

Pada bagian akhir ini, Saudara akan memperoleh informasi tentang bumi kita. Bumilah tempat kita tinggal dan sekaligus tempat untuk menggantungkan hidup dan kehidupan kita, manusia itu sendiri. Keadaan di Bumi sangat dipengaruhi oleh faktor matahari dan faktor manusia di samping faktor lain yang juga berpengaruh adalah satelit bumi (bulan) dan benda angkasa lainnya.

Aktivitas kehidupan manusia di permukaan bumi kini sangat kompleks. Dari mana manusia memperoleh zat untuk kehidupannya seperti bernafas, pangan, papan, sandang, transportasi, komunikasi? Kemana pula manusia membuang zat hasil aktivitas yang sudah tidak diperlukannya lagi?

Pada hakekatnya, manusia memperoleh zat kimia dari bumi dan membuangnya kembali ke bumi.

Tujuan-tujuan khusus yang hendak dicapai setelah mempelajari BBM-12 ini adalah agar mahasiswa dapat:

- 1) Menyatakan bagan struktur bumi.
- 2) Menyebutkan kandungan kimia utama dari bumi.
- 3) Menyebutkan bagian bumi yang kandungan kimianya telah berhasil diketahui manusia.
- 4) Menjelaskan manfaat kimia dari kerak bumi bagi manusia.
- 5) Mendeskripsikan hidrosfer bumi dari segi kimia.
- 6) Mendeskripsikan atmosfer bumi dari segi kimia.
- 7) Menunjukkan hubungan antar litosfer-hidrosfer-atmosfer dari bumi.
- 8) Mendeskripsikan air di bumi bagi manusia.
- 9) Mendeskripsikan tanah di bumi bagi manusia.
- 10) Mendeskripsikan udara di bumi bagi manusia.
- 11) Menunjukkan aliaran materi di bumi.

BBM-12 akan disajikan ke dalam 2 (dua) Kegiatan Belajar seperti berikut.

- (1) Kegiatan Belajar 12.1: Struktur Bumi Dan Komposisi Kimianya
- (2) Kegiatan Belajar 12.2: Air, Tanah, Dan Udara.

12.1. STRUKTUR BUMI DAN KOMPOSISI KIMIANYA

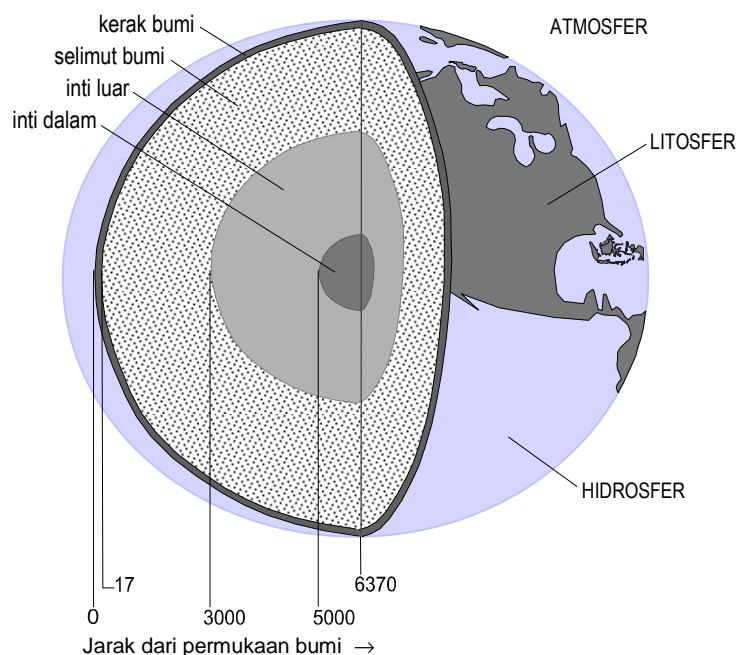
Bumi merupakan salah satu planet dalam sistem matahari yang terdiri dari matahari, dan planet-planet beserta satelitnya. Bumi dapat dianggap sebagai bola yang berjari-jari 6370 km. Isi bumi sangat sulit diketahui karena sangat bergantung kepada kemampuan manusia menembus bumi. Pengeboran ke dalam bumi yang pernah dilakukan orang baru di sekitar kedalaman 10 km. Berbeda dengan kemampuan manusia dalam menembus dan menjelajah ruang angkasa sudah sampai ribuan km.

Jika manusia mampu mengenal isi bumi dengan lebih baik, maka mereka akan menguasainya dan mampu memanfaatkannya. Ilmu yang kini terus berkembang adalah **geokimia**, yakni ilmu yang mempelajari kimia bumi; dan merupakan cabang dari **geologi**. Saat ini manusia mempelajari isi bumi antara lain dibantu dengan satelit yang mengirimkan gambarnya ke bumi.

A. STRUKTUR DAN KOMPOSISI BUMI

Pengetahuan tentang struktur bumi banyak disumbangkan oleh para geofisikawan. Para geofisikawan mempelajarinya dengan menggunakan alat yang dapat merekam penjalaran gelombang seismik dari dalam bumi. Gelombang seismik dapat dihasilkan oleh gempa bumi atau oleh ledakan buatan.

Dari hasil kajian atas gelombang seismik, para ahli menyimpulkan bahwa bumi terdiri atas lapisan-lapisan. Antar lapisan satu dengan lapisan lainnya terdapat perbedaan yang tajam dalam hal struktur dan komposisi. Gbr 12.1 memperlihatkan struktur bumi dari hasil penelitian geofisika.



Gbr 12.1 Struktur, Kedalaman, dan Daerah Permukaan dari Bumi

Pada Gbr 12.1 memperlihatkan bahwa struktur bumi terdiri atas 3 lapisan utama yakni **kerak**, **selimut**, dan **inti**. Setiap lapisan memiliki ketebalan dan komposisi kimianya masing-masing.

- Kerak bumi merupakan lapisan tipis berwujud padat dengan ketebalan rata-rata 17 km terbentang dengan ketebalan 4 hingga 70 km, dan dengan massa $\pm 0,4\%$ dari total massa bumi (diperkirakan mengandung 81 unsur). Lapisan atas (setebal 40 km) banyak mengandung senyawa silikon dan senyawa aluminium (disebut *lapisan sial*); lapisan bawah (25 km) banyak mengandung senyawa silikon dan senyawa magnesium (disebut *lapisan sima*).
- Selimut bumi, lapisan yang terletak di bawah kerak bumi dan dipercaya hampir berupa padatan. Ketebalannya ± 3000 km dan massanya $\pm 68,2\%$ dari total massa bumi. Lapisan ini diperkirakan terutama terdiri dari 5 jenis unsur, yakni Si, Mg, Fe, Al, dan O.
- Inti bumi, bagian terdalam dari bumi. Bagian ini terdiri dari inti-luar (*outer core*) berupa lelehan, dan inti-dalam (*inner core*) berupa padatan. Diduga inti bumi mengandung 90% logam Fe, 8% logam Ni, dan sisanya logam Co.

