawa-senyawa halocarbon yang tidak termasuk Protokol Montreal, yaitu CF_3I , CH_2Br_2 , $CHCl_3$, CH_3Cl , CH_2Cl_2 . Dari semua jenis gas tersebut, GRK utama ialah CO_2 , CH_4 , dan N_2O . Dari ketiga jenis gas ini, yang paling banyak kandungannya di atmosfer ialah CO_2 sedangkan yang lainnya sangat sedikit sekali.

Pada saat ini, konsentrasi CO_2 di atmosfer ialah sekitar 383 ppm (*part per million*) atau sekitar 0.0383% volume atmosfer. Sedangkan CH_4 dan N_2O masing-masing 1745 ppb (*part per billion*) dan 314 ppb atau sekitar 0.000175% dan 0.0000314% volume atmosfer. Kemampuan potensi pemanasan global

atau *Global Warming Potential* (GWP) gas rumah kaca dapat dilihat pada Tabel 1-1, dimana CO₂ paling kecil.

Adanya peningkatan suhu global ini akan mempengaruhi proses fisik dan kimia yang ada baik di bumi maupun atmosfer dan pada akhirnya berdampak pada perubahan iklim. Jadi perubahan iklim merupakan perubahan yang terjadi pada sistem iklim global akibat langsung atau tidak langsung dari aktivitas manusia yang mengubah komposisi atmosfer secara global dan variabilitas iklim yang teramati pada kurun waktu yang dapat dibandingkan.

Perubahan yang terjadi akibat fenomena ini diantaranya kenaikan tinggi muka air laut, perubahan pola angin, meningkatnya badai atmosferik, perubahan pola hujan dan siklus hidrologi dan lain-lain dan akhirnya berdampak pada ekosistem hutan, daratan, dan ekosistem alam lainnya. Menurut *Asian Development Bank* (ADB) (2009), dampak dari perubahan iklim di Asia Tenggara apabila tidak ada upaya yang sungguh-sungguh untuk menurunkan emisi GRK dapat menimbulkan kerugian setara dengan 6,7 persen dari PDB per tahun sejak tahun 2020.

Tabel 1-1 : Jenis-jenis Gas Rumah Kacada Nilai Potensi Pemanasan Bumi

Gas Rumah Kaca	Rumus Kimia	Nilai Potensi Pemanasan Global
Carbon dioxide	CO ₂	1
Methane	CH ₄	25
Nitrous oxide	N ₂ O	298
Hydrofluorocarbons (HFCs)		
HFC-23	CHF ₃	14,800
HFC-32	CH ₂ F ₂	675
HFC-41	CH ₃ F	92
HFC-43-10mee	CF ₃ CHFCHFCF ₂ CF ₃	1,640
HFC-125	C ₂ HF ₅	3,500
HFC-134	C ₂ H ₂ F ₄ (CHF ₂ CHF ₂)	1,100
HFC-134a	C ₂ H ₂ F ₄ (CH ₂ FCF ₃)	1 430
HFC-143	C ₂ H ₃ F ₃ (CHF ₂ CH ₂ F)	353
HFC-143a	C ₂ H ₃ F ₃ (CF ₃ CH ₃)	4,470
HFC-152	CH ₂ FCH ₂ F	53
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂ (CH ₃ CHF ₂)	38
HFC-161	CH ₃ CH ₂ F	12
HFC-227ea	C ₃ HF ₇	3,220
HFC-236cb	CH ₂ FCF ₂ CF ₃	1,340
HFC-236ea	CHF ₂ CHFCF ₃	1,370

HFC-236fa	C 3 H 2 F 6	9,810
HFC-245ca	C 3 H 3 F 5	693
HFC-245fa	CHF 2 CH 2 CF 3	1,030
HFC-365mfc	CH 3 CF 2 CH 2 CF 3	794
Perfluorocarbons		
Perfluoromethane - PFC-14	CF 4	7,390
Perfluoroethane - PFC-116	C 2 F 6	12,200
Perfluoropropane - PFC-218	C 3 F 8	8,830
Perfluorobutane - PFC-3-1-10	C 4 F 10	8,860
Perfluorocyclobutane - PFC-318	c-C 4 F 8	10,300
Perfluoropentane - PFC-4-1-12	C 5 F 12	9,160
Perfluorohexane - PFC-5-1-14	C 6 F 14	9,300
Perfluorodecalin - PFC-9-1-18	C 10 F 18	>7,500
Sulphur hexafluoride		
Sulphur hexafluoride	SF 6	22,800
Nitrogen trifluoride (NF 3)		
Nitrogen trifluoride	NF 3	17,200

Sumber: Panel Antar Pemerintah tentang Perubahan Iklim (*Intergovernmental Panel on Climate Change/IPCC*)

