

BAHAN AJAR

KELAS

X

SMA/MA

GLOBAL WARMING & CLIMATE CHANGE

MEMAHAMI PERUBAHAN IKLIM,
MELINDUNGI BUMI UNTUK MASA DEPAN



Literasi
Sains



Kontekstual
& Aktual



Peduli
Lingkungan



Profil Pelajar
Pancasila



Materi:

- ☒ Penyebab dan Dampak Perubahan Iklim
- ☒ Pemanasan Global dan Gas Rumah Kaca
- ☒ Upaya Mitigasi dan Adaptasi
- ☒ Proyek dan Aktivitas Peserta Didik



Penyusun:

Sunartri, S.Pd., M.Pd.



Belajar Bermakna
Materi disajikan
dengan bahasa
mudah dipahami



**Saintifik
& Kontekstual**
Mengaitkan konsep
sains dengan
kehidupan nyata



**Aktif, Kreatif,
Kolaboratif**
Kegiatan menarik untuk
mengembangkan
kompetensi peserta didik

PERUBAHAN IKLIM DAN PEMANASAN GLOBAL

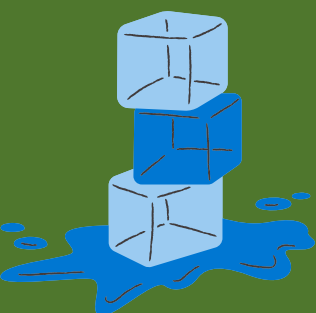
Pemanasan global dan perubahan iklim sebenarnya bukan merupakan hal baru. Kedua fenomena ini telah ada selama puluhan ribu tahun, terjadi secara alami karena perubahan posisi bumi. Akan tetapi, berdasarkan laporan Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) pada tahun 2013, dalam satu abad terakhir, terjadi percepatan pemanasan global akibat meningkatnya produksi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer yang berasal dari penggunaan bahan bakar fosil serta aktivitas manusia lainnya seperti perubahan dan alih fungsi lahan.



<https://akcdn.detik.net.id/community/>

**Lalu, bagaimana hubungan
antara pemanasan global dengan
perubahan iklim?**

Mari literasi.....



PERUBAHAN IKLIM

A. Pengertian Perubahan Iklim

Perubahan iklim merupakan pola perubahan cuaca dalam jangka panjang di suatu wilayah tertentu. Fenomena ini sering dikaitkan dengan pemanasan global, yaitu peningkatan suhu rata-rata permukaan Bumi yang terjadi secara berkelanjutan selama satu dekade atau lebih. Salah satu faktor utama yang berkontribusi terhadap pemanasan global adalah dampak dari perubahan iklim itu sendiri.

B. Penyebab Perubahan Iklim

1. Efek Rumah Kaca

Gas Rumah Kaca sebagai penyebab perubahan iklim pertama dan berasal dari gas-gas rumah kaca. Beberapa gas di atmosfer Bumi sendiri turut berperan dalam hal ini, misalnya pada kaca di rumah yang memerangkap panas matahari kemudian menghentikannya agar tidak bocor kembali ke angkasa. Banyak dari gas-gas ini terjadi secara alami, meski berbagai aktivitas manusia disekitarnya meningkatkan konsentrasinya di atmosfer, khususnya pada metana, karbon dioksida (CO₂). Gas berfluorinasi CO₂ dan dinitrogen oksida sebagai gas rumah kaca yang paling umum diproduksi oleh aktivitas manusia serta bertanggung jawab atas 64% pemanasan global buatan manusia. Konsentrasinya di atmosfer saat ini adalah 40% lebih tinggi jika dibandingkan saat industrialisasi dimulai dahulu, Gas rumah kaca lainnya sendiri dipancarkan dalam jumlah yang lebih kecil, tetapi mereka memerangkap panas jauh lebih efektif dibanding CO₂, serta dalam beberapa kasus ribuan kali lebih kuat. Metana ini bertanggung jawab atas nitro oksida sebesar 6% dan 17% pemanasan global buatan manusia.

2. Peningkatan Emisi

Penyebab perubahan iklim yang kedua berasal dari peningkatan emisi yang diakibatkan oleh ulah manusia, misalnya saja pada Pembakaran minyak, batu bara, dan gas, deforestasi, dan penebangan hutan yang akan menghasilkan dinitrogen oksida dan karbon dioksida. Pohon membantu mengatur iklim dengan menyerap CO₂ dari atmosfer. Karena saat terjadi penebangan, efek menguntungkan kemudian hilang dan karbon yang tersimpan di pohon akan dilepaskan ke atmosfer, dan menambah efek rumah kaca di bumi. Selain itu peningkatan emisi juga disebabkan oleh meningkatnya jumlah peternakan, khususnya pada Sapi dan domba, dimana keduanya menghasilkan metana dalam jumlah besar saat mencerna makanan. Tak hanya itu pupuk yang mengandung nitrogen juga menghasilkan emisi nitro oksida, Gas-gas ini berfluorinasi hingga kemudian menghasilkan efek pemanasan yang sangat kuat, yaitu hingga 23.000 kali lebih besar dibanding CO₂.