Dari ketiga lapisan penyusun bumi, hanya kerak bumi yang sudah banyak diketahui manusia. Bagian atau zona lain dari bumi yang juga sudah banyak diketahui adalah hidrosfer dan atmosfer. Tabel 12.1 memberikan komposisi bumi sebagai keseluruhan.

Tabel 12.1 Komposisi Bumi

Unsur	Fe	O	Si	Mg	Ni	S	Ca	Al	Mn	Cr	Na	Co	P	K	Ti
Persen-massa	34,6	29,5	15,2	12,7	2,4	1,9	1,13	1,09	0,57	0,26	0,23	0,13	0,10	0,07	0,05

B. SIFAT DAN KOMPOSISI KERAK BUMI

Kerak bumi disebut juga *kulit bumi* atau *litosfer*. Kerak bumi terdiri dari berbagai jenis batuan dan tanah dengan komposisi berbeda-beda; bagian ini menjadi penting karena manusia dapat memanfaatkannya secara langsung. Para geokimiawan melakukan penelitian terhadap sampel kerak bumi berupa batuan beku. Batuan beku adalah hasil pembekuan magma dan merupakan penyusun utama kerak bumi. Sebagian kecil batuan beku pecah dan melapuk. Kerak bumi dianggap tersusun dari 95% batuan beku, 4% shale, 0,75% batu pasir, dan 0,25% batu kapur. Batuan sebagai sampel sebenarnya terdiri dari campuran padatan oksida logam dengan komposisi seperti ditunjukkan menurut Tabel 12.2. SiO_2 (disebut **silika** atau **kuarsa**) merupakan komponen utama dari batuan penyusun kerak bumi

Tabel 12.2 Komposisi Kerak Bumi berdasarkan Oksidanya

Jenis oksida	SiO_2	Al_2O_3	Al_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5
Persen-massa	60,2	15,6	3,14	3,88	3,56	5,17	3,91	3,19	1,06	0,30

Data Tabel 12.2 dapat dinyatakan ke dalam bentuk urutan kadar unsur penyusun kerak bumi (lihat Tabel 12.3).

Tabel 12.3 Dua Belas Unsur terbanyak di Kerak Bumi

Unsur	O	Si	Al	Fe	Ca	Na	K	Mg	H	Ti	Cl	P
Persen-massa	49,5	25,7	7,5	4,7	3,4	2,6	2,4	1,9	0,9	0,6	0,2	0,1

C. SIFAT DAN KOMPOSISI HIDROSFER BUMI

Semua air yang ada di dalam bumi dan di permukaan bumi digolongkan ke dalam lapisan air atau *hidrosfer*. Lapisan air (hidrosfer) ini meliputi air permukaan (seperti air laut, air sungai, air danau) dan air dalam tanah.

Jumlah air dalam hidrosfer menurut sumbernya ditunjukkan oleh Tabel 12.4.

Tabel 12.4 Jumlah Air di Hidrosfer

Sumber air	Jumlah (dalam mil ³)
Air Laut	329.000.000
Air Danau dan Air Sungai	55.000
Air dari Glasier	3.250.000
Air Tanah (di atas 12.500 kaki)	1.080.000
Air Tanah (di bawah 12.500 kaki)	19.700.000

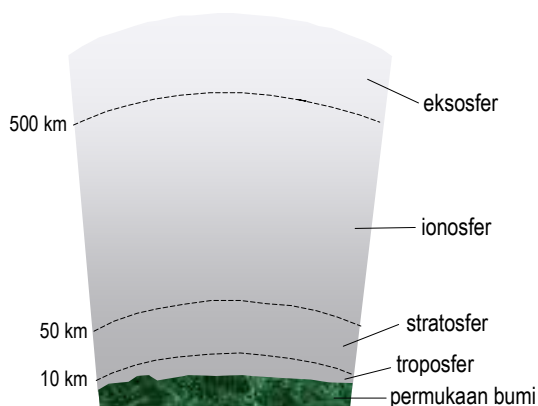
Tampak bahwa jumlah air di hidrosfer terpusat pada air laut berarti sedikit perubahan dari air lainnya relatif tidak mengubah jumlah air laut. Oleh karena itu perubahan jumlah air laut akibat penyerapan, penambahan, atau penguapan pada air laut, relatif tidak mengubah jumlah air laut atau air di bumi.

Dalam hal lain, air laut mengandung garam-garam terlarut. Banyaknya garam terlarut tidak sampai 3,5 %; jadi sisanya 96,5% berupa air murni. Komposisi ini juga relatif tidak berubah oleh adanya garam baru yang masuk ke air laut. Ada 2 sumber garam yang masuk ke air laut yaitu (1) garam klorida dan garam sulfat yang berasal dari gunung berapi, dan (2) mineral yang terbawa aliran air masuk ke air laut. Selain itu air juga dapat melarutkan beberapa gas, terutama gas oksigen (O₂). Kemampuan “melarutkan” dari air menyebabkan air alam (air di bumi) merupakan air yang tidak murni.

D. SIFAT DAN KOMPOSISI ATMOSFER BUMI

Zona atau daerah yang membungkus bumi adalah lapisan berwujud gas yang disebut **lautan udara** atau **atmosfer**.

Lingkup udara atau atmosfer udara mencakup mulai dari permukaan bumi hingga ketinggian hampir 200 km di atas permukaan bumi. Atmosfer udara terbagi atas beberapa lapisan, dan lapisan yang paling berhubungan langsung dengan diri kita adalah *troposfera*. (Lihat Gbr 12.2)



Gbr 12.2 Lapisan Atmosfer Udara

Udara terdiri atas campuran homogen dari berbagai gas; komposisi gas-gas di atmosfer berubah-ubah dan berbeda bergantung pada tempatnya. Penguapan dan pengembunan (karena perbedaan temperatur) dari hidrosfer dan makhluk di bumi akan mempengaruhi uap air di udara. Rata-rata udara mengandung uap air dengan kadar berkisar dari 0,14% sampai 1,56% volum. Komposisi udara sering dinyatakan sebagai “komposisi udara kering” (lihat Tabel 12.5).