2. Aktivitas Manusia dan Emisi Gas Rumah Kaca

Kegiatan - kegiatan manusia (*anthropogenic*) telah meningkat dengan sangat berarti sejak 2 (dua) abad terakhir, khususnya setelah era pra-industri. Peningkatan penggunaan energy dari bahan bakar minyak untuk berbagai kegiatan manusia terutama dalam proses-proses industri, transportasi, dan kegiatan pembukaan hutan untuk keperluan pembangunan, intensifikasi budidaya tanaman serta produksi limbah, telah menyebabkan emisi gas-gas rumah kaca meningkat dengan laju yang semakin cepat. Rata global konsentrasi CO₂ di atmosfer pada awal revolusi industri (sekitar tahun 1750-an) hanya 280 ppm dan pada tahun 2006 sudah meningkat menjadi 381 ppm.

Diperkirakan konsentrasi CO₂ saat ini merupakan konsentrasi yang paling

tinggi dalam 650,000 tahun terakhir (Petiier *et al.* 1999; Siegenthaler *et al.* 2005) dan kemungkinan selama 20 juta tahun terakhir (Person dan Palmer, 2000). Laju pertumbuhan konsentrasi CO₂ dalam tahun 2000-2006 mencapai 1.93 ppm per tahun (atau sama dengan 4.1 petagramsof carbon (PgC) per tahun; Tabel 2.1). Laju ini merupakan laju tertinggi sejak adanya pengukuran kontinyu GRK sejak tahun 1959 dan peningkatannya juga sangat signifikan dibanding dengan laju emisi di awal tahun 1980an (1.58 ppm per tahun) dan 1990an (1.49 ppm per tahun; Canadell *et al.*, 2007).

Dilihat dari sisi sumber, dalam periode 1959-2006 jumlah emisi terbesar berasal dari penggunaan bahan bakar minyak yaitu mencapai 80%, sedangkan dari perubahan penggunaan lahan sekitar 20%. Rata-rata emisi selama periode ini ialah sekitar 6.7 PgC per tahun. Emisi yang

dilepaskan ini sebagian diserap kembali oleh lautan dan daratan. Namun demikian kemampuan lautan dan daratan dalam menyerap kembali CO₂ tidak banyak mengalami perubahan. Dengan demikian, terjadinya peningkatan laju emisi menyebabkan konsentrasi CO₂ di atmosfer menjadi meningkat dari waktu ke waktu.

Berdasarkan kesepakatan para pihak, sumber emisi dan rosot (*sink*) yang

masuk dalam inventarisasi GRK ialah dari 4 (empat) sector seperti dalam Tabel 1-2 yaitu sektor (i) pengadaan dan penggunaan energi, (ii) proses industri dan penggunaan produk (*industrial process and product use/PPU*), (iii) pertanian, kehutanan dan penggunaan lahan lainnya (*agriculture, forestry, and other land uses/AFOLU*), dan (iv) limbah.

Tabel 1-2 : Sumber Emisi Dan Rosot (*Sink*) yang Masuk Dalam Inventarisasi GRK

No.	Kategori	Sub-Kategori sumber/rosot
1	PENGADAAN DAN PENGGUNAAN ENERGI	Kategori ini mencakup seluruh emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari penggunaan dan pengadaan energi: <ul style="list-style-type: none"> • Kegiatan Pembakaran Bahan Bakar (<i>Fuel Combustion Activities</i>) • Emisi Fugitive (<i>Fugitive Emissions from Fuels</i>) • Transportasi dan Penyimpanan Karbondioksida (<i>Carbon Dioxide Transport and Storage</i>)
2	PROSES INDUSTRI DAN PENGGUNAAN PRODUK (INDUSTRIAL PROCESSES AND PRODUCT USE)	Emisi dari Proses Industri dan Penggunaan Produk: <ul style="list-style-type: none"> • Industri Mineral (<i>Mineral Industry</i>) • Industri Kimia (<i>Chemical Industry</i>) • Industri Logam (<i>Metal Industry</i>) • Produk-produk Non Energi dan Penggunaan Solvent/ Pelarut (<i>Non-Energy Products from Fuels and Solvent Use</i>) • Industri Elektronik (<i>Electronics Industry</i>) • Penggunaan produk yang mengandung senyawa pengganti bahan perusak ozon (<i>Product Uses as Substitutes for Ozone Depleting Substances</i>) • Produk Manufacture lain dan Penggunaannya (<i>Other Product Manufacture and Use</i>)
3	PERTANIAN, KEHUTANAN, DAN PENGGUNAAN LAHAN LAINNYA (AGRICULTURE, FORESTRY, AND OTHER LAND USE)	Termasuk di dalamnya emisi dari: <ul style="list-style-type: none"> • Peternakan (<i>Livestock</i>) • Lahan (<i>Land</i>): Lahan Hutan (<i>Forest Land</i>), Lahan Pertanian (<i>Cropland</i>), Padang Rumput (<i>Grassland</i>), Lahan basah (<i>Wetlands</i>), Pemukiman (<i>Settlements</i>) • Emisi dari pembakaran biomasa (<i>Biomass Burning</i>) • Pengapuran (<i>Liming</i>) • Penggunaan Urea (<i>Urea Application</i>) • Emisi N₂O langsung dari pengelolaan tanah (<i>Direct N₂O Emissions from Managed Soils</i>) • Emisi N₂O tidak langsung dari pengelolaan tanah (<i>Managed Soils</i>) dan pengelolaan pupuk (<i>Manure Management</i>) • Pengelolaan sawah (<i>Rice Cultivations</i>)