3. Pemanasan Global

Penyebab perubahan iklim lainnya berasal dari aktivitas pemanasan global. Pembangkit listrik dan instalasi industri lainnya ialah penghasil CO₂ utama. Suhu rata-rata global saat ini sendiri adalah 0,85°C lebih tinggi jika dibandingkan dengan akhir abad ke-19. Masing-masing dari tiga dekade terakhir ini sendiri telah lebih hangat dibandingkan dekade sebelumnya sejak pencatatan mulai dilakukan yaitu pada tahun 1850an. Para ilmuwan iklim terkemuka mengemukakan pendapatnya mengenai penyebab pemanasan global adalah aktivitas manusia.

Hal ini sendiri telah diamati sejak pertengahan abad ke-20. Peningkatan 2°C dibanding suhu pada masa pra-industri ini dinilai para ilmuwan sebagai ambang batas. Di mana kemudian terdapat risiko yang jauh lebih tinggi bahwa perubahan yang berbahaya serta berbagai bencana di lingkungan global kemungkinan akan terjadi. Karenanya hingga saat ini banyak diantara negara lain telah menanamkan kepada warganya tentang pentingnya menjaga pemanasan dibawah 2°C.

4. Perubahan Orbit Bumi

Penyebab terjadinya perubahan iklim selanjutnya berasal dari orbit bumi yang mengalami perubahan. Dalam 800.000 tahun terakhir, terdapat siklus alami dalam iklim Bumi di antara zaman es serta periode interglasial yang lebih hangat. Peneliti juga menghubungkan kenaikan suhu dalam 200 tahun terakhir ini dengan kenaikan level CO₂ di atmosfer. Tingkat gas rumah kaca ini sendiri kini telah berada jauh di atas siklus alami dalam kurun waktu 800.000 tahun terakhir. Orbit bumi yang berada di sekitar matahari adalah lingkaran bukannya elips. Kadang ia hampir melingkar dimana jarak Bumi berada kira-kira sama dari Matahari saat ia bergerak mengelilingi orbitnya. Pada waktu lainnya elips lebih menonjol hingga Bumi bergerak lebih dekat dan jauh dari matahari saat mengorbit. Saat Bumi lebih dekat ke matahari sendiri, iklim kemudian akan menjadi lebih hangat.

C. Dampak Perubahan Iklim

Pola cuaca memiliki peran penting dalam kehidupan manusia karena memengaruhi pertanian, ketersediaan pangan, sumber air, tempat tinggal, aktivitas sehari-hari, hingga kesehatan. Oleh karena itu, perubahan iklim dapat memberikan dampak serius terhadap berbagai aspek kehidupan manusia.

Meskipun masa depan tidak dapat dipastikan sepenuhnya, para ilmuwan menggunakan ilmu pengetahuan untuk memprediksi kemungkinan perubahan iklim. Jika aktivitas manusia seperti deforestasi, pemborosan energi, dan praktik pertanian yang tidak berkelanjutan terus berlanjut, kondisi iklim diproyeksikan akan semakin memburuk.

Di Indonesia, perubahan iklim yang mungkin terjadi meliputi musim kemarau yang lebih panjang dan panas, termasuk gelombang panas, penurunan intensitas hujan selama musim kemarau, serta kekeringan ekstrem. Di sisi lain, curah hujan yang tinggi selama musim penghujan berpotensi menyebabkan kenaikan permukaan air laut. Dampak dari perubahan ini beragam dan signifikan, serta perlu menjadi perhatian serius.

1 Kepunahan Ekosistem

Kemungkinan terjadinya kepunahan ekosistem yaitu pada spesies hewan dan tumbuhan yaitu 20-30 %, hhal ini terjadi jika kenaikan CO₂ di atmosfer dan suhu rata-rata global sebanyak 1,5-2,5 derajat Celcius, yang kemudian akan turut meningkatkan keasaman laut. Maka dari itu, akan berdampak negatif terhadap organisme-organisme laut seperti terumbu karang, hingga berbagai spesies yang hidupnya bergantung terhadap organisme tersebut.

2. Pangan dan Hasil Hutan

Penelitian menunjukkan bahwa produktivitas pertanian di wilayah tropis berpotensi mengalami penurunan apabila terjadi peningkatan suhu rata-rata global sebesar 1-2 derajat Celcius. Kondisi ini akan meningkatkan risiko terjadinya krisis pangan secara global. Frekuensi banjir dan kekeringan yang semakin tinggi akibat perubahan iklim akan berdampak signifikan terhadap produksi pangan, terutama di kawasan tropis dan subtropis. Dampak ini tidak hanya memengaruhi ketersediaan pangan secara lokal, tetapi juga menurunkan hasil panen baik dari segi kuantitas maupun kualitas.

3. Pesisir dan dataran rendah

Daerah pantai rentan terhadap naiknya permukaan air laut dan erosi pantai. Kerusakan pesisir ini sendiri kemudian akan diperparah oleh berbagai tekanan manusia di daerah pesisir. Diperkirakan pada tahun 2080 nanti sekitar jutaan orang akan terkena banjir setiap tahun diakibatkan oleh naiknya permukaan air laut. Resiko terbesar yang akan dihadapi adalah padat penduduknya area di dataran rendah dengan tingkat adaptasi yang rendah. Selain itu sesungguhnya penduduk yang paling terancam ialah yang berada di Afrika dan delta-delta Afrika, Asia serta para penduduk yang bermukim di pulau-pulau kecil.