Tabel 12.5 Komposisi Udara Kering

ZAT		KADAR	
Nama	Rumus Kimia	(dalam % volum)	(dalam ppm)
Nitrogen	N ₂	78,08	780800
Oksigen	O ₂	20,95	209500
Argon	Ar	0,93	9300
Karbon dioksida	CO ₂	0,03	300
Neon	Ne	0,00182	18,2
Helium	He	0,00052	5,2
Metana	CH ₄	0,00020	2,0
Kripton	Kr	0,00011	1,1
Hidrogen	H ₂	0,00005	0,5
Xenon	Xe	0,000009	0,09
Ozon	O ₃	0,000003	0,03

Udara di daerah industri atau padat kendaraan berbeda dengan udara di daerah pertanian atau pulau terpencil; komposisi udaranya akan berbeda

Atmosfer selain menjadi sumber gas oksigen untuk pernafasan juga berperan sebagai perisai terhadap radiasi ultraviolet dari matahari, dan sebagai selimut yang menjaga suhu permukaan bumi. Atmosfer merupakan sistem yang sangat kompleks; dan lapisan ini dapat dibagi menjadi 4 lapisan utama, yakni

- (1) **Troposfer.** Lapisan terendah (terdekat dengan permukaan bumi) dengan ketebalan antara 8-10 km. Zat kimia yang banyak dikandung di lapisan ini adalah berupa molekul seperti N₂ dan O₂. Pada lapisan inilah gejala cuaca dan awan terbentuk.
- (2) **Stratosfer.** Lapisan setebal 50 km di atas lapisan troposfer. Di stratosfer inilah ditemukan lapisan ozon (O₃), lapisan yang memiliki peran sangat penting bagi kehidupan makhluk di bumi. Molekul-molekul O₂ di lapisan ini ada yang terurai menjadi atom-atom O; dan atom-atom O ini kemudian bereaksi molekul-molekul O₂ lainnya membentuk molekul ozon (O₃).
- (3) **Ionosfer.** Lapisan dengan tebal ±500 km di atas lapisan stratosfer. Dari namanya (ionosfer), lapisan ini banyak mengandung nitrogen dan oksigen yang terionisasi.
- (4) **Eksosfer.** Lapisan di atas ionosfer. Pada lapisan ini, zat kimia berupa atom dapat bebas lepas ke angkasa.

Berbagai reaksi terjadi akibat radiasi sinar matahari. Susunan zat di *atmosfer-atas* (stratosfera dan mesosfera) berperan untuk melindungi kehidupan di permukaan bumi dari radiasi langsung sinar matahari. Sinar matahari yang mengenai permukaan bumi telah disaring oleh atmosfer-atas. Dengan tidak adanya zat-zat di *atmosfer-atas* seperti itu akan berpengaruh langsung terhadap kondisi dan kehidupan di permukaan bumi.

Yang penting untuk diketahui bahwa 95% dari komposisi udara (Tabel 12.5) terkonsentrasi di troposfera; makin tinggi dari permukaan makin berkurang komposisinya. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa **udara bersih** adalah udara yang mempunyai komposisi 78,08% N₂; 20,95% O₂; 0,93% Ar; 0,033% CO₂; 0,00001% CO, dan 0,1% gas lainnya.



L

LATIHAN 12.1

1. Bagian dari bumi manakah yang berhasil banyak diketahui manusia?
2. Manfaat apa yang dapat diambil langsung oleh manusia dari kerak bumi?
3. Mengapa air alam itu tidak murni? Sebutkan dua tipe zat yang terlarut dalam air alam.
4. Sebutkan 2 gas penting di atmosfer yang berguna bagi kelangsungan hidup dari makhluk hidup.
5. Apa fungsi dari atmosfer terhadap bumi?

R

RANGKUMAN 12.1

- *Geokimia* adalah ilmu yang mempelajari kimia bumi; dan merupakan cabang dari geologi.
- Struktur bumi terdiri atas 3 lapisan utama yakni *kerak bumi*, *selimut bumi*, dan *inti bumi*. Setiap lapisan memiliki ketebalan dan komposisi kimianya masing-masing. Secara keseluruhan, 4 unsur terbesar kandungan bumi adalah Fe, O, Si, dan Mg.
- Lapisan penyusun bumi yang paling banyak diketahui manusia adalah kerak bumi. Bagian atau zona lain dari bumi yang juga sudah banyak diketahui adalah hidrosfer dan atmosfer.
- *Kerak bumi* (atau *kulit bumi* atau *litosfer*) terdiri dari berbagai jenis batuan dan tanah dengan komposisi berbeda-beda. Kerak bumi merupakan bagian penting karena manusia dapat memanfaatkannya secara langsung. Kerak bumi dianggap tersusun dari 95% batuan beku, 4% shale, 0,75% batu pasir, dan 0,25% batu kapur.
- Lapisan air (hidrosfer) meliputi air permukaan (seperti air laut, air sungai, air danau) dan air dalam tanah. Jumlah air dalam hidrosfer paling banyak bersumber dari air laut (lautan/samudera) kira-kira 95% permukaan bumi.
- Atmosfer atau lautan udara merupakan zona atau daerah berwujud gas yang membungkus bumi; mencakup mulai dari permukaan bumi hingga ketinggian hampir 700 km di atas permukaan bumi. Zona ini terbagi atas beberapa lapisan, yakni *troposfer* (tebal 8-10 km; lapisan terdekat dengan permukaan bumi), *stratosfer* (tebal 50 km), *ionosfer* (tebal 100-600 km), dan *eksosfer* (lapisan paling luar). Komposisi udara di troposfer adalah N_2 (78%), O_2 (21%), dan gas lain (1%).



TES FORMATIF 12.1

01. Bumi memiliki struktur yang meliputi _____; _____; dan _____.
02. Daerah di bumi yang paling banyak diketahui manusia adalah _____; _____; dan _____.
03. Dimanakah lapisan sima dan lapisan sial ditemukan?
04. Di daerah manakah dari bumi yang kandungan batuan beku paling banyak?
05. Zat utama apakah yang menjadi penyusun batuan beku?
06. Di daerah manakah dari bumi, manusia mengambil bahan tambang?
07. Garam dapur yang kita gunakan sebagai bumbu dapur bersumber dari air permukaan atau air laut. (*)
08. Sebutkan 2 komponen dengan komposisi terbesar dari komponen udara kering!
09. Apa peran atmosfer bagi kehidupan makhluk di permukaan bumi?
10. Bagaimana ozon terbentuk di atmosfer?

Ketrangan: (*) pilih salah satu.



BALIKAN DAN TINDAK LANJUT

Periksalah jawaban Sdr terhadap Tes Formatif 12.1 dengan cara mencocokkannya dengan Kunci Jawaban Tes yang disajikan pada halaman akhir Bahan Belajar Mandiri ini. Sdr dapat mengukur tingkat penguasaan (TP) Materi Kegiatan Belajar Mandiri 12.1 dengan cara menghitung jumlah jawaban yang benar (JJB) kemudian substitusikan ke dalam Rumus Tingkat Penguasaan berikut.

$$\text{Rumus: } TP = \frac{\text{JJB}}{10} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan (TP):

- 90% - 100% = Baik sekali
- 80% - 89% = Baik
- 70% - 79% = Cukup
- < 69% = Kurang

Bila Sdr mencapai TP minimal sebesar 80%, anda dapat meneruskan untuk melaksanakan Kegiatan Belajar 12.2. Namun bila kurang dari 80%, Sdr harus mempelajari kembali Kegiatan Belajar 12.1 terutama pada materi belum Sdr kuasai.



12.2. AIR, UDARA, TANAH, DAN SIKLUS ZAT

Setiap individu memerlukan tempat hidup, membutuhkan makanan, dan keperluan hidup lainnya. Dengan sendirinya, individu itu tak dapat melepaskan diri dari kehidupan dan pengaruh lingkungan sekitarnya.

Dengan kata lain, setiap individu, setiap manusia, setiap makhluk hidup, selalu berhubungan dan berinteraksi timbal balik dengan sesamanya, dan dengan lingkungan kehidupannya. Lingkungan itu buruk maka buruk pula kehidupan individu itu; demikian pula, sebaliknya yang akan terjadi.

Secara garis besarnya, lingkungan kehidupan meliputi udara, air, dan tanah. Kondisi ketiga wilayah lingkungan kehidupan ini sangat menentukan. Makhluk hidup membutuhkan dari—, dan membuang berbagai bahan atau benda ke— “lingkungan udara, lingkungan air, dan lingkungan tanah”.

A. AIR

Air, H_2O merupakan salah satu kebutuhan vital manusia dan semua makhluk hidup. Kegunaan air sangat luas, antara lain untuk medium dan proses kimia dalam tubuh, untuk fotosintesis, sebagai bahan mentah, pencuci/pelarut, sumber tenaga/energi, pengairan/perikanan, dan untuk sarana transportasi dan rekreasi. Manusia dapat hidup 1 bulan tanpa makanan, tetapi manusia akan mati dalam beberapa hari tanpa air. Dan yang paling penting, air merupakan faktor utama penentu sifat cuaca dan iklim dunia. Fungsi lain dari air karena “sifat mengalir”-nya adalah sebagai medium pembuangan dan pengangkut bahan buangan-cair dan buangan-padat.

Hampir 70% permukaan bumi tertutup oleh air yang terhampar luas sebagai lautan dan daratan es, namun hanya 0,4% yang ditemukan sebagai air sungai, air danau, air rawa, air bendungan, air tanah, dan air resapan. Justeru dari jenis air yang sedikit ini yang mudah dan murah untuk diolah guna memenuhi kebutuhan manusia.

Air murni mempunyai rumus kimia H_2O , tetapi air dalam kehidupan sehari-hari (air alam) juga mempunyai rumus kimia yang sama, hanya bedanya air alam bersifat tak murni karena telah bercampur dengan zat asing. Zat asing yang terkandung dalam air berkisar antara beberapa mg/L (untuk air hujan) sampai ± 35000 mg/L (untuk air laut).

Kalau begitu apa yang dimaksud dengan air bersih?

Ada banyak parameter (ukuran) bahwa air tergolong **air bersih** bergantung pada fungsinya, tetapi yang terutama adalah warna, bau, rasa, pH, suhu, kekeruhan, total padatan, kesadahan, O_2 terlarut, bahan organik terlarut, kandungan bakteri (mikroorganisme), dst. Berdasarkan fungsinya, dikenal air minum, air cuci, air untuk pertanian/perikanan, air untuk industri, air untuk rekreasi, dsb.

Dari sifat fisik air, jelaslah bahwa air alam terutama air permukaan pada umumnya harus diproses menjadi air bersih sesuai dengan fungsi atau peruntukannya. Oleh karena itu penggunaan air bersih harus sesuai dengan peruntukannya. Adalah suatu pemborosan dan mengakibatkan perusakan lingkungan-tanah, penggunaan air tanah

yang seharusnya hanya untuk memenuhi kebutuhan rumah-tangga juga digunakan untuk kebutuhan di luar itu seperti untuk air untuk industri dan kendaraan, air untuk taman, dsb.

Air minum adalah air yang memiliki persyaratan ketat, yakni tak-berwarna, tak-berbau, tak-berasa, mengandung mineral tertentu, bebas zat beracun, dan bebas kuman penyakit (pathogen).

Kualitas air minum biasanya mengacu pada Peraturan Pemerintah yang bersangkutan (Depkes), atau mengacu pada kualitas air minum yang ditetapkan oleh WHO.

Tabel 12.6 Petunjuk Kualitas Air Minum menurut WHO

Konstituen	Ambang batas
Warna	15 TCU
Bau	-
Rasa	Bila diterima oleh 90% konsumen
Kekeruhan	5 NTU
pH	6,5 – 8,5
Kesadahan (dalam CaCO ₃)	500 mg/L
Bakteri coli (pathogen)	0
Cl	500 mg/L*
Na	200 mg/L
Zn	5,0 mg/L
F	1,5 mg/L
Cu	1,0 mg/L
Fe	0,30 mg/L
Al	0,20 mg/L
Mn	0,10 mg/L
Cr	0,05 mg/L
Pb	0,05 mg/L
Cd	0,00 5 mg/L
Hg	0,00 1 mg/L

*beberapa sumber menyatakan, sampai 1000 mg/L belum membahayakan.

Sifat fisik air paling mudah diamati langsung dan secara cepat dapat dijadikan pertimbangan awal dalam menetapkan kualitas air. Bau dan rasa merupakan sifat subyektif (tergantung pada orang per orang). Seringkali ke dalam air disemperotkan gas O₂ sampai jenuh. Air yang jenuh dengan O₂ mempunyai rasa yang menyenangkan (segar) sedangkan air yang miskin O₂ akan berasa tawar.

Warna yang menyolok sering kali ditolak oleh kebanyakan konsumen. Sebenarnya air murni berwarna biru-hijau-muda apabila volum air cukup banyak. Adalah penting untuk membedakan antara warna asli (*true colour*) yang disebabkan oleh bahan terlarut dengan warna semu yang disebabkan oleh zat-zat yang terdispersi-koloidal.

Kekeruhan disebabkan adanya bahan yang terdispersi koloidal yang pada tingkat tertentu sukar terdeteksi oleh mata dan air tampak jernih.

Selain berfungsi sebagai komponen tubuh dan medium untuk proses dalam tubuh, fungsi penting lainnya dari air adalah sebagai tempat hidup dan perkembangan biota air. Syarat air bersih untuk biota ini adalah oksigen terlarut (*dissolved oxygen*, DO), kandungan bahan organik (ditentukan dari *biological oxygen demand*, BOD), pH, suhu, dan tidak mengandung bahan beracun. Oksigen (O₂) merupakan konstituen penting dalam pengendalian kualitas air.

Air dalam bentuk uap air akan menentukan sifat cuaca dan iklim di suatu tempat. Bahkan air menjadi penentu sifat cuaca dan sifat iklim dunia.

Dalam hal lain, lingkungan air menjadi tempat pembuangan berbagai limbah cair. Lingkungan air menjadi tercemar; lingkungan kehidupan menjadi buruk. Berbagai jenis kehidupan punah, saluran air menjadi dangkal, biaya pemrosesannya menjadi mahal, air sulit diperoleh dan harganya mahal. Manusia adalah penyebab semua ini, dan manusia pula yang akan mengganggu akibatnya.

Air di alam jumlahnya relatif tetap, dan hanya mengalami siklus sebagai siklus air (lihat bagian siklus zat).

B. UDARA

Yang penting untuk diketahui bahwa 95% dari komposisi udara (Tabel 12.5) terkonsentrasi di troposfera; makin tinggi dari permukaan makin berkurang komposisinya. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa **udara bersih** adalah udara yang mempunyai komposisi 78,08% N₂; 20,95% O₂; 0,93% Ar; 0,033% CO₂; 0,00001% CO, dan 0,1% gas lainnya. Adanya gas-gas hasil aktivitas kehidupan dan peristiwa alam dapat mengubah komposisi udara bersih. Udara yang komposisinya berubah akibat masuk atau hilangnya suatu zat *ke-* dan *dari-* udara, disebut **udara tercemar**.

Lingkungan udara selalu melingkupi diri kita dan diri setiap makhluk. Dari udaralah, —kita memperoleh gas O₂ untuk tubuh secara gratis, —tumbuhan memperoleh gas N₂ untuk proses nitrifikasi pada akar, dan gas CO₂ untuk proses fotosintesis. Kandungan gas O₃ (ozon) di udara walaupun kecil kadarnya tetapi berperan penting sebagai perisai bumi terhadap radiasi sinar matahari.

Seperti lingkungan air, lingkungan udara pun menjadi tempat terbangnya partikulat (padatan halus) dan gas buang hasil aktivitas manusia. Salah satu diantaranya adalah gas oksida karbon (kini populer sebagai emisi karbon). Benda-benda itu (partikulat dan gas) membuat atmosfer menjadi tidak bersih; bahkan adanya gas buang pabrik atau aktivitas pesawat supersonik dapat merusak lapisan ozon. Rusaknya atmosfer mengakibatkan sinar matahari datang tidak tersaring. Sinar ultraviolet dari matahari akan mengenai langsung permukaan bumi. Permukaan bumi menjadi semakin panas, cuaca dan iklim menjadi tak menentu dan di permukaan bumi mengalami berbagai bencana (seperti periode musim berubah, aliran udara panas, badai, banjir, kekeringan, dan lain-lain).

Siklus gas-gas di atmosfer melibatkan zat-zat seperti N₂, O₂, CO₂, dan uap air. Bagian akan dibahas di bagian Siklus Materi/Zat di Alam.

C. TANAH

Jika kita mengambil segenggam dari bagian di bumi dimana tumbuhan tumbuh, sesungguhnya kita telah mengambil sebuah sampel dari **tanah**. Tanah merupakan lapisan kompleks dari bumi. Batuan beku (zat anorganik) merupakan bahan induk dari tanah. Batuan ini menjadi tempat hidup tumbuhan tertentu. Sebagian batuan melapuk, dan pecahannya bercampur dengan makhluk hidup yang mati (zat organik) membentuk lapisan yang disebut humus. Di lapisan ini berbagai tumbuhan lain pun dapat hidup. Semakin lama lapisan tanah (lapisan *topsoil*) semakin tebal. Adanya air hujan yang meresap, akan membawa humus ke arah lapisan bawah; lapisan tanah baru pun terbentuk sebagai lapisan *subsoil*. Partikel mineral (pecahan batuan beku) menjadi penyusun utama dari tanah yang berupa ion adalah ion Mg, ion Na, dan ion K. Tanah

dengan partikel sangat halus disebut tanah liat (clay), berpartikel agak kasar disebut tanah lumpur, dan berpartikel sangat kasar disebut tanah pasir. Tekstur tanah ditentukan oleh komposisi ketiga jenis tanah tersebut.

Tanah yang miskin unsur N selain P dan K tergolong tanah yang tidak subur; dan oleh karenanya tanah seperti itu harus diperkaya dengan memberikan pupuk N berupa:

- pupuk alami (misalnya dengan daun hijau yang membusuk, kotoran hewan, atau dengan menanam tumbuhan yang dapat menyerap gas N_2 melalui bintil akarnya), atau
- pupuk buatan seperti pupuk urea {rumus: $(NH_2)_2CO$ }; pupuk ZA (rumus: $(NH_4)_2SO_4$); atau pupuk NPK {campuran senyawa yang mengandung unsur-unsur N, P, dan K}.

Dari tanah manusia memperoleh bahan-mineral melalui aktivitas penambangan dan di tanah pula manusia melakukan aktivitas industri dan pembuangan bahan sisa aktivitasnya. Sementara tumbuhan yang menjadi makanan bagi makhluk lain memperoleh makanannya dari tanah, dan di tanah pula, proses penguraian dan pembusukan terjadi oleh mikroorganisme dalam tanah.

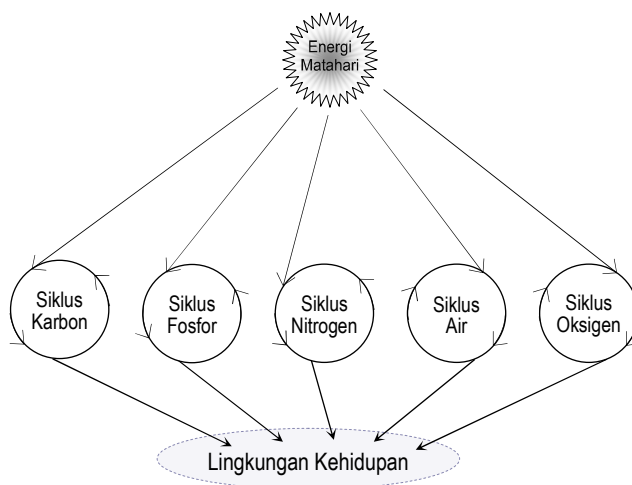
Ada beberapa ciri umum kerusakan pada tanah atau tanah tercemar, di antaranya:

- tak dapat digunakan untuk keperluan fisik manusia seperti tempat pemukiman, tempat pembuangan sampah organik, daerah pertanian, dll.
- tak dapat ditanami tumbuhan.
- tandus.
- air tanah bekurang atau tidak ada.

Berbagai sumber pencemar tanah adalah: limbah pemukiman (sampah anorganik dan sampah organik); limbah industri; limbah pertambangan; limbah pertanian; limbah nuklir.

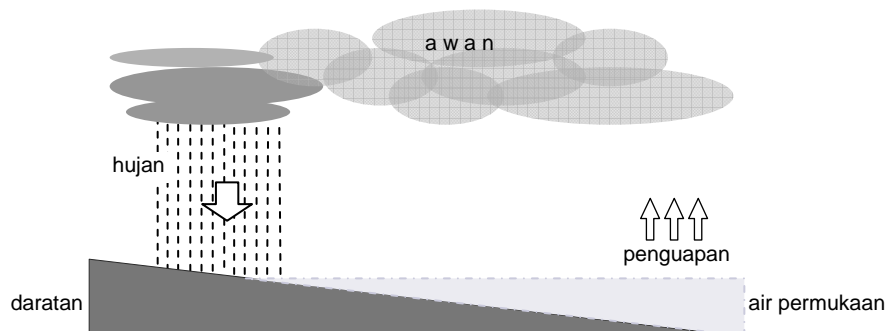
D. SIKLUS ZAT DI ALAM

Gas nitrogen, gas oksigen, gas karbon dioksida di udara, serta air di hidrosfer dan fosfor di litosfer memiliki peran penting dalam kehidupan, dan melalui proses alam (**siklus materi** atau **siklus zat**), zat-zat tersebut dapat dihasilkan kembali.



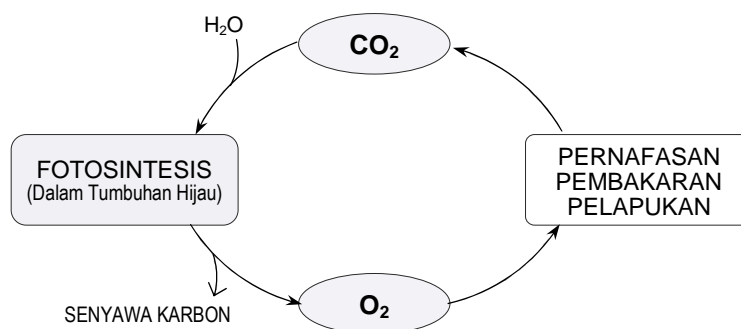
Gbr 12.3 Keterkaitan kehidupan terhadap Siklus Zat dan Siklus Energi

Aktivitas alam dan aktivitas makhluk selalu memerlukan air, namun jumlah air di alam relatif tetap. Air di alam mengalami perubahan melalui **siklus air**; siklus ini menyebabkan perubahan sebaran air dan perubahan keadaan cuaca/iklim.



Gbr 12.4 Siklus Air

Aktivitas alam termasuk aktivitas makhluk juga melibatkan perubahan gas karbon dioksida (CO_2) dan gas oksigen (O_2). Perubahan kedua gas ini di alam juga mengalami siklus, masing-masing sebagai **siklus karbon** dan **siklus oksigen**.



Gbr 12.5 Siklus Karbon Dan Siklus Oksigen

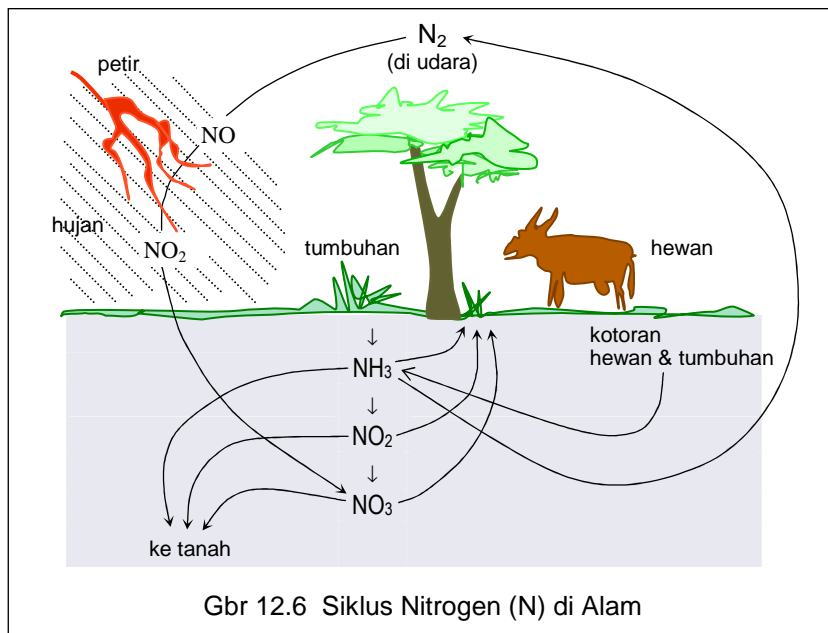
Gas CO_2 (dari alam), H_2O (dalam tumbuhan hijau), dan adanya energi matahari (sinar UV) berlangsung proses fotosintesis pada hijau daun. Proses ini menghasilkan senyawa karbohidrat (dalam tumbuhan itu) disertai pelepasan gas O_2 ke alam. Jelaslah bahwa tanpa tumbuhan hijau di suatu tempat, siklus oksigen akan terhenti. Komposisi udara di tempat itu akan berubah, karena meningkatnya jumlah gas lain.

Gas O_2 sendiri digunakan untuk keberlangsungan proses lainnya seperti pembakaran, pernafasan, dan pelapukan disertai dengan pelepasan gas CO_2 dan H_2O ke alam.

Keseimbangan kedua siklus tersebut di alam sangat menentukan kondisi udara di dunia. Hutan yang hijau dan emisi karbon merupakan dua faktor yang sangat mempengaruhi cuaca dan iklim di suatu wilayah, bahkan dunia.

Gas nitrogen (N_2) di udara relatif berjumlah tetap dan mengalami siklus yang disebut **siklus nitrogen**.

Unsur N sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup baik dalam bentuk unsur maupun senyawa. Tumbuhan membutuhkan unsur N untuk pembentukan senyawa protein dalam tumbuhan itu.

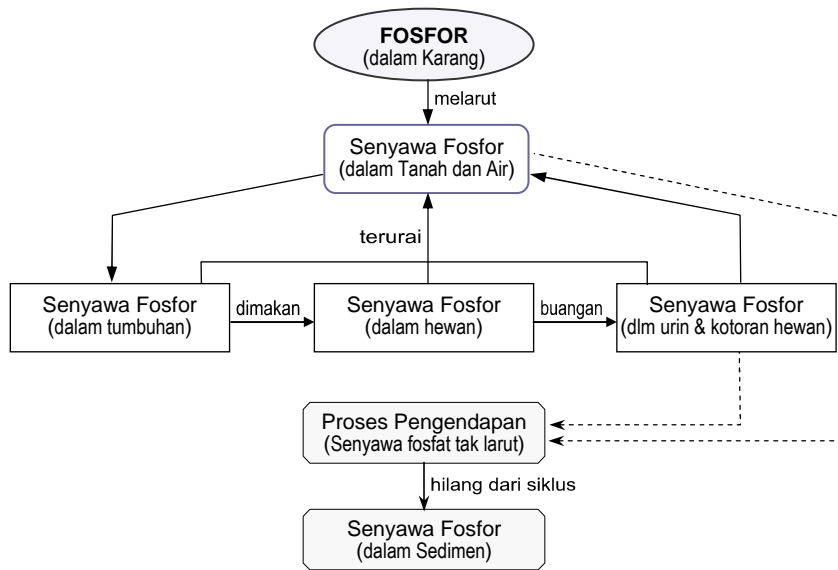


Dari bagan siklus nitrogen, tumbuhan melalui akarnya menyerap unsur N dalam bentuk ion NH_4^+ dari air tanah. Ion NH_4^+ terbentuk dari hasil reaksi dalam tanah antara NH_3 dan ion H^+ dari air. Hanya jenis tumbuhan tertentu (jenis polongan dan jenis ganggang) dapat langsung menyerap N_2 dari udara. Senyawa protein dalam tumbuhan sangat diperlukan oleh hewan dan manusia. Oleh hewan, protein nabati diubah menjadi protein hewani. Kedua protein ini diperlukan oleh manusia untuk tumbuh dan berkembang.

Catatan: Siklus nitrogen di atas dapat dirinci sebagai berikut:

- 1) Unsur N_2 di udara diikat oleh bakteri (yang dihasilkan oleh akar suatu tanaman), dan diubah menjadi senyawa nitrat dalam air tanah.
- 2) Senyawa nitrat lalu diserap oleh tumbuhan lain di sekitarnya untuk sintesis senyawa protein (disebut protein nabati).
- 3) Protein nabati dimakan oleh hewan lalu terjadi sintesis senyawa protein dalam hewan (disebut protein hewani).
- 4) Kotoran hewan, dan hewan/tumbuhan mati diurai oleh bakteri pengurai menjadi gas NH_3 dan ion nitrit, NO_2^- .
- 5a) Gas amoniak, NH_3 dengan ion H^+ dari air tanah diubah menjadi ion NH_4^+ . Dalam bentuk ion NH_4^+ inilah N dapat diserap langsung oleh tumbuhan melalui akar untuk pembentukan senyawa protein.
- 5b) Ion nitrit oleh bakteri dalam tanah diubah menjadi ion nitrat, NO_3^- (senyawa nitrat) yang juga dapat diserap oleh tumbuhan.
- 5c) Gas amoniak oleh suatu bakteri denitrifikasi dapat dibebaskan dalam bentuk gas N_2 ke udara.
- 5d) Gas NH_3 yang menguap ke udara dapat larut oleh air hujan dan jatuh ke tanah; atau oleh kilat gas NH_3 dan oksida nitrogen dapat diubah menjadi gas N_2 .

Fosfor di alam pun mengalami siklus sebagai **siklus fosfor**. Gudang fosfor di alam adalah karang fosfat yang di kerak bumi. Berdasar bagan siklus fosfor, manusia memperoleh fosfor dari ikan atau dari burung pemakan ikan untuk memenuhi pembentukan tulang dan gigi dalam tubuh. Fosfor juga dapat diperoleh manusia dari tumbuhan yang mengandung fosfor atau hewan-hewan pemakan tumbuhan ini. Tumbuhan mengabsorpsi ion fosfat (PO_4^{3-}) terlarut dalam tanah melalui akarnya.



Gbr 12.7 Siklus Fosfor



L

LATIHAN 12.2

01. Apa yang dimaksud dengan air bersih? Apa perbedaannya dengan air minum?
02. Apa ciri fisis dari lingkungan air telah tercemar?
03. Sebutkan 3 zat kimia yang menyusun suatu tanah.
04. Unsur apa yang harus dipenuhi agar tanah dapat ditumbuhi oleh tanaman?
05. Sebutkan 3 macam gas di atmosfer dan apa peran setiap gas tersebut.
06. Gambarkan kembali siklus yang melibatkan karbon dan oksigen.
07. Adakah hubungan hutan dengan gas oksigen dan gas karbon dioksida? Jika ada beri uraiannya secara singkat!
08. Dari mana saja tumbuhan memperoleh unsur N?
09. Burung yang bagaimana yang dagingnya mengandung unsur fosfor?
10. Sebutkan nama dan rumus kimia dari gas yang diolah dan gas yang dikeluarkan oleh tubuh kita. Sebutkan proses kimia yang terlibat.

R

RANGKUMAN 12.2

- Air di alam banyak dijumpai di lautan sebagai air laut; air laut ini menutupi hampir 70% daratan bumi. Sumber air untuk keperluan air minum diproses manusia dari air tanah dan air permukaan lainnya yang justeru jumlahnya hanya 8% (volum) dari jumlah air laut.
- Udara yang membungkus bumi kita mengandung zat kimia (N_2 , O_2 , dan ozon) yang berguna bagi kehidupan makhluk. Di samping itu masuknya gas buang ke atmosfer dapat mempengaruhi temperatur dan tekanan udara di bumi (terjadi perubahan cuaca dan iklim).
- Tanah terutama berfungsi sebagai sumber makanan atau tempat tumbuhnya tumbuhan. Tanah harus mengandung makanan untuk tumbuhan berupa zat yang dapat memberikan unsur N, P, dan K. Fungsi lain dari tanah adalah sebagai tempat pemukiman, lahan industri, dan sumber bahan tambang. Ketiga hal ini dapat menjadi sumber kerusakan pada lingkungan kehidupan.
- Dalam siklus air, pengaruh energi air akan menguap dengan membentuk awan di atmosfer. Awan yang berat dapat jatuh di bumi sebagai hujan.
- Siklus N dapat berawal dari adanya air dan bakteri pengikat N_2 (dari akar tanaman tertentu), gas N_2 dari udara dapat diubah menjadi senyawa N di dalam tanah. Senyawa N ini yang dapat diserap oleh akar tanaman lain membentuk protein nabati. Protein ini menjadi sumber makanan bagi hewan dan manusia. Melalui pembusukan dan oleh bakteri, buangan yang mengandung senyawa N dapat dilepas kembali sebagai gas N_2 .
- Siklus karbon melibatkan proses fotosintesis dimana gas CO_2 bereaksi dengan H_2O oleh adanya sinar ultraviolet membentuk glukosa dan gas O_2 . Oksigen diperlukan pada proses oksidasi/pembakaran dengan membentuk gas CO_2 dan uap H_2O . Dengan demikian siklus oksigen terjadi bersamaan dengan siklus karbon.
- Karang fosfat di kerak bumi menjadi sumber utama senyawa fosfat dalam siklus fosfor. Fosfor berada dalam makanan sebagai komponen untuk pembentukan tulang dan gigi dari makhluk hidup.



TES FORMATIF 12.2

01. Daerah atau zona yang telah banyak diketahui manusia meliputi:
 - A. Selimut bumi, kerak bumi, dan atmosfer.
 - B. Selimut bumi, atmosfer, dan hidrosfer.
 - C. Kerak bumi, atmosfer, dan hidrosfer.
 - D. Kerak bumi, selimut bumi, dan hidrosfer.

02. Air permukaan dikatakan tidak bersih atau tercemar, jika terjadi hal berikut, kecuali ...
 - A. Berbau.
 - B. Keruh.
 - C. Berasa tidak segar.
 - D. Berubah warna.

03. Air minum harus memenuhi keriteri tertentu, kecuali ...
 - A. Bebas bakteri penyakit.
 - B. Bebas zat beracun.
 - C. Mengandung mineral tertentu.
 - D. Mengandung gas oksigen.

04. Berikut ini bukan penyebab perubahan komposisi atmosfer bumi.
 - A. Siklus N.
 - B. Jumlah uap air.
 - C. Gas buang kendaraan.
 - D. Reaksi pembentukan ozon.

05. Kelompok zat kimia berikut dapat mengalami reaksi fotosintesis.
 - A. Gas karbon monoksida dan air.
 - B. Gas karbon dioksida dan air.
 - C. Gas oksigen dan gas ozon.
 - D. Gas nitrogen dan gas amoniak.

06. Peristiwa berikut tidak terlibat dalam siklus N.
 - A. Bakteri (pada akar tanaman) mengikat senyawa N lalu dibebaskan gas N_2 .
 - B. Bakteri (pada akar tanaman) mengikat gas N_2 lalu diubah menjadi senyawa N.
 - C. Kotoran hewan dan tumbuhan/hewan mati diurai bakteri menjadi senyawa N.
 - D. Protein nabati oleh hewan diubah menjadi protein hewani.

07. Senyawa berikut di dalam tanah menjadi makanan bagi tumbuhan, kecuali ...
 - A. Senyawa yang mengandung unsur nitrogen.
 - B. Senyawa yang mengandung unsur natrium.
 - C. Senyawa yang mengandung unsur kalium.
 - D. Senyawa yang mengandung unsur fosfor.

08. Siklus zat di alam yang berkaitan erat dengan fungsi hutan adalah ...
 - A. Siklus air.
 - B. Siklus karbon.
 - C. Siklus nitogen.
 - D. Siklus fosfor.

09. Perbuatan berikut mendorong menipisnya jumlah air tanah, kecuali ...
 - A. Pengambilan air tanah untuk industri cuci kendaraan.
 - B. Pembukaan lahan untuk pembangunan tempat tinggal.
 - C. Pengolahan air tanah untuk industri minuman.
 - D. Pembukaan perkebunan di tanah yang gersang.

10. Mana di antara pernyataan berikut yang tidak tepat.
 - A. Siklus zat tidak akan berlangsung tanpa adanya sinar matahari.
 - B. Jumlah air di alam terjadi perubahan walaupun kecil.
 - C. Gas-gas di udara dapat mempengaruhi cuaca dan iklim di bumi.
 - D. Tidak semua senyawa organik dapat terurai di dalam tanah oleh bakteri



BALIKAN DAN TINDAK LANJUT

Periksalah jawaban Sdr terhadap Tes Formatif 12.2 dengan cara mencocokkannya dengan Kunci Jawaban Tes yang disajikan pada halaman akhir Bahan Belajar Mandiri ini. Sdr dapat mengukur tingkat penguasaan (TP) Materi Kegiatan Belajar Mandiri 12.2 dengan cara menghitung jumlah jawaban yang benar (JJB) kemudian substitusikan ke dalam Rumus Tingkat Penguasaan berikut.

$$\text{Rumus: } TP = \frac{\text{JJB}}{10} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan (TP):

90% - 100%	=	Baik sekali
80% - 89%	=	Baik
70% - 79%	=	Cukup
< 69%	=	Kurang

Bila Sdr mencapai TP minimal sebesar 80%, berarti Sdr telah berhasil dalam menuntaskan aktivitas belajar Sdr melalui KBM terakhir ini. Namun bila kurang dari 80%, Sdr harus mempelajari kembali Kegiatan Belajar 12.2 terutama pada materi belum Sdr kuasai.



KUNCI JAWABAN TES FORMATIF BBM 12

Kunci tes formatif BBM 12.1

01. Kerak bumi, selimut bumi, dan inti bumi.
02. Kerak bumi, atmosfer, dan hidrosfer.
03. Di kerak bumi dimana lapisan sial ditemukan di lapisan atas dan lapisan tengahnya (setebal 35 km) sementara lapisan sima di lapisan bawah (setebal 25 km).
04. Di lapisan kerak bumi.
05. Silika atau kuarsa dengan rumus kimia SiO_2 .
06. Di daratan kerak bumi dan di dasar laut.
07. Air laut.
08. Gas N_2 dan gas O_2 .
09. Sebagai sumber gas untuk pernafasan/pembakaran, sebagai perisai bagi bumi terhadap radiasi sinar matahari.
10. Ozon terbentuk di lapisan atmosfer-atas (di stratosfer)

Kunci tes formatif BBM 12.2

01. C 02. C 03. D 04. A 05. B 06. A 07. B 08. B 09. D 10. A



DAFTAR PUSTAKA

- Blank, Emanuel. *Et al.* (1979). *Foundations of Life Science*. New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc.
- Brown, Theodore L. and LeMay Jr, H. Eugene. (1977). *Chemistry: The Central Science*. Englewood, New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Johnson, Leon J. (1979). *Introductory Soil Science – A Study Guide and Laboratory Manual*. New York: Macmillan Publishing Co., Inc.
- Laetsch, Watson M. (1989). *Plants – Basic Concepts in Botany*. Toronto: Little, Brown & Company (Canada) Limited.
- Lippincott, W.T., Garret, A.B., dan Verhoek, F.H. (1980). *Chemistry – A Study of Matter*. Fourth Edition, New York: John Willey & Sons.
- Miller Jr., G.T. (1981). *Living in the Environment*. Edisi III. Belmont, California: Wadsworth Publishing Company, Inc.
- Miller Jr, G. Tyler. (1982). *Chemistry: A Basic Introduction*. Second Edition. Belmont, California: Wadsworth Publishing Company.
- Mulyono HAM. (2002a). *Kimia 1 untuk SMU/MA Kelas 1*. Edisi Kedua. Bandung: Penerbit CV. Acarya Media Utama.
- Mulyono HAM. (2002b). *Kimia 2 untuk SMU/MA Kelas 2*. Edisi Kedua. Bandung: Penerbit CV. Acarya Media Utama.
- Mulyono HAM. (2002c). *Kimia 3 untuk SMU/MA Kelas 3*. Edisi Kedua. Bandung: Penerbit CV. Acarya Media Utama.
- Mulyono HAM. (2006a). *Kamus Kimia*. Edisi Kedua. Jakarta: Penerbit PT. Bumi Aksara.
- Pessenden, Ralf J. and Pessenden, Joan S. (1983). *Chemical Principles for The Life Science*. Second Edition. Boston: Allyn and Bacon, Inc.
- Russell, J.B., (1981), *General Chemistry*, Singapore: McGraw-Hill Book, Co.
- Sackheim, G. I., and Schultz, R. M. (1979). *Chemistry for the Health Science*. New York: Macmillan Company.
- Trump, RT and Volker, R. (1981). *Foundations of Life Science*. New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc.
- Washton, Nathan S. (1974). *Teaching Science In Elementary and Middle Schools*. New York: David McKay Company, Inc.
- Zeilik, Michael. (1983). *Astronomy – The Evolving Universe*. Second Ed. New York: Harper & Raw, Publisher.