4	WASTE	<p>Emisi berasal dari kegiatan pengelolaan limbah:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pembuangan Akhir Sampah Padat (<i>Solid Waste Disposal</i>) • Pengolahan Limbah Padat secara Biologi (<i>Biological Treatment of Solid Waste</i>) • Pembakaran Sampah melalui Insinerator dan Pembakaran Sampah secara Terbuka (<i>Incineration and Open Burning of Waste</i>) • Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah (<i>Wastewater Treatment and Discharge</i>)
5	Lainnya (e.g. emisi tidak langsung dari deposisi nitrogen dari sumber non-pertanian)	<ul style="list-style-type: none"> • Semua dugaan emisi termasuk emisi N₂O dari deposisi nitrogen (N) dari NO_x/NH₃ dimana saja ada deposit dan dari sumber apa saja tetapi tidak dihitung di sektor tersebut di atas, termasuk N yang dideposit di lautan. • Dugaan emisi ini diperlukan karena faktor emisi untuk deposit Nitrogen hampir sama besarnya dengan emisi nitrogen dari sumber-sumber emisi pertanian lainnya.

Berdasarkan podoman yang dikeluarkan Panel antar Pemerintah untuk Perubahan Iklim (*Inter governmental Panel on Climate Change* atau IPCC), kategori sumber emisi dan rosot (*sink*) yang harus dimasukkan dalam penyusunan hasil inventarisasi GRK dapat dilihat pada jenis GRK utamanya CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, dan SF₆.

3. Ringkasan Emisi

Penggunaan nilai GWP dapat menunjukkan kombinasi pemanasan karena agregasi banyak senyawa. Dengan menggunakan nilai GWP, perkiraan emisi GRK diekspresikan dalam CO₂ ekuivalen (CO₂e). Satuan yang umum digunakan adalah tones dan million metric tonnes (MMT). Persamaan untuk menghitung CO₂e dan karbon ekuivalen sebagai berikut :

$$\text{CO}_2\text{e, tonnes} = \sum_{i=1}^{\text{\# Greenhouse Gas Species}} (\text{tonnes}_i \times \text{GWP}_i)$$

CO₂e = carbon dioxide equivalent emissions (tonnes);
 tonnes_i = GHG emissions of pollutant *i* (tonnes); and
 GWP_i = global warming potential of pollutant *i*,
 (tonnes CO₂e per tonne *i*).

$$\text{MMTCE} = \text{CO}_2\text{e, tonnes} \times \frac{\text{MW Carbon}}{\text{MW CO}_2} \times \frac{\text{MMTCE}}{10^6 \text{ tonnes Carbon}}$$

MMTCE = Million Metric Tonnes of Carbon Equivalent, and
 MW = molecular weight (MW Carbon = 12; MW CO₂ = 44).

Contoh Kasus :
 Sebuah inventarisasi GRK melaporkan
 emisi 8,800,000 tons/yr CO₂ dan emisi

315,000 tons/yr CH₄. Berapa nilai
 CO₂ekivalen ?

Jawab :

Dari Tabel 1-1 diperoleh harga GWP CH₄ adalah 21, dan GWP CO₂ adalah 1.

$$E_{CO_2e} = \left[\left(\frac{8,800,000 \text{ tons CO}_2}{\text{yr}} \times \frac{1 \text{ ton CO}_2e}{\text{ton CO}_2} \right) + \left(\frac{315,000 \text{ tons CH}_4}{\text{yr}} \times \frac{21 \text{ tons CO}_2e}{\text{ton CH}_4} \right) \right] \times \frac{\text{tonnes}}{1.10231 \text{ tons}}$$

$$E_{CO_2e} = 13.98 \times 10^6 \text{ tonnes CO}_2e/\text{yr}$$

4. Kesimpulan

Untuk mengendalikan laju peningkatan GHG diperlukan inventarisasi GRK yang selanjutnya bisa dilakukan perhitungan berapa jumlah emisi yang dihasilkan untuk keperluan tindakan pengendalian.

DAFTAR PUSTAKA

_____, "Buku Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional: Buku I Pedoman Umum", KLH 2012.

*) Widyaiswara Muda Pusdiklat Migas