4. Sumber dan Manajemen air tawar

Hingga saat ini rata-rata ketersediaan air di daerah subpolar, aliran air sungai dan daerah tropis basah diperkirakan akan mengalami peningkatan sekitar 10-40%. Sementara pada daerah subtropis dan daerah tropis yang kering, air kemudian akan mengalami pengurangan sekitar 10-30% hingga akhirnya berbagai daerah yang mengalami kekeringan kemudian akan semakin menjadi parah kondisinya.

5. Industri, permukiman dan masyarakat

Industri, permukiman serta masyarakat yang rentan umumnya berada di daerah bantaran sungai dan pesisir serta mereka yang tingkat perekonomiannya terkait erat dengan keberadaan sumber daya yang sensitif terhadap iklim, juga yang tinggal di daerah-daerah yang sering dilanda berbagai bencana ekstrim. Komunitas dengan ekonomi kebawah juga sangat rentan karena kapasitas adaptasi yang mereka miliki terbatas, dan kehidupannya yang sangat tergantung pada sumber daya, dimana Sumber Daya ini keberadaannya sangat mudah terpengaruh oleh iklim dan persediaan makanan juga air.

6. Kesehatan

Penduduk yang kapasitas beradaptasinya rendah akan lebih rentan terhadap berbagai penyakit. umumnya adalah gizi buruk, diare, dan berubahnya pola distribusi pada penyakit-penyakit yang ditularkan dari berbagai hewan khususnya serangga.



D. Upaya untuk menanggulangi Perubahan Iklim

Meski emisi gas rumah kaca (GRK) terus meningkat, namun terdapat banyak peluang untuk menguranginya. Salah satunya adalah melalui perubahan pola konsumsi dan gaya hidup. Berikut beberapa rekomendasi kebijakan dan instrumen yang dapat dilakukan untuk menurunkan emisi GRK di bumi, diantaranya:

1. Sektor Energi

Langkah strategis yang dapat diambil pada sektor ini meliputi pengurangan subsidi bahan bakar fosil, penerapan pajak karbon pada bahan bakar fosil, dan mendorong penggunaan energi terbarukan. Kebijakan ini perlu didukung oleh penetapan harga listrik yang kompetitif bagi energi terbarukan serta pemberian subsidi kepada produsen energi ramah lingkungan.

2. Sektor Transportasi

Pada sektor transportasi, upaya mitigasi meliputi promosi penggunaan biofuel, penerapan standar emisi karbon dioksida untuk bahan bakar transportasi, serta pengenaan tarif seperti pajak kendaraan bermotor, tarif jalan, dan biaya parkir. Selain itu, perencanaan transportasi yang berkelanjutan harus dilakukan melalui regulasi tata guna lahan dan pengembangan infrastruktur yang mendukung. Pilihan transportasi tanpa motor dan peningkatan fasilitas angkutan umum juga menjadi solusi yang perlu diutamakan.

3. Sektor Bangunan

Langkah yang dapat dilakukan pada sektor ini seperti penerapan standar efisiensi energi pada peralatan, regulasi gedung, serta sertifikasi ramah lingkungan. Pemerintah juga perlu memberikan insentif kepada perusahaan yang berkomitmen pada efisiensi energi. Peningkatan kualitas bangunan, standar konstruksi, serta perencanaan kota yang berkelanjutan, seperti insentif untuk solusi energi lokal (mini-grid), sangat diperlukan. Selain itu, emisi gas rumah kaca dari CFC-11, metana, dan nitrogen oksida harus diatasi melalui teknologi pemanasan, pendinginan, dan pengelolaan limbah yang inovatif.

4. Sektor Industri

Pada sektor industri, regulasi seperti penerapan standar, subsidi, pajak, dan insentif finansial dapat mendorong manajemen lahan yang lebih baik, irigasi yang efisien, dan penggunaan pupuk yang ramah lingkungan. Selain itu, menjaga kandungan karbon dalam tanah melalui praktik pertanian berkelanjutan juga menjadi prioritas.

5. Sektor Kehutanan

Insentif finansial, baik di tingkat nasional maupun internasional, diperlukan untuk melindungi hutan, mengelola kawasan hutan secara berkelanjutan, memperluas area hutan, serta mengurangi deforestasi. Langkah konkret meliputi reboisasi besar-besaran untuk meningkatkan ketahanan pangan, melestarikan keanekaragaman hayati, mengurangi konsentrasi CO₂, dan mendukung perekonomian pedesaan.

6. Sektor Pertanian dan Pangan

Menurut Emissions Gap Report 2018 dari UNEP, sistem pangan dari tahap produksi hingga konsumsi berpotensi mengurangi hingga 6,7 gigaton emisi CO₂. Transformasi sistem pangan global dalam 12 tahun ke depan diperlukan, termasuk pengurangan limbah makanan, penerapan pola makan sehat dengan mengurangi konsumsi protein hewani, serta pemberian insentif untuk pertanian yang tanggap terhadap perubahan iklim. Selain itu, upaya untuk mengatasi ketimpangan pangan sangat penting, mengingat lebih dari 820 juta orang di dunia masih kekurangan gizi.

