



Biologi adalah ilmu tentang kehidupan dan organisme hidup, termasuk struktur, fungsi, pertumbuhan, evolusi, persebaran, dan interaksi.

EKOSISTEM

9

Ekosistem adalah suatu sistem tempat terjadinya hubungan saling ketergantungan antara komponen-komponen di dalamnya, yaitu komponen biotik dan abiotik. Ilmu yang mempelajari hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungan tak hidup dalam suatu ekosistem disebut ekologi. Hubungan antarkomponen ekosistem berlangsung secara dinamis, sehingga terjadi keseimbangan lingkungan.

A. KOMPONEN EKOSISTEM

Berdasarkan struktur dasar ekosistem, ekosistem tersusun dari dua komponen, yaitu komponen biotik dan komponen abiotik.

a. Komponen Abiotik

Komponen abiotik merupakan komponen fisik dan kimiawi yang ada pada suatu ekosistem sebagai medium atau lingkungan tempat berlangsungnya kehidupan.

1. Udara

Udara adalah sekumpulan gas pembentuk lapisan atmosfer. Udara dalam atmosfer meliputi nitrogen (78,09%), oksigen (21,94%), karbondioksida (0,032%), dan gas-gas lainnya (Ne, He, Kr, Xe, CH₄, N₂O). Selain itu, di udara juga mengandung gas-gas

yang jumlahnya bisa berubah-ubah seperti uap air (H_2O), ozon (O_3), sulfur dioksida (SO_2), dan nitrogen dioksida (NO_2). Udara berfungsi sebagai penunjang ekosistem, seperti oksigen (O_2) untuk respirasi dan karbondioksida (CO_2) untuk fotosintesis.

2. *Air*

Air mengandung berbagai senyawa kimia dalam jumlah bervariasi, misalnya natrium, kalsium, ammonium, nitrat, nitrit, dan fosfat. Unsur yang terkandung di air tergantung pada kualitas udara dan tanah yang dilaluinya. Air di bumi dapat berupa air laut, gunung es di kutub, air tawar (sungai, danau, air tanah, mata air) dan berupa uap air. Air dapat berwujud uap, cairan, dan es.

3. *Tanah*

Tanah terbentuk dari pelapukan batuan, pembusukan senyawa organik, dan pembentukan mineral. Komponen utama tanah adalah bahan mineral, garam mineral, air, dan udara. Tumbuhan mendapatkan garam mineral dari dalam tanah, sedangkan manusia memanfaatkan tanah untuk pertanian, pertambangan, pemukiman, perindustrian, dan lain-lain.

4. *Garam mineral*

Tumbuhan memerlukan garam mineral untuk pertumbuhan. Hewan dan manusia memerlukan garam mineral untuk menjaga keseimbangan asam basa, mengatur kerja alat tubuh, dan membantu proses metabolisme.

5. *Sinar matahari*

Sinar matahari merupakan sumber energi makhluk hidup di bumi. Sebagian kecil sinar matahari dimanfaatkan oleh tumbuhan untuk fotosintesis yang selanjutnya diubah menjadi energi potensial dalam pembentukan karbohidrat. Energi potensial dalam tumbuhan akan diubah menjadi energi kinetik oleh manusia dan hewan.

6. *Suhu*

Suhu adalah energi panas yang dihasilkan dari radiasi sinar matahari. Suhu udara di bumi bervariasi tergantung pada letak garis lintang dan ketinggian tempat. Suhu merupakan

pembatas bagi kehidupandan memengaruhi keanekaragaman hayati dalam ekosistem. Umumnya makhluk hidup dapat hidup pada suhu 0°C - 40°C.

7. *Kelembapan*

Kelembapan dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari, angin, dan curah hujan. Kelembapan sangat mempengaruhi kehidupan tumbuhan. Daerah dengan variasi tingkat kelembapan akan menghasilkan ekosistem dengan komposisi tumbuhan yang bervariasi pula.

8. *Derajat keasaman (pH)*

Derajat keasaman (pH) tanah sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tumbuhan. Tumbuhan akan tumbuh baik pada pH optimum yang berkisar antara 5,8 – 7,2. Nilai pH tanah dipengaruhi oleh curah hujan, penggunaan pupuk, aktivitas akar, dan penguraian mineral.

9. *Topografi*

Topografi adalah tinggi rendahnya permukaan bumi (relief). Topografi memengaruhi iklim yang menyangkut kelembapan dan suhu permukaan bumi. Topografi menentukan keanekaragaman hayati dan penyebaran organisme.

b. Komponen Biotik

Berdasarkan tingkatan trofik atau nutrisinya komponen biotik dibagi menjadi dua, yaitu komponen autotrof dan komponen heterotrof.

1. **Komponen autotrof**, berupa organisme autotrof yang memiliki klorofil sehingga dapat melakukan fotosintesis. Organisme autotrof antara lain, fitoplankton, alga, lumut, tumbuhan paku, dan tumbuhan biji. Fotosintesis menghasilkan oksigen dan karbohidrat yang dibutuhkan oleh makhluk hidup lain. Organisme autotrof berperan sebagai produsen dalam ekosistem.
2. **Komponen heterotrof**, berupa organisme heterotrof yang tidak bisa membuat makanan sendiri. Organisme heterotrof memanfaatkan zat organik yang disediakan oleh organisme lain sebagai bahan makanannya. Organisme heterotrof terdiri atas herbivor (konsumen

I), karnivor yang memakan herbivor (konsumen II), karnivor yang memakan karnivor (konsumen III), detritivor, dan dekomposer. Detritivor hidup dengan cara memakan serpihan tumbuhan atau hewan yang sudah mati, misalnya cacing tanah, rayap dan kaki seribu. Dekomposer adalah mikroorganisme yang menguraikan zat organik sisa tumbuhan atau hewan (detritus) menjadi zat yang lebih sederhana. Contoh dekomposer adalah jamur dan bakteri.

B. INTERAKSI ANTARKOMPONEN EKOSISTEM

Di dalam ekosistem terjadi interaksi antara komponen biotik dengan abiotik maupun interaksi antara komponen biotik dengan komponen biotik lainnya. Interaksi dapat terjadi antarspesies yang sama maupun spesies yang berbeda.

a. Interaksi Antarspesies

Interaksi antarspesies dalam ekosistem dapat bersifat positif, negatif, netral, maupun kombinasinya. Interaksi antarspesies memengaruhi kehidupan dan kecepatan pertumbuhan populasi. Berikut ini tipe interaksi antarspesies:

1. **Netralisme**, yaitu interaksi dua atau lebih spesies yang tidak menunjukkan adanya hubungan atau asosiasi. Tidak ada pihak yang diuntungkan dan dirugikan. Netralisme terjadi karena spesies yang memiliki kebutuhan berbeda, misalnya kerbau dengan kucing.
2. **Kompetisi**, yaitu interaksi antara dua atau lebih spesies yang saling menghalangi karena memiliki kebutuhan yang sama. Persaingan biasanya terjadi karena memperebutkan makanan, tempat hidup, sinar matahari, air, dan pasangan. Spesies yang kalah akan mati, tersingkir, atau berpindah ke tempat lain. Persaingan terjadi karena spesies tersebut memiliki *niche* yang sama. *Niche* adalah posisi suatu organisme dalam suatu ekosistem dan peranannya dalam ekosistem. Kompetisi dibagi menjadi dua, yaitu:

- Kompetisi intraspesifik, yaitu kompetisi antarorganisme pada spesies yang sama, misalnya sesama kambing jantan memperebutkan pasangan.
- Kompetisi interspesifik, yaitu kompetisi antarorganisme yang berbeda spesiesnya. Contohnya, tanaman padi dan rumput yang sama-sama ada di sawah.
- 3. **Komensalisme**, yaitu interaksi antar dua atau lebih spesies yang menguntungkan salah satu pihak, namun pihak lainnya tidak terpengaruh atau tidak dirugikan. Contohnya, tumbuhan paku dan anggrek yang menempel di pohon mangga.
- 4. **Amensalisme**, yaitu interaksi antar dua atau lebih spesies yang merugikan salah satu pihak, namun pihak lainnya tidak terpengaruh atau tidak dirugikan. Interaksi ini disebabkan adanya fenomena alelopati, di mana suatu organisme menghasilkan zat kimia yang memengaruhi pertumbuhan, kelangsungan hidup, dan reproduksi organisme lain di sekitarnya. Contoh organisme yang menghasilkan zat kimia alelopati, antara lain *Penicillium notatum* dan *Streptomyces griseus* yang dimanfaatkan untuk membuat antibiotik.
- 5. **Parasitisme**, yaitu interaksi antar dua atau lebih spesies yang menguntungkan salah satu pihak, sedangkan pihak lainnya dirugikan. Parasit akan memperoleh makanan dari tubuh inang. Parasit berdasarkan letaknya dibagi menjadi endoparasit dan ektoparasit. Contohnya, *Trichoderma vaginalis* yang parasit di dalam saluran kelamin wanita, dan ektoparasit adalah *Cuscuta* sp. (tali putri).
- 6. **Predasi**, yaitu interaksi makan memakan antarorganisme. Terdapat dua komponen dalam predasi, yaitu pemangsa (predator) dan mangsa (prey). Populasi pemangsa ditentukan oleh jumlah mangsa, sedangkan populasi mangsa ditentukan oleh besar kecilnya pemangsa. Contohnya, harimau sebagai predator rusa.

7. **Protokoperasi**, yaitu interaksi antar dua atau lebih spesies yang masing-masing mendapatkan keuntungan, tetapi interaksi ini bukan suatu keharusan, contohnya interaksi antara kerbau dengan burung jalak.
8. **Mutualisme**, yaitu interaksi antar dua atau lebih spesies yang menguntungkan kedua belah pihak dan interaksi ini merupakan suatu keharusan. Contohnya, *lichen* yang merupakan mutualisme antara jamur dengan *Cyanobacteria*.

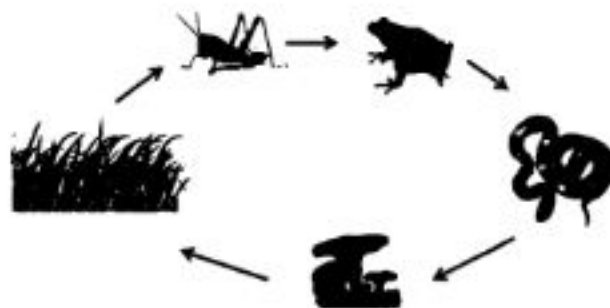
C. ALIRAN ENERGI

Dalam sistem ekologi, semua organisme merupakan komponen pengubah energi. Aliran energi dan siklus materi dalam ekosistem terjadi melalui rantai makanan dan jaring-jaring makanan.

a. Rantai Makanan (Food Chain)

Rantai makanan adalah jalur perpindahan energi dari suatu trofik ke tingkat trofik berikutnya melalui poses makan dan dimakan. Herbivor mendapatkan energi dari produsen atau tumbuhan. Karnivor mendapatkan energi dari herbivor, sehingga enaegi berpindah dari herbivor ke karnivor. Semakin pendek rantai makanan maka semakin besar energi yang tersimpan dalam organisme di ujung rantai makanan.

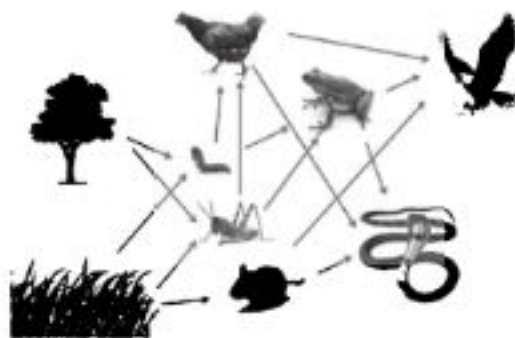
Berdasarkan tipe organisme, produsen atau tumbuhan menjadi tingkat trofik I. Terdapat dua tipe rantai makanan, yaitu tipe rantai makanan perumput dan tipe rantai makanan detritus. Rantai makanan yang dimulai dari tumbuhan (produsen) disebut rantai makanan perumput, sedangkan rantai makanan yang diawali dari detritus (serpihan organisme mati) disebut rantai makanan detritus. Contoh rantai makanan perumput: padi → belalang → katak → ular. Contoh rantai makanan detritus: serpihan daun → cacing tanah → itik → manusia.



Gambar 9.1. Contoh Rantai Makanan
Sumber: http://1.bp.blogspot.com/-WPDLPeqfG7s/T_wansXy4tI/AAAAAAAAALU/EJEvWODtrfU/s1600/rantai+makanan.png

h. Jaring-jaring Makanan (Food Web)

Jaring-jaring makanan merupakan sekumpulan rantai makanan yang saling berhubungan. Dalam suatu ekosistem, suatu rantai makanan akan berhubungan dengan rantai makanan yang lain. Semakin kompleks jaring-jaring makanan maka semakin tinggi tingkat kestabilan ekosistem. Berikut ini contoh dari jaring-jaring makanan.



Gambar 9.2. Contoh Jaring-jaring Makanan
Sumber: http://3.bp.blogspot.com/-AID1RtG0TZs/T_waXIObURI/AAAAAAAAALE/RckGVp8GHFw/s1600/jaring2+makanan.jpg

D. DAUR BIOGEOKIMIA

Daur biogeokimia adalah peredaran unsur-unsur kimia dari lingkungan melalui komponen biotik dan kembali ke lingkungan. Siklus unsur-unsur tersebut tidak hanya melalui organisme, tetapi juga melibatkan reaksi-reaksi kimia dalam lingkungan abiotik sehingga disebut sebagai siklus biogeokimia.

Siklus biogeokimia yang terjadi di alam dapat berupa siklus karbondioksida (karbon) dengan oksigen, siklus nitrogen, siklus air, dan siklus materi (mineral) yang berupa unsur-unsur hara (fosfor, sulfur).

a. Siklus Karbon

Dalam atmosfer, unsur karbon berupa senyawa karbon anorganik, yaitu karbondioksida (CO_2). Senyawa karbondioksida, baik di darat maupun di perairan, akan diubah oleh produsen menjadi senyawa karbon organik melalui proses fotosintesis. Energi yang tersimpan dalam tubuh produsen bersama senyawa karbon organik disebut energi biokimia. Sebagian senyawa organik dalam tubuh produsen digunakan untuk aktivitas fisiologi seperti respirasi dan sebagian lainnya ditransfer ke konsumen melalui rantai makanan. Respirasi yang dilakukan oleh produsen dan konsumen akan membebaskan CO_2 ke udara. Bila produsen dan konsumen mati, maka senyawa karbon organik akan diuraikan oleh pengurai yang akan membebaskan CO_2 ke udara atau ke air. Bahan organik yang ada di tubuh organisme dapat berubah menjadi batu kapur, arang, atau minyak bumi. Pembakaran bahan bakar fosil akan membebaskan CO_2 ke udara.

Dalam air CO_2 akan terlarut dan bereaksi dengan air membentuk asam karbonat (H_2CO_3). Asam karbonat kemudian akan bereaksi dengan batu kapur membentuk ion bikarbonat (HCO_3^-) dan karbonat (CO_3^{2-}). Ion bikarbonat merupakan sumber karbon bagi organisme perairan. Jika organisme perairan mati maka akan membebaskan CO_2 ke udara.

h. Siklus Nitrogen

Nitrogen merupakan unsur yang penting dalam kehidupan, yaitu sebagai pembentuk protein dan penyusun asam nukleat (DNA dan RNA). Sumber utama nitrogen berada di atmosfer. Namun, sebagian besar

tumbuhan dan hewan tidak dapat memanfaatkan N_2 di udara. Tumbuhan tingkat tinggi menyerap N_2 dalam bentuk ion nitrat (NO_3^-). Pengikatan N_2 dari udara dilakukan oleh bakteri dan *Cyanophyta*. Beberapa jenis bakteri yang dapat menambat nitrogen terdapat pada akar tumbuhan legum, misalnya *Rhizobium leguminosorum* dan *Marsiella crenata*. Selain itu terdapat bakteri dalam tanah yang dapat mengikat nitrogen secara langsung, yaitu *Acetobacter sp* yang bersifat *aerob* dan *Clostridium sp*. yang bersifat *anaerob*. Selain itu, terdapat beberapa jenis spesies ganggangn biru yang dapat menambat nitrogen, antara lain *Nostoc sp*. dan *Anabaena sp*.

Amonia diperoleh dari hasil penguraian jaringan yang mati dan oleh bakteri. Amonia ini dapat dinitrifikasi oleh bakteri nitrit, yaitu *Nitrosomonas* dan *Nitrosococcus* menjadi NO_2^- . Selanjutnya oleh bakteri denitrifikasi, yaitu *Pseudomonas denitrifikans*, nitrat diubah kembali menjadi ammonia dan ammonia diubah kembali menjadi nitrogen yang dilepas bebas ke udara. Dengan cara ini siklus nitrogen akan berulang dalam ekosistem.

Nitrogen bebas juga dapat bereaksi dengan hidrogen atau oksigen dengan bantuan kilat/ halilintar. Dengan energi dari halilintar, nitrogen akan berikatan dengan oksigen membentuk nitrogen dioksida (NO_2). Nitrogen dioksida akan bereaksi dengan air membentuk nitrat yang akan diserap oleh akar tumbuhan, mengalami denitrifikasi, atau membentuk endapan.

c. Siklus Air

Siklus air atau siklus hidrologi adalah sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali lagi ke atmosfer melalui proses kondensasi, presipitasi, evaporasi, dan transpirasi.

Saat terkena sinar matahari, seluruh permukaan bumi yang mengandung air mengalami penguapan (evaporasi) dan makhluk hidup mengalami transpirasi. Uap air akan naik ke lapisan atmosfer membentuk awan. Kemudian awan akan berpindah karena perbedaan suhu atau terbawa oleh angin. Saat terpapar udara dingin awan akan mengalami kondensasi menjadi tetes-tetes air dan akan jatuh ke bumi

dalam bentuk hujan (presipitasi). Air hujan akan masuk ke dalam tanah melalui proses infiltrasi. Setelah terjadi infiltrasi air akan terus bergerak ke bawah karena pengaruh gravitasi bumi yang disebut perkolasi. Sebagian air tanah diserap oleh tumbuhan untuk fotosintesis. Air tanah yang dimanfaatkan oleh manusia dan hewan dalam bentuk mata air, sumur, danau, dan sungai. Air sungai akan mengalir ke laut. Di lautan, laju evaporasi lebih tinggi daripada presipitasi. Di daratan, laju presipitasi lebih tinggi daripada evaporasi dan transpirasi.



Gambar 9.3. Siklus Air

Sumber: <https://lh3.googleusercontent.com/-vG3mn5MzQo8/TXRGiHQeKbl/AAAAAAAAAFc/UbY3YxOoUGU/s400/daur+air+1.jpg>

d. Siklus Fosfor

Di alam, fosfor berasal dari pelapukan batuan mineral fosfat anorganik dan berasal dari penguraian sisa-sisa bahan organik makhluk hidup fosfat organik oleh dekomposer. Fosfor di dalam tanah diserap oleh tumbuhan dalam bentuk fosfor anorganik (H_2PO_4^- , $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$, dan PO_4^{3-}). Tumbuhan sangat sulit mendapatkan unsur fosfat dari tanah karena fosfat sukar larut dalam air.

Fosfor dalam tubuh makhluk hidup berfungsi untuk menyimpan dan memindahkan energi dalam bentuk ATP (*adenosin triphosphat*), membentuk asam nukleat (DNA dan RNA), dan membantu proses respirasi.

dan fotosintesis. Melalui rantai makanan fosfor dari tumbuhan masuk ke tubuh hewan. Apabila hewan dan tumbuhan mati maka fosfat organik dari tubuh organisme tersebut akan diuraikan oleh dekomposer menjadi fosfat anorganik. Fosfat anorganik yang terlarut di air dapat mengalami sedimentasi di laut sebagai batu karang atau fosil. Batu karang atau fosil dapat terkikis kembali menjadi fosfat anorganik yang terlarut dalam air atau diambil oleh manusia melalui kegiatan penambangan.

e. Siklus Belerang

Belerang (sulfur) terdapat di atmosfer dalam bentuk sulfur dioksida (SO_2) yang berasal dari aktivitas vulkanis, pembakaran bahan bakar fosil, asap kendaraan bermotor, dan asap pabrik. Belerang juga terdapat dalam bentuk hidrogen sulfida (H_2S) yang dilepas dari proses pembusukan bahan organik dari dalam tanah yang dilakukan oleh pengurai. Organisme pengurai tersebut antara lain *Aspergillus*, *Neurospora*, dan *Escherichia*. Hidrogen sulfida kemudian mengalami oksidasi membentuk sulfat (SO_4). Gas sulfat bersama dengan air hujan akan masuk ke tanah. Bila kandungan gas sulfat terlalu tinggi maka dapat menyebabkan hujan asam. Air hujan yang asam tersebut akan meningkatkan kadar keasaman tanah dan air permukaan yang terbukti berbahaya bagi kehidupan ikan dan tanaman.

Hidrogen sulfida (H_2S) di dalam tanah dapat mengalami oksidasi dan menghasilkan elemen sulfur (S). Sulfur kemudian teroksidasi menjadi sulfat oleh *Thiobacillus denitrificans* dan *Thiobacillus thiooxidans*. Sulfat dalam tanah dapat tereduksi kembali menjadi H_2S oleh bakteri *Thiobacillus thioparus*. Belerang dalam tanah dapat berbentuk sulfat, sulfida, dan belerang anorganik. Tetapi tumbuhan menyerap belerang dalam bentuk ion SO_4^{2-} dari dalam tanah.

E. PENCEMARAN LINGKUNGAN

Pencemaran lingkungan adalah masuknya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain dalam lingkungan oleh manusia yang menyebabkan penurunan kualitas lingkungan, sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik. Penyebab pencemaran disebut polutan.

Suatu lingkungan dikatakan tercemar apabila jumlah polutan melebihi ambang batas sehingga menurunkan kualitas daya dukung lingkungan dan terganggunya kehidupan makhluk hidup. Pencemaran dibedakan menjadi empat macam, yaitu pencemaran udara, pencemaran air, pencemaran tanah, dan pencemaran suara.

a. Pencemaran Udara

Pencemaran udara terjadi apabila komposisi gas-gas di atmosfer meningkat sebagai hasil aktivitas manusia atau akibat peristiwa alam menyebabkan ketidakseimbangan komposisi atmosfer bumi. Ketidakseimbangan tersebut menyebabkan berbagai masalah lingkungan dan berdampak pada kesehatan manusia. Meningkatnya kegiatan industri atau penggunaan bahan bakar fosil untuk kendaraan bermotor menyebabkan peningkatan kadar polutan di udara. Berikut adalah beberapa zat yang menyebabkan pencemaran udara.

1. **Karbon monoksida (CO)**, bersifat tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Sebagian besar gas CO berasal dari gas buangan yang berasal dari pembakaran tidak sempurna bahan yang mengandung karbon atau bahan bakar fosil (minyak) pada konsentrasi tinggi, gas CO sangat mematikan bagi manusia karena menyebabkan asfiksi. Asfiksi adalah gangguan pengangkutan oksigen di jaringan tubuh.
2. **Nitrogen Oksida (NO_x)**, bersifat tidak berwarna, tidak berbau, dan dapat teroksidasi menjadi NO₂ yang bersifat toksik. Ada dua macam nitrogen oksida, yaitu nitrogen monoksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂). NO₂ berbau menyengat dan berwarna cokelat kemerahan. Dalam keadaan normal gas NO tidak berbahaya, namun jumlah NO yang tinggi di udara menyebabkan iritasi mata dan gangguan sistem saraf. Gas NO₂ menyebabkan hujan asam yang membahayakan kehidupan tumbuhan dan hewan, menyebabkan korosi pada logam, dan merapuhkan struktur bangunan. Sumber pencemaran oleh nitrogen oksida berasal dari asap kendaraan bermotor, generator pembangkit listrik, pembuangan sampah dan lain-lain.

3. **Chlorofluorocarbon (CFC)** dan halon. CFC bersifat tidak berbau, tidak mudah terbakar dan tidak mudah bereaksi. Gas CFC dimanfaatkan sebagai gas pendorong dalam kaleng semprot (*aerosol*), pengembang busa polimer, pendingin dalam lemari es, dan AC (*Air Conditioning*). Gas CFC yang naik ke atmosfer dapat merusak lapisan ozon, sehingga menyebabkan peningkatan intensitas paparan ultraviolet ke bumi. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya kanker kulit, kerusakan mata, dan mematikan *spesies* tumbuhan tertentu. Halon memiliki sifat unsur seperti CFC yang ditambah dengan unsur brom (Br).
4. **Ozon (O_3)**, berada pada lapisan stratosfer dan troposfer. Ozon pada lapisan stratosfer berfungsi melindungi bumi dari sinar ultraviolet yang masuk ke bumi. Sedangkan ozon pada lapisan troposfer berbahaya bagi manusia bila berada pada konsentrasi tinggi. Pencemaran gas ozon menyebabkan pusing dan gangguan paru-paru.
5. **Gas rumah kaca** (CO_2 , H_2O , CH_4 , O_3 , dan NO), terdapat pada lapisan troposfer yang dapat menyebabkan terjadinya efek rumah kaca (*Greenhouse effect*). Pada efek rumah kaca, sinar matahari yang menembus gas rumah kaca akan dipantulkan kembali ke bumi, sehingga menimbulkan panas yang terperangkap seperti pada "rumah kaca". Meningkatnya efek rumah kaca dapat menyebabkan pemanasan global yang berakibat mencairnya es di kutub sehingga meningkatkan ketinggian permukaan air laut. Pemanasan global menyebabkan perubahan iklim di bumi. Peningkatan gas rumah kaca disebabkan oleh pembakaran hutan dan penggunaan bahan bakar fosil yang berlebihan.
6. **Belerang oksida (SO_2)** dapat berupa SO_2 atau SO_3 . Gas SO_2 berbau menyengat dan tidak mudah terbakar. Sedangkan gas SO_3 bersifat reaktif, mudah bereaksi dengan uap air membentuk asam sulfat (H_2SO_4) yang menyebabkan hujan asam dan korosi logam. Belerang oksida berasal dari pembakaran bahan bakar fosil (batu bara), asap pabrik, dan asap kendaraan bermotor. SO_2 membahayakan sistem pernapasan dan dapat menyebabkan kejang pada saluran pernapasan.

h. Pencemaran Air

Pencemaran air adalah masuknya makhluk hidup atau zat lain ke dalam air yang menyebabkan kualitas air menurun. Berikut ini adalah parameter pencemaran air.

1. **Parameter fisik** meliputi kandungan partikel padat, zat padat terlarut, kekeruhan, warna, bau, rasa, suhu, dan pH air. Air normal untuk dikonsumsi bersifat tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak berasa dengan pH sekitar 6,5-7,5.
2. **Parameter kimia** meliputi BOD (*Biochemical oxygen demand*), COD (*Chemical oxygen demand*), dan DO (*Dissolved oxygen*). BOD adalah banyaknya oksigen yang terlarut yang diperlukan mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik yang ada dalam perairan. COD adalah banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan buangan di perairan melalui reaksi kimia. DO adalah banyaknya kandungan oksigen dalam suatu perairan. Air yang bersih ditunjukkan dengan kadar DO yang tinggi dan kadar BOD yang rendah.
3. **Parameter biologi** digunakan untuk mengetahui jumlah dan jenis mikroorganisme dalam perairan, misalnya *Escherichia coli*, *Entamoeba histolytica*, *Salmonella typhosa*, dan *Vibrio cholera*.

Pencemaran air disebabkan oleh limbah dari berbagai kegiatan manusia, antara lain sebagai berikut.

- ~ Limbah domestik, adalah limbah yang berasal dari perumahan, pusat perdagangan, perkantoran, rumah sakit dan tempat umum lainnya. Limbah domestik biasanya berupa detergen, sampah organik, tinja hewan, dan tinja manusia. Air yang tercemar tidak layak dikonsumsi karena dapat menyebabkan penyakit seperti tifus, