



## A. Atmosfer

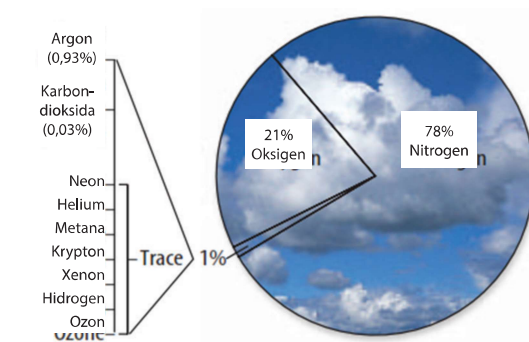
Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, diketahui Bumi adalah satu-satunya planet di Bima Sakti yang menunjang adanya kehidupan. Mengapa demikian? Seperti yang telah kamu pelajari bahwa makhluk hidup aerob memerlukan oksigen dari udara untuk bernapas. Udara adalah komponen pendukung kehidupan yang sangat penting. Udara di Bumi ini terdapat pada bagian atmosfer (*atmosphere*). Atmosfer berasal dari 2 kata Yunani, yakni *atmos* yang berarti uap dan *sphaira* yang berarti lapisan. Jadi, atmosfer adalah lapisan uap yang menyelimuti Bumi.

Atmosfer Bumi terdiri atas campuran dari gas, serta sedikit cairan dan padatan yang menyelimuti Bumi mulai dari permukaan Bumi hingga luar angkasa. Komposisi atmosfer saat ini berbeda dengan komposisi atmosfer pada saat awal terbentuknya. Atmosfer pada awalnya terbentuk dari letusan gunung berapi yang kaya nitrogen dan karbon dioksida, akan tetapi sedikit oksigen. Kemudian, organisme fotosintetik mengolah karbon dioksida menjadi oksigen dan melepaskan oksigen tersebut ke atmosfer sebagai hasil pengolahan makanan yang memanfaatkan cahaya Matahari.

Setelah terdapat oksigen di atmosfer, terbentuklah ozon ( $O_3$ ). Ozon memiliki peran yang penting bagi keberlangsungan hidup organisme yang ada di Bumi. Ozon melindungi Bumi dari radiasi Matahari yang sangat berbahaya bagi organisme di Bumi. Ozon juga melindungi tumbuhan hijau, sehingga dapat berkembang dan menghasilkan lebih banyak oksigen. Saat ini, berbagai organisme yang hidup di Bumi sangat bergantung dengan banyaknya oksigen di atmosfer.

Atmosfer saat ini merupakan campuran dari beberapa gas seperti pada Gambar 5.4. Atmosfer sebagian besar tersusun atas gas nitrogen, yakni sebesar 78%. Oksigen menyusun 21% atas atmosfer. Karbon dioksida, argon, dan beberapa gas lain menyusun sebagian kecil dari atmosfer.

Seiring dengan berjalannya waktu, komposisi atmosfer berubah dalam jumlah yang kecil namun memberi dampak yang besar bagi kehidupan. Misalnya, asap kendaraan, asap pabrik, dan pembakaran bahan bakar fosil seperti minyak Bumi yang menghasilkan polusi di udara. Polutan (zat pencemar) tersebut akan bereaksi dengan oksigen dan zat kimia lainnya menghasilkan asap. Pembakaran batu bara, minyak Bumi, dan gas alam akan menghasilkan karbon dioksida. Semakin banyak penggunaan bahan bakar fosil akan meningkatkan jumlah karbon dioksida di atmosfer.



Sumber: Snyder dkk, 2005

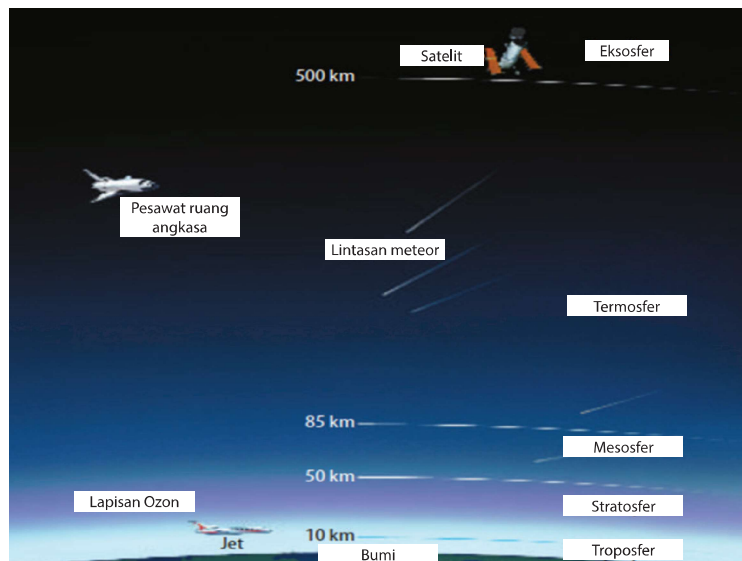
Gambar 5.4 Komposisi gas pada atmosfer

Selain gas, pada atmosfer Bumi juga terdapat padatan dan zat cair dalam jumlah yang kecil. Salah satu padatan pada atmosfer adalah debu. Partikel debu menjadi bagian atmosfer karena terbawa angin yang berhembus di permukaan Bumi hingga ke udara. Zat cair pada atmosfer yang sering dijumpai adalah

sekumpulan tetesan air yang berbentuk awan. Awan terbentuk karena proses penguapan air di permukaan Bumi, kemudian uap air tersebut menyatu menjadi awan.

## 1. Lapisan Atmosfer

Ketika kamu menyeduh kopi kemudian membiarkannya sesaat, akan menemukan bahwa pada gelas tersebut terdapat 2 lapisan. Pada lapisan atas memiliki warna lebih cerah dibandingkan lapisan bawah. Layaknya secangkir kopi, atmosfer Bumi juga terdiri atas berbagai lapisan. Terdapat 5 lapisan pada atmosfer yang memiliki karakteristik yang berbeda. Berdasarkan pada Gambar 5.5, urutan lapisan atmosfer dari bawah hingga atas adalah troposfer, stratosfer, mesosfer, termosfer, dan eksosfer.



Sumber: Snyder dkk, 2005  
Gambar 5.5. Lapisan atmosfer

Secara garis besar, atmosfer Bumi terbagi menjadi 2 bagian, yakni bagian bawah dan bagian atas. Bagian bawah terdiri atas troposfer dan stratosfer. Bagian atas terdiri atas mesosfer, termosfer, dan eksosfer.

### a. Troposfer

Sebagian besar aktivitas makhluk hidup di Bumi, termasuk manusia yang sedang tidur, belajar, dan bermain berada pada lapisan troposfer. Troposfer merupakan lapisan atmosfer yang berada di bagian paling bawah. Ketinggian troposfer terhitung mulai dari permukaan laut (0 km) hingga 10 km di atas permukaan laut (dpl). Sebagian besar bagian troposfer berbentuk uap air dan 75% terdiri atas gas-gas atmosfer. Troposfer merupakan tempat berlangsungnya sistem Bumi, seperti hujan, angin, salju, dan awan.



Sumber: blogs.ft.com  
Hujan terjadi di lapisan troposfer (a)



Sumber: wikipedia.org  
Awan yang ada di troposfer (b)

Gambar 5.6 Fenomena hujan dan awan yang terjadi pada lapisan troposfer

### b. Stratosfer

Perhatikan pesawat yang melintas di udara. Ketika kamu memerhatikan pesawat yang melintas, pesawat tersebut terlihat terbang di atas awan. Namun sebenarnya, pesawat tersebut berada di lapisan stratosfer. Stratosfer memiliki ketinggian antara 10-50 km dpl (Gambar 5.7). Lapisan stratosfer memiliki sedikit awan, namun tidak ada aktivitas cuaca, sehingga tidak mengganggu penerbangan. Sebagian besar stratosfer terdiri atas gas ozon ( $O_3$ ) yang akan lebih dibahas detail di bagian selanjutnya.



Sumber: nasa.gov  
Gambar 5.7. Pesawat yang mengudara di stratosfer

### c. Mesosfer



Sumber: nationalgeographic.com

Gambar 5.8. Fenomena hujan meteor pada mesosfer

Saat melihat fenomena meteor, kamu akan menyaksikan bahwa seolah-olah meteor tersebut melintasi Bumi dan kemudian hilang. Namun yang sebenarnya terjadi adalah meteor sedang menuju Bumi. Akan tetapi meteor tersebut terbakar habis di atmosfer. Dengan demikian, terlihat seolah-olah meteor tersebut melintasi Bumi. Lapisan atmosfer yang membakar habis meteor tersebut adalah mesosfer. Lapisan mesosfer terletak pada ketinggian 50-85

km dpl. Lapisan ini menjadi lapisan pelindung Bumi dari benda-benda luar angkasa. Kebanyakan meteor yang menuju Bumi akan terbakar habis di mesosfer.

### d. Termosfer

Ketika sebuah pesawat ulang-alik milik NASA bersamaan dengan peluncuran teleskop Hubble, pernahkah terpikirkan dimana teleskop Hubble tersebut berada? Apakah masih di dalam Bumi? Teleskop Hubble milik NASA mengorbit pada lapisan termosfer. Lapisan termosfer memiliki ketinggian antara 85-500 km dpl. Dinamakan termosfer karena suhu yang sangat panas yakni pada lapisan ini mencapai  $1.982^{\circ}\text{C}$ . Selain sebagai tempat mengorbitnya teleskop Hubble dan pesawat ulang-alik, termosfer juga berfungsi sebagai pelindung Bumi dari radiasi ultraviolet.

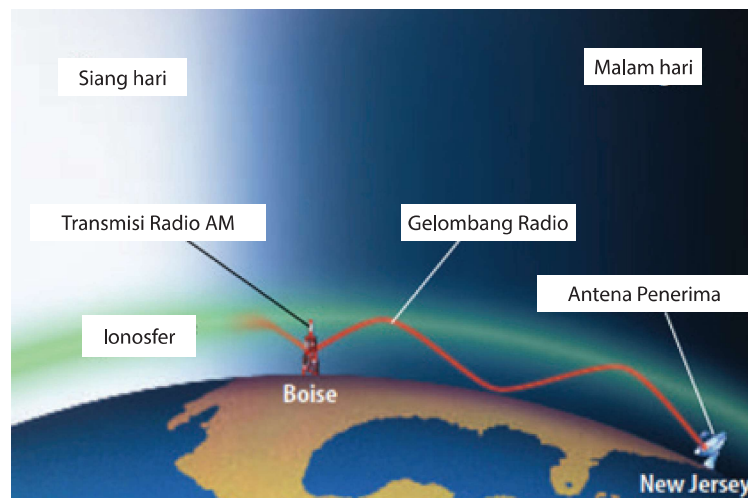
#### Bahan Informasi

##### TELESKOP HUBBLE



Sebuah teleskop luar angkasa yang diciptakan oleh Edwin Hubble pada tahun 1985. Lima tahun kemudian teleskop ini di"angkasakan" oleh NASA. Tepatnya tahun 1990. Teleskop dengan massa 11.110 kg ini mengorbit pada ketinggian 559 km. Teleskop Hubble sangat membantu perkembangan ilmu astronomi. Dengan teleskop Hubble para ilmuwan mengobservasi dan mempelajari tentang jagad raya serta objek-objek luar angkasa seperti lubang hitam (*black hole*), galaksi, bintang, dan lain-lain.

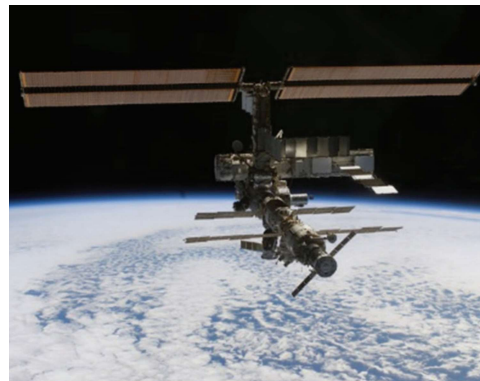
Pada mesosfer dan termosfer terdapat lapisan yang memiliki partikel ion (bermuatan) yang disebut ionosfer. Ketika kamu mendengarkan radio pada malam hari, siaran radio dari kota lain akan terdengar lebih jelas. Hal ini disebabkan karena adanya lapisan ionosfer. Pada siang hari, energi dari Matahari mengenai partikel pada ionosfer mengakibatkan partikel tersebut menyerap gelombang radio dengan frekuensi AM. Pada malam hari, tanpa energi Matahari, gelombang radio dipantulkan pada ionosfer, sehingga dapat terpancar dengan jarak yang lebih jauh seperti yang diilustrasikan pada Gambar 5.9 berikut.



Sumber: Snyder dkk, 2005  
Gambar 5.9. Pemantulan gelombang radio pada ionosfer

#### e. Eksosfer

Perhatikan Gambar 5.10 di samping ini. Dimanakah satelit tersebut mengorbit? Apakah masih dalam atmosfer Bumi? Satelit-satelit buatan yang mengitari Bumi tersebut masih berada dalam atmosfer Bumi, tepatnya pada lapisan eksosfer. Lapisan eksosfer terdapat pada ketinggian lebih dari 500 km dpl. Kandungan utama dari eksosfer adalah gas hidrogen. Jika kamu pernah melihat video atau film tentang penjelajahan luar angkasa, kamu akan menjumpai bahwa pesawat luar angkasa maupun satelit yang mengorbit di eksosfer tidak dapat bergerak bebas seperti pesawat yang biasa kamu lihat. Hal ini disebabkan eksosfer memiliki sedikit



Sumber: <http://scied.ucar.edu>  
Gambar 5.10. Satelit yang mengorbit Bumi pada lapisan eksosfer



molekul, sehingga gaya tekan udara sangat rendah, dan mengakibatkan sayap dari pesawat luar angkasa tidak berfungsi. Pergerakan dari satelit atau pesawat luar angkasa tersebut bergantung pada mesin pendorongnya.

## 2. Tekanan Udara

Perhatikan Gambar 5.11 di samping ini, yaitu permainan panjat pinang. Untuk dapat mencapai puncak pohon pinang tersebut peserta harus saling menopang dari bawah hingga ke atas seperti tampak pada gambar. Pada kondisi tersebut, siapakah yang menahan beban paling besar? Pemain yang ada di atas atau di bawah?

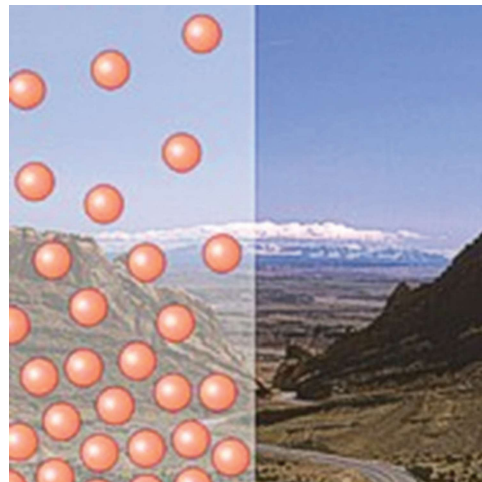
Kamu ingat bahwa salah satu sifat zat adalah memiliki massa. Gas yang terdapat di atmosfer juga memiliki massa. Atmosfer menyelubungi Bumi hingga ratusan kilometer di atas permukaan Bumi. Gravitasi Bumi akan menghasilkan gaya tarik molekul gas mengarah ke permukaan Bumi, sehingga berat molekul suatu gas akan menekan udara di bawahnya. Akibatnya, molekul udara di dekat permukaan Bumi lebih rapat. Udara yang memiliki kerapatan tinggi ini akan menghasilkan gaya tekan yang besar pula. Gaya yang diberikan pada suatu daerah disebut tekanan.

Seperti ilustrasi tentang pemain panjat pinang di atas, tekanan udara di dekat permukaan Bumi juga lebih besar. Besarnya tekanan udara akan berkurang seiring dengan



Sumber: kebudayaanindonesia.com

Gambar 5.11 Permainan panjat pinang



Sumber: noaa.gov

Gambar 5.12. Tekanan udara menurun seiring dengan bertambahnya ketinggian

bertambahnya ketinggian atmosfer seperti pada Gambar 5.12. Ketika kamu sedang mendaki gunung, atau berada di daerah pegunungan akan merasakan kesulitan untuk bernapas seperti biasa. Hal tersebut terjadi karena di daerah yang lebih tinggi, jumlah molekul udara termasuk oksigen semakin sedikit.



### Ayo Berdiskusi

#### Oksigen di Pegunungan

Atmosfer menyelimuti Bumi hingga ketinggian ratusan kilometer. Akan tetapi, semakin tinggi dari permukaan Bumi, maka jumlah molekul udara semakin berkurang. Jadi, semakin tinggi semakin kecil tekanan udaranya.

#### Identifikasi Masalah

Gambar 5.13 di samping ini merupakan grafik hubungan antara ketinggian dengan tekanan udara. Seorang pendaki profesional melakukan pendakian di gunung Jaya Wijaya Papua yang memiliki ketinggian 4.884 meter. Beberapa bulan berselang pendaki tersebut melanjutkan pendakian ke puncak Himalaya yang memiliki ketinggian 8.884 meter. Setelah melakukan pendakian, pendaki akan bercerita bahwa semakin tinggi gunung yang didaki maka semakin sulit pula ia bernapas.



Sumber: Snyder dkk, 2005

Gambar 5.13 Grafik hubungan antara ketinggian dengan tekanan udara

#### Analisis Pemecahan Masalah

1. Berdasarkan grafik di atas buatlah perkiraan besarnya tekanan udara di puncak Jaya Wijaya dan puncak Himalaya.
2. Hubungkan hasil perkiraan tekanan udara dengan jumlah molekul yang ada di udara tersebut.

Sumber: Snyder, 2005





## Ayo Mencoba

### Percobaan Menghitung Massa Udara

#### Tujuan

1. Membuktikan bahwa udara memiliki massa.
2. Mendeskripsikan hubungan antara jumlah udara dengan massa udara.

#### Alat dan Bahan

1. Bola sepak
2. Pentil bola
3. Pompa
4. Neraca

#### Cara Kerja

1. Kosongkan udara di dalam bola dengan menggunakan pentil bola.
2. Timbang massa bola tanpa udara tersebut menggunakan neraca.
3. Catat hasil pengukuran yang diperoleh pada tabel pengamatan.
4. Pasang pentil bola pada pompa.
5. Pompa bola sebanyak 3 kali tekanan.
6. Ukur massa bola yang telah dipompa tersebut.
7. Catat hasil pengukuran yang diperoleh pada tabel pengamatan.
8. Ulangi cara kerja 4 sampai dengan 7 untuk jumlah tekanan pompa sebanyak 5 kali dan 7 kali.

#### Tabel Pengamatan

No	Jumlah Tekanan Pompa	Massa (gram)
1.	0 (bola kosong)	
2.	3 kali	
3.	6 kali	
4.	9 kali	

### Analisis

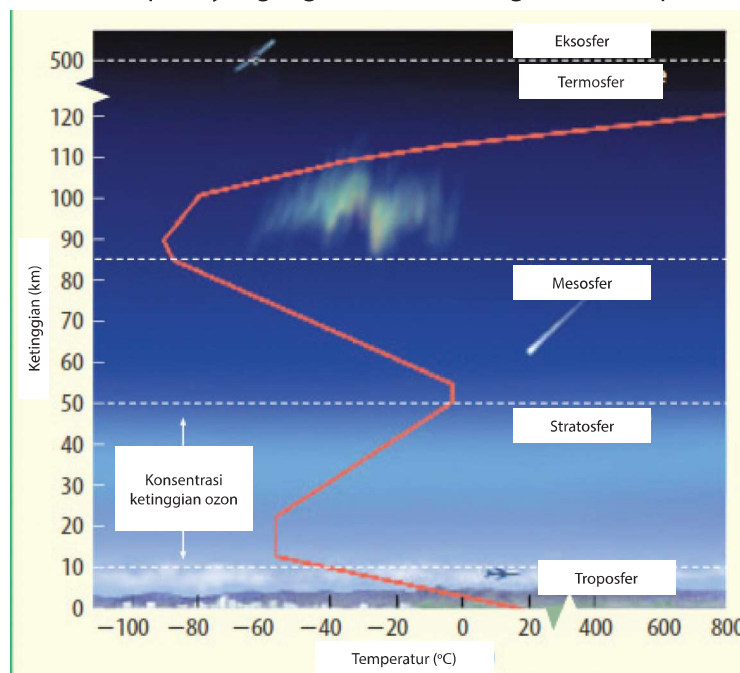
1. Berdasarkan data yang diperoleh, adakah perbedaan massa bola sebelum dan setelah dipompa? Bagaimana perbedaannya? Coba deskripsikan.
2. Bagaimana besarnya massa benda pada jumlah tekanan pompa sebanyak 3x, 5x, dan 7x?

### Simpulan

Buatlah sebuah simpulan yang mengacu pada tujuan kegiatan.

## 3. Suhu di Atmosfer

Matahari merupakan sumber energi terbesar di galaksi Bima Sakti. Energi Matahari dipancarkan dengan cara radiasi ke seluruh sistem galaksi Bima Sakti. Sebelum mencapai permukaan Bumi, radiasi energi Matahari akan melewati atmosfer, oleh atmosfer sebagian energi Matahari akan diserap dalam bentuk kalor atau panas. Akan tetapi, tidak semua gas penyusun atmosfer mudah menyerap energi Matahari. Beberapa lapisan atmosfer tertentu memiliki molekul gas yang sulit menyerap energi Matahari. Dengan demikian, suhu di tiap lapisan atmosfer berbeda seperti yang digambarkan oleh garis merah pada Gambar 5.14 berikut.



Sumber: Snyder, 2005  
Gambar 5.14. Perubahan temperatur pada lapisan atmosfer

Lapisan troposfer memiliki suhu antara  $-52^{\circ}\text{C}$  hingga  $17^{\circ}\text{C}$ . Berdasarkan pada gambar tersebut, bagian terendah dari stratosfer memiliki suhu yang paling hangat. Hal ini terjadi karena permukaan Bumi menyerap energi radiasi Matahari kemudian menyalurkannya ke udara di atasnya.

Berbeda dengan lapisan troposfer, suhu di lapisan stratosfer semakin tinggi seiring dengan bertambahnya ketinggian. Hal ini disebabkan adanya ozon. Ozon terdapat di bagian atas stratosfer. Molekul ozon mampu menyerap energi Matahari, sehingga mengakibatkan kenaikan temperatur.

Lapisan mesosfer memiliki karakteristik seperti stratosfer, yakni semakin tinggi maka temperaturnya semakin rendah. Hal ini dikarenakan mesosfer tersusun atas molekul gas yang sulit menyerap energi Matahari.

Lapisan termosfer dan eksosfer merupakan lapisan pertama yang menerima radiasi energi Matahari. Lapisan termosfer dan eksosfer memiliki jumlah molekul yang sedikit. Akan tetapi, molekul pada 2 lapisan ini sangat efektif dalam menyerap energi Matahari. Akibatnya, semakin tinggi ketinggiannya semakin besar pula temperaturnya.

#### 4. Lapisan Ozon

Perhatikan hasil pengukuran suhu kota Surabaya di samping ini. Pada Gambar 5.15 menggambarkan, suhu kota Surabaya pada tanggal 14 Oktober 2015 sebesar  $31^{\circ}\text{C}$ . Jika kamu tinggal di Surabaya, apa yang kamu rasakan? Sebagian besar orang akan menjawab pasti di Surabaya sangat panas. Selain itu, ketika tinggal di Surabaya kamu akan lebih rajin melindungi kulit dengan jaket atau menggunakan *sun block*. Ketika kamu berada di tempat yang terpapar Matahari yang terik pasti kamu akan merasakan panas Matahari seakan membakar kulitmu.

Kota Surabaya  
Rabu 09.00  
Sebagian Besar Cerah



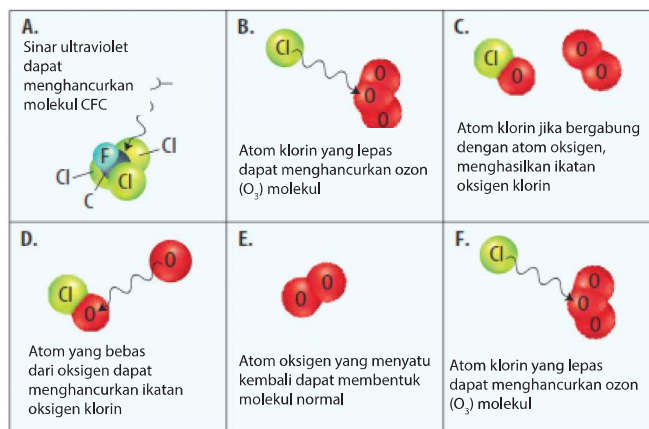
Sumber: weather.com  
Gambar 5.15 Suhu kota Surabaya 14 Oktober 2015

Apakah yang kamu rasakan di Surabaya dan di Bumi pada umumnya adalah radiasi energi maksimal dari Matahari? Matahari merupakan penghasil energi terbesar di galaksi Bima Sakti. Energi yang dihasilkan Matahari dipancarkan

dengan cara radiasi. Salah satu bentuk energi radiasi yang dihasilkan Matahari adalah sinar **ultraviolet**. Jika terlalu lama terpapar sinar ultraviolet ini maka dapat merusak kulit dan menyebabkan kanker kulit. Akan tetapi, hanya 50% dari energi radiasi Matahari yang sampai ke permukaan Bumi. Pada kenyataannya, jumlah radiasi ultraviolet yang sampai ke permukaan Bumi hanya 1%, karena 99% radiasi ultraviolet diserap oleh **lapisan ozon**.

Lapisan ozon terdapat pada stratosfer pada ketinggian 18-54 km dpl. Ozon tersusun atas oksigen sebagai bahan dasar. Oksigen yang kita hirup memiliki 2 atom oksigen tiap molekulnya. Satu molekul ozon memiliki 3 atom oksigen yang berikatan. Ozon berfungsi untuk menyerap sebagian besar radiasi ultraviolet yang ada dalam atmosfer. Kandungan ozon dalam stratosfer sangat tinggi, sehingga melindungi Bumi dari radiasi Matahari yang berbahaya. Ozon menyerap sebagian besar radiasi ultraviolet yang ada dalam atmosfer. Walaupun lapisan ozon tidak terlihat, kehidupan di Bumi bergantung pada keberadaannya.

Konsentrasi ozon di atmosfer berubah-ubah setiap waktu. Salah satu faktor yang memengaruhi konsentrasi ozon adanya gas *Chloroflourocarbon* (CFC). Gas CFC berasal dari pendingin lemari es, *air conditioner* (AC), dan parfum. CFC mampu memecah molekul ozon yang ada di atmosfer. CFC terdiri atas atom carbon (C), Fluor (F), dan Klorin (Cl). Kandungan klorin dari CFC dapat memecah molekul ozon seperti Gambar 5.16 berikut.

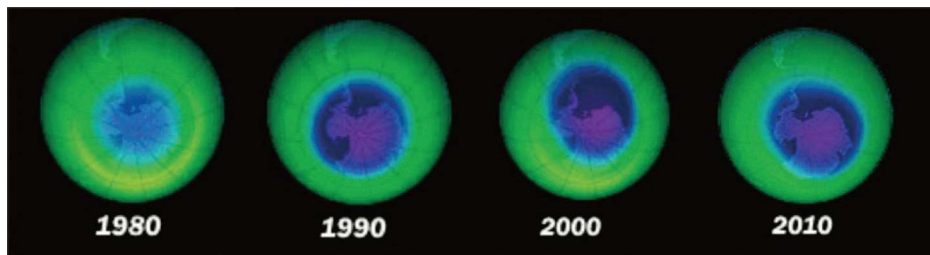


Sumber: Snyder, 2005  
Gambar 5.16 Proses pemecahan molekul ozon oleh CFC

Ketika CFC berada di atmosfer, sinar ultraviolet memecah molekul CFC, kemudian atom klorin yang bebas akan mendekati dan memecah molekul ozon. Satu atom oksigen berikatan dengan klorin, sedangkan sisanya membentuk

molekul oksigen ( $O_2$ ). Proses tersebut terus berlangsung ketika terdapat klorin di atmosfer. Senyawa yang dibentuk oleh reaksi klorin dan atom oksigen tidak dapat menyerap radiasi Matahari. Akibatnya, akan semakin banyak ultraviolet yang sampai ke permukaan Bumi.

Pemecahan molekul ozon oleh CFC mengakibatkan penurunan konsentrasi ozon secara berkala. Penurunan ozon tersebut terjadi di bagian Kutub Utara (Antartika). Fenomena ini disebut lubang ozon. Pada setiap tahun, konsentrasi ozon pada akhir bulan Agustus atau awal September mulai menurun. Pada bulan Oktober, konsentrasi ozon mencapai titik terendah. Kemudian konsentrasi ozon akan terus naik dan lubang ozon akan hilang pada bulan Desember.



Sumber: nasa.gov

Gambar 5.17. Perubahan lubang ozon

Hasil pengamatan NASA menunjukkan bahwa lubang ozon semakin membesar dari tahun 1980 hingga tahun 2010 yang disajikan pada Gambar 5.17. Pada gambar tersebut, terlihat warna biru tua menggambarkan konsentrasi ozon yang paling rendah. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa dari tahun 1980-2010 luas atmosfer dengan konsentrasi ozon rendah semakin meluas. Hal ini menunjukkan dampak serius dari penggunaan CFC.