PEMANASAN GLOBAL

Asap yang dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia seperti pembakaran sampah, penggunaan bahan bakar pada kendaraan bermotor, dan aktivitas pembangkit listrik memiliki dampak sebagai salah satu pemicu terjadinya pemanasan global. ***Apa itu pemanasan global? Bagaimana hubungan asap tersebut dengan pemanasan global?***

Asap dari aktivitas manusia mengandung gas-gas yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Salah satunya, menjadi penghalang pemantulan panas Bumi sehingga menyebabkan efek rumah kaca. ***Apa itu efek rumah kaca?***

A. PENGERTIAN PEMANASAN GLOBAL

Pemanasan global/*Global warming* merupakan fenomena peningkatan suhu rata-rata bumi yang sebagian besar disebabkan oleh aktivitas manusia, deforestasi, kegiatan industri, transportasi, dan transformasi penggunaan lahan karena pertambahan penduduk serta pembakaran bahan bakar fosil yang menghasilkan gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dan gas-gas lainnya (Rezapouraghdam & Hidalgo-García, 2024; Sulistyono, 2020). *Global warming* juga merupakan suatu bentuk ketidakseimbangan ekosistem di Bumi akibat terjadinya proses peningkatan suhu rata-rata permukaan Bumi oleh adanya radiasi Matahari menuju atmosfer Bumi (Pinontoan *et al.*, 2021). Fenomena ini memengaruhi berbagai aspek kehidupan di seluruh dunia, mulai dari perubahan iklim, kenaikan permukaan air laut, hingga dampak negatif pada keanekaragaman hayati dan ekosistem (Andarini & Sudarti, 2023). Perubahan iklim merupakan salah satu tantangan global di era modern ini karena dampaknya pada alam dan kehidupan manusia (Danish & Isaifan, 2024). Pemanasan global juga merupakan suatu bentuk ketidakseimbangan ekosistem di Bumi akibat terjadinya proses peningkatan suhu rata-rata permukaan Bumi oleh adanya radiasi Matahari menuju atmosfer Bumi.

Sebagian radiasi Matahari berubah menjadi energi panas dalam bentuk sinar inframerah, yang mana sebagian diserap oleh permukaan Bumi dan sebagian lagi dipantulkan kembali ke atmosfer. Sebagian sinar tidak dapat dipantulkan karena tertahan oleh gas rumah kaca, sehingga hal tersebut yang menyebabkan suhu Bumi meningkat.

B. PENYEBAB PEMANASAN GLOBAL

1. EFEK RUMAH KACA

Pemicu Meningkatnya gas rumah kaca di Atmosfer

a. Penggunaan Bahan Bakar Fosil

Peningkatan jumlah industri dan sarana transportasi selalu diikuti dengan peningkatan penggunaan bahan bakar dari fosil, seperti minyak bumi dan gas alam yang menghasilkan pembakaran berupa gas-gas rumah kaca. Gas karbon dioksida (CO₂) jika dikombinasikan dengan adanya air akan membentuk senyawa korosif yang berpotensi mencemarkan tanah dan air. Karbon dioksida atau CO₂ yang dihasilkan oleh kegiatan di bumi ini seperti pernafasan dan hasil pembakaran bahan bakar menyelubungi bumi. Karena kadarnya sudah berlebihan maka CO₂ seolah seperti kaca yang menutup permukaan bumi.

Menurut UU No. 22 Tahun 2001 tentang Minyak dan Gas Bumi, yang disebut dengan bahan bakar minyak adalah bahan bakar yang berasal dan/atau diolah dari minyak bumi. Hasil pengolahan minyak bumi adalah produk migas berupa BBM (bahan bakar minyak) dan NBBM (Non-bahan bakar minyak). Adapun yang termasuk bahan bakar minyak adalah avgas (*aviation gasoline*), avtur (*aviation turbin*), bensin, minyak tanah, solar, diesel, dan minyak bakar (*fuel oil*).

b. Penggunaan CFC dalam Kehidupan Sehari-hari

Klorofluorokarbon atau CFC merupakan senyawa kimia yang terdiri atas atom karbon, klorin, dan fluorin. Gas CFC digunakan sebagai bahan refrigan untuk kulkas dan pendingin ruangan/AC, serta bahan rumah tangga yang dikemas dalam botol aerosol. Gas CFC pada lapisan stratosfer dipecah oleh radiasi sinar UV, kemudian terurai dan melepaskan atom-atom klorin. Atom klorin bereaksi dengan ozon secara terus-menerus mengakibatkan terjadinya penipisan lapisan ozon. Akibatnya, peningkatan paparan radiasi sinar UV yang masuk ke permukaan Bumi.

c. Kotoran Ternak

Sapi merupakan hewan ruminansia yang memiliki rumen yang di dalamnya terdapat mikroorganisme yang memecah selulosa pada dinding sel tumbuhan. Dalam proses tersebut, terjadi fermentasi yang menghasilkan gas metana. Gas metana yang dihasilkan dalam rumen sapi dikeluarkan dalam bentuk feses dan gas buangan. Gas metana (CH_4) ini memiliki kontribusi dalam menyebabkan pemanasan global. Gas metana adalah gas yang terbentuk dari dekomposisi anaerob limbah organik dan juga penyumbang emisi gas rumah kaca. Gas metana memiliki potensi pemanasan global 25 kali dibandingkan dengan karbon dioksida, sehingga kegiatan peternakan memiliki dampak yang lebih signifikan daripada gas CO_2 , yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar fosil.

d. Sampah

Sisa makanan pada tempat pembuangan sampah (TPA) akan membusuk dan membentuk gas metana, yang merupakan gas rumah kaca. Sisa makanan yang dibuang dapat menyumbang kadar gas rumah kaca di atmosfer. Metode pengelolaan sampah yang kurang efektif juga dapat memengaruhi kadar gas rumah kaca di atmosfer. Salah satunya adalah pembakaran sampah secara terbuka. Pengelolaan sampah dengan cara tersebut menghasilkan gas-gas yang memberikan dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan, di antaranya CO_2 dan CH_4 .

e. Deforestasi

Deforestasi adalah kondisi penurunan luas hutan yang disebabkan oleh konversi lahan untuk infrastruktur, permukiman, pertanian, pertambangan, dan perkebunan. Perubahan lahan tersebut sering berakibat pada kebakaran hutan sehingga terbuangnya emisi gas karbon ke atmosfer. Jika deforestasi

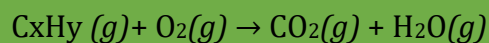
dan kebakaran hutan terjadi terus-menerus dan tidak segera ada pencegahan, akan mempercepat terjadinya pemanasan global. Emisi yang tinggi akibat deforestasi dapat menyebabkan berbagai dampak serius, di antaranya suhu Bumi mengalami peningkatan, meningkatnya intensitas curah hujan per tahun yang mengakibatkan bencana, menimbulkan ancaman pangan dari perubahan iklim yang ditimbulkan, dan permukaan air laut menjadi naik.

Selain karbon dioksida juga sulfur dioksida(SO₂) dan metana(CH₄) pun sama seperti CO₂ menyelubungi bumi. Layaknya sifat kaca, gas-gas yang melapisi tadi akan memantulkan infrared dari matahari yang seharusnya dikembalikan lagi ke angkasa. Sehingga Infrared terperangkap di bumi.

Sinar inframerah memiliki panjang gelombang antara 760 nm sampai 1000 µm dan frekuensi 30 GHz sampai 40.000 GHz. sehingga benda panas akibat getaran atomik dan molekuler dianggap memancarkan gelombang panas dalam bentuk sinar inframerah/radiasi panas. Fungsi sebenarnya dari efek rumah kaca adalah untuk memberi panas pada bumi. Jika tak ada efek rumah kaca maka bumi ini akan diselimuti oleh dingin dan suhu bumi hanya -18 °C sehingga es akan menutupi seluruh permukaan Bumi. Karena efek inilah ,bumi menghangat, namun jika kadar berlebihan maka akibatnya terjadilah yang dinamakan pemanasan global.

2. EFEK UMPAN BALIK

Selain efek rumah kaca, efek umpan balik juga memberi pengaruh pada pemanasan global. Umpan balik disini contohnya adalah penguapan air. Proses pemanasan selain menghasilkan karbondioksida juga menghasilkan uap air. Contoh reaksi pembakaran hidrokarbon seperti berikut ini:



Hasil reaksi diatas diperoleh H₂O /air. Semakin banyak pemanasan yang terjadi akibat efek rumah kaca karbon dioksida semakin melimpah uap air yang membumbung ke atmosfer. Pemanasan yang terus terjadi menambah jumlah uap air secara terus menerus hingga tercapai kesetimbangan konsentrasi uap air. Efek rumah kaca dari penguapan air disinyalir lebih besar dari efek rumah kaca gas CO₂ yang menghasilkannya. karena kandungan air banyak, kelembaban relatif udara malah nyaris konstan bahkan berkurang karena udara malah menghangat.

Umpan balik yang kedua disebabkan penguapan awan. Jika dilihat dari bawah, memang awan terlihat memantulkan lagi radiasi ke permukaan, akibatnya akan terjadi peningkatan efek pemanasan. Namun jika kita melihatnya dari atas, awan terlihat memantulkan lagi radiasi infra merah kembali ke angkasa sehingga menurunkan panas dan ada efek pendinginan.

Umpan balik selanjutnya adalah hilangnya kemampuan es dalam memantulkan cahaya. Ketika terjadi pemanasan global es di daerah kutub mencair. Ketika es mencair, daratan atau air dibawahnya akan jadi terbuka. Jika ditutupi es, eslah yang memantulkan cahaya, namun ketika daratan atau perairan sudah terbuka, maka baik daratan atau daratan ternyata hanya mampu memantulkan cahaya lebih sedikit dari es. Kedua bagian itu malah lebih cenderung menyerap panas dari matahari, akibatnya pemanasan meningkat dan espun cair dan cair lagi.

3. VARIASI MATAHARI

Variasi matahari adalah perubahan jumlah energi radiasi yang dilepaskan matahari. Variasi matahari dipengaruhi siklus matahari 11-tahunan (siklus bintik merah) selain fluktuasi-fluktuasi lainnya yang tidak periodik. Diperkirakan bahwa matahari mungkin telah memberikan pengaruh terhadap 45-50% peningkatan suhu rata-rata global selama periode 1900-2000, dan sekitar 25-35% antara tahun 1980 dan 2000. Para ilmuwan menyimpulkan bahwa walaupun ada peningkatan sensitivitas iklim terhadap pengaruh matahari.

Namun sebagian besar pemanasan yang terjadi pada dekade-dekade terakhir ini disebabkan oleh gas-gas rumah kaca. Beberapa ilmuwan berpendapat Siklus Matahari hanya memberi peningkatan kecil sekitar 0,07% dalam tingkat terang yang dihasilkannya selama 30 tahun terakhir. Dengan angka sekecil ini sepertinya Efek ini terlalu kecil untuk menyumbang terhadap pemanasan global. Bahkan Sebuah penelitian oleh Lockwood dan Fröhlich menemukan bahwa tidak ada pemanasan global dengan variasi matahari sejak tahun 1985 sebenarnya tak ada hubungan sama sekali, baik melalui variasi dari output matahari maupun variasi dalam sinar kosmis.

C. CARA MENGUKUR PEMANASAN GLOBAL

Tahun 1957 ketika para peneliti yang bekerja pada program penelitian global yaitu International Geophysical Year kemudian mengambil sampel atmosfer dari puncak gunung Mauna Loa di Hawaii. Hasilnya Ternyata kadar CO₂ meningkat konsentrasinya di atmosfer dan menyebabkan pemanasan global.

Di daerah-daerah dekat perkotaan kemudian didirikan stasiun cuaca. Letak stasiun cuaca di perkotaan dengan tujuan banyak mendapatkan data dari panas yang dihasilkan dari aktivitas kendaraan dan bangunan. Akhir abad ke-20, tercatat bahwa sepuluh tahun terhangat selama seratus tahun terakhir terjadi setelah tahun 1980, dan tiga tahun terpanas terjadi setelah tahun 1990, dengan 1998 menjadi tahun yang paling panas.

Pada tahun 2001, Intergovernmental Panel on *Climate change* (IPCC) membuat kesimpulan yang menyatakan bahwa suhu udara global telah meningkat 0,6 derajat Celcius (1 derajat Fahrenheit) sejak 1861. Mereka setuju bahwa pemanasan tersebut terutama diakibatkan oleh aktivitas manusia yang menyumbang gas-gas rumah kaca ke atmosfer. IPCC bahkan memprediksi peningkatan suhu rata-rata global akan meningkat 1.1 hingga 6.4 °C (2.0 hingga 11.5 °F) antara tahun 1990 dan 2100. Apabila gas rumah kaca yang teremisi terus meningkat, para ahli memperkirakan, konsentrasi karbon dioksida di atmosfer dapat melonjak.

D. MODEL IKLIM

Untuk memperkuat hipotesis mereka tentang Pemanasan global, Para ilmuwan telah membuat model-model komputer berdasarkan prinsip-prinsip dasar dinamika fluida, transfer radiasi, dan proses-proses lainnya. Model iklim itu yang setiap tahun mengalami perbaikan seiring kecanggihan teknologi. Hasilnya terlihat bahwa penambahan gas-gas rumah kaca berefek pada iklim yang lebih hangat.

Model-model iklim yang sudah diformulasikan juga dipakai untuk menemukan penyebab-penyebab perubahan iklim yang terjadi saat ini. Caranya adalah dengan

membandingkan perubahan yang telah diamati dengan hasil prediksi model terhadap berbagai penyebab, apakah itu alami maupun aktivitas manusia. Saat ini model iklim yang ada ternyata sudah mirip dengan perubahan suhu global hasil pengamatan selama seratus tahun terakhir, tetapi tidak menstimulasi semua aspek dari iklim. Memang model-model ini tidak secara langsung menyatakan bahwa pemanasan yang ada antara tahun 1910 hingga 1945 disebabkan oleh proses alami atau aktivitas manusia sih, namun hasilnya memperlihatkan bahwa pemanasan sejak tahun 1975 dimonopoli oleh emisi gas-gas yang ada dalam aktivitas harian manusia.

E. DAMPAK PEMANASAN GLOBAL

1. IKLIM YANG TIDAK STABIL

Apa bedanya iklim dengan cuaca? Iklim adalah situasi rata-rata cuaca yang meliputi daerah yang luas dengan waktu yang lama. Sementara Cuaca adalah keadaan udara pada suatu saat di daerah yang relatif sempit. Beberapa daerah mengalami kekeringan karena kemarau. Adanya pemanasan global menyebabkan bagian utara dari belahan Bumi utara (*Northern Hemisphere*) akan memanaskan lebih dari daerah-daerah lain di Bumi. Akibatnya gunung-gunung es kini mulai mencair sehingga daratan akan menyempit. Tak banyak lagi jumpa es yang mengapung.

Daerah-daerah yang dulu mengalami salju ringan kini tak mengalaminya lagi. Pegunungan di daerah subtropis, bagian yang tertutup salju akan semakin sedikit serta akan lebih cepat mencair. Musim tanam akan lebih lama di beberapa area. Suhu pada musim dingin dan malam hari akan cenderung untuk bertambah. Daerah yang hangat akan menjadi lebih lembap karena lebih banyak air yang menjadi uap dan lepas dari lautan. Curah hujan di seluruh dunia telah naik sebesar 1 persen dalam seratus tahun terakhir ini. Badai akan ternyata lebih sering melanda. Selain itu, air akan lebih cepat lepas jadi uap dari tanah. Akibatnya beberapa daerah akan menjadi lebih kering dari sebelumnya.

2. MENINGKATNYA PERMUKAAN AIR LAUT

Cairnya es di daerah kutub telah menyebabkan volume air laut akan bertambah, akibatnya akan terjadi peningkatan permukaan air laut sehingga daerah seputaran pantai akan terendam. Erosi dari tebing, pantai, dan bukit pasir akan mengalami peningkatan. Ketika tinggi lautan mencapai muara sungai, banjir akibat air pasang tak bisa dihindari lagi.

3. SUHU GLOBAL CENDERUNG MENINGKAT

Jika salju di daerah gurun sampai turun, pertanian gurun yang menggunakan air irigasi dari gunung-gunung yang jauh dapat menderita jika *snowpack* (kumpulan salju) yang dihasilkan musim dingin, yang selama ini berfungsi sebagai reservoir alami, akan mencair sebelum puncak bulan-bulan masa tanam. Belum lagi tanaman pangan dan hutan dapat mengalami serangan serangga dan penyakit yang lebih hebat.

4. GANGGUAN EKOLOGIS

Ketika suhu bumi memanaskan, manusia menjadi tak nyaman, begitupun makhluk hidup yang lain. Efek pemanasan mengganggu kehidupan. Hewan-hewan akan bermigrasi mencari tempat sejuk, tumbuhan mengubah arah

pertumbuhannya mencari tempat yang mendukung pertumbuhannya Manusia akan melakukan hal yang meminimalisir panas yang muncul, namun makhluk lain tentu tidak. Hewan dan tanaman bisa jadi berakhir dengan kepunahan karena tak mampu beradaptasi.

5. DAMPAK SOSIAL DAN POLITIK

Kondisi cuaca yang tak menentu menyebabkan munculnya berbagai penyakit. Bagi para petani kondisi hujan yang tak kunjung usai bisa menggagalkan panen, sementara jika panas berkepanjangan juga menyulitkan mereka untuk memulai pertanian karena susah pasokan air. Panas juga menyebabkan hutan mudah mengalami kebakaran. Banyak titik api yang berpotensi terbakar. Hutan di Indonesia sudah sering terbakar. Masalah kebakaran hutan sempat pelik dan sulit dicari solusinya.

F. PENGENDALIAN PEMANASAN GLOBAL

1. Konservasi lingkungan seperti melakukan reboisasi, penanaman pohon dan penghijauan lahan kritis.
2. Menggunakan energi yang bersumber dari energi alternatif (Energi air, matahari, angin, bioenergy) guna mengurangi penggunaan energi bahan bakar fosil (minyak bumi dan batu bara).
3. Daur ulang dan efisiensi energi.
4. Upaya pendidikan kepada masyarakat luas dengan memberikan pemahaman dan penerapan untuk mencegah terjadinya pemanasan global.

G. SOLUSI MENGATASI PEMANASAN GLOBAL

1. Mengurangi konsumsi daging dan menggantinya dengan sumber makanan nabati, karena pola konsumsi daging untuk setiap orang per tahunnya menyumbang 6.700kg CO₂.
2. Penanaman hutan kembali atau reboisasi, karena hutan memiliki fungsi vital bagi kelangsungan kehidupan makhluk hidup di dunia.
3. Mengurangi penggunaan kendaraan pribadi dan beralih menggunakan transportasi umum. Jika jarak tempat yang ingin dikunjungi tidak terlalu jauh, Anda dapat berjalan kaki atau menggunakan sepeda sebagai alat transportasi.
4. Menghemat energi, seperti mematikan lampu pada siang hari, menggunakan lampu hemat energi, atau mematikan alat elektronik yang sudah tidak digunakan. Kita dapat memulai untuk menggunakan sumber energi alternatif (angin, Matahari, air, dan lainnya).
5. Mengurangi penggunaan plastik, seperti sedotan plastik, air minum dalam kemasan plastik, dan kantong plastik. Selalu sediakan tas belanja jika bepergian.
6. Melakukan pengelolaan sampah yang benar. Pengelolaan sampah yang dimaksud meliputi pengumpulan, pengangkutan, pemrosesan, hingga pendauran ulang.
7. Melakukan aksi menjaga alam dan lingkungan kepada keluarga, teman, kerabat, atau masyarakat luas, misal dengan memberikan pengetahuan untuk menjaga alam.

H. Hasil Kesepakatan Dunia Internasional

Kekhawatiran terhadap dampak pemanasan global menjadi isu global yang menjadi perhatian sangat serius dari berbagai kalangan di dunia. Dalam upaya menanggulanginya, beberapa konferensi antarnegara diselenggarakan untuk membahas isu tersebut.

1. Kesepakatan Internasional
2. Intergovernmental Panel on *Climate change* (IPCC)
3. Protokol Kyoto
4. Asia-Pasific Partnership on Clean Development and Climate (APPCDC)
5. Sustainable Development Goals (SDGs)

I. AKIBAT PEMANASAN GLOBAL DI INDONESIA

Pada tahun 2030 menurut Badan Klimatologi Meteorologi dan Geofisika akan terjadi peningkatan suhu sebesar 0,5 derajat celcius. Selain kenaikan suhu udara, kasus kekeringan juga akan meningkat di Pulau Sumatera bagian selatan, sebagian besar Pulau Jawa, Madura, Bali, Nusa Tenggara Barat (NTB), hingga Nusa Tenggara Timur (NTT) pada 2030. Sementara musim hujan, lebat hingga ekstrim juga cenderung bertambah hingga 40 persen dibandingkan saat ini. . Hujan terus menerus selain menimbulkan genangan, yang juga dapat menimbulkan bencana banjir di berbagai daerah. Hal lain yang terjadi karena pemanasan global adalah menurunnya kadar oksigen di daerah khatulistiwa, termasuk Indonesia. Dampaknya lebih parah, dibanding kawasan negara empat musim. Proses stratifikasi ini membuat oksigen banyak terkonsentrasi di bagian atas sehingga menghasilkan banyak biomassa berupa ikan dan ganggang. Akibatnya rantai makanan dan biota laut yang membutuhkan oksigen jelas malah terganggu. Terdapat perbedaan jumlah yang tidak merata. Suhu panas ini juga melakukan penyerapan oksigen di permukaan. Perubahan ini malah mengganggu rantai makanan yang selama ini sudah terbentuk. Rantai makanan di mana kehidupan manusia basisnya adalah rantai makanan. Jika rantai makanan terganggu kacaulah proses kehidupan. Pemanasan global juga akan berdampak pada naiknya suhu sehingga bila ini terjadi maka yang ditakutkan adalah kurang konsistennya produktivitas biomassa akibat kenaikan suhu. Kondisi yang ditakutkan adalah para petani seharusnya panen jadi tidak panen.

Glosarium

- **Anomali** : pergeseran atau perubahan dari yang biasanya
- **Efek Rumah Kaca**: fenomena alami di mana gas-gas tertentu di atmosfer bumi menyerap dan memancarkan kembali sebagian dari radiasi panas yang dipancarkan oleh permukaan bumi
- **El Nino**: fenomena cuaca yang terjadi akibat peningkatan suhu permukaan air di Samudra Pasifik Tengah dan Timur yang menjadi lebih hangat dari biasanya.
- **Fotosintesis**: proses pengubahan senyawa air (H_2O) dan karbon dioksida (CO_2) dibantu oleh cahaya matahari yang diserap oleh klorofil sehingga menghasilkan senyawa glukosa ($C_6H_{12}O_6$)
- **Gas Rumah Kaca**: sejumlah gas yang menimbulkan efek rumah kaca yang terdapat di atmosfer bumi, antara lain; karbon dioksida (CO_2), belerang dioksida (SO_2), nitrogen monoksida (NO), nitrogen dioksida (NO_2), gas metana (CH_4), dan klorofluorokarbon (CFC)
- **Gletser**: bongkahan atau endapan es yang besar dan tebal yang terbentuk di atas permukaan tanah yang merupakan akibat akumulasi endapan salju atau es yang mengeras dan membatu selama kurun waktu tertentu yang sangat lama
- **Iklim**: fenomena alam yang digerakkan oleh gabungan beberapa unsur, yaitu radiasi matahari, temperatur, kelembaban, awan, hujan, evaporasi, tekanan udara, dan angin
- **Insulator**: bahan yang tidak bisa atau sulit melakukan perpindahan muatan listrik.
- **La Nina**: kondisi anomali suhu kebalikan El Nino
- **Lingkungan Periglasial**: lingkungan yang ditandai oleh embun beku intens selama musim dingin dan tanah bebas salju selama musim panas
- **Low Carbon**: Mengurangi emisi karbon
- **Low Carbon Education**: Suatu tindakan untuk menunjukkan penurunan tingkat emisi karbondioksida dimulai dari lingkungan sekolah dan keluarga.

Daftar Pustaka

Agusti, K. A., Wijaya, A., & Tarigan, D. E. (2019). Problem Based Learning dengan Konteks ESD untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Sustainability Awareness Siswa SMA pada Materi Pemanasan Global. Prosiding Seminar Nasional Fisika, 8(2), 175-182.

Arada, B., Abdurrahman, Andra, D., & Distrik, I. W. (2022). Pengaruh Model Problem Based Learning pada Materi Pemanasan Global terhadap Hasil belajar Peserta Disisk di SMA Negeri 1 Bengkunt. Jurnal Inovasi dan Pembelajaran Fisika, 9(2), 197-205.

Fitriyyah, S. J., & Wulandari, T. S. (2019). Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning terhadap Berpikir Kritis Siswa SMA pada Pembelajaran Biologi Materi Pemanasan Global. BIOEDUKASI: Jurna Pendidikan Biologi, 12(1), 1-7.

Nurramadhani, Annisa, Riandi,R., Permanasari, Anna, & Suwarma, R. (2022). Low Carbon Education: Student Understanding, Application and Daily Life and Science Learning. Journal of Engineering Science and Technology. 101-109

Puspaningsih, A. R., Tjahjarmawan, E., & Krisdianti, N. R. (2021). Buku Panduan Guru Ilmu Pengetahuan Alam. Jakarta: Pusat Kurikulum dan Perbukuan Kemendikbudristek.

Septiana, D. A., & Sunarti, T. (2019). The Implementation of Problem Based Learning with Gallery Walk Strategy on Global Warming. Inovasi Pendidikan Fisika, 8(2), 692-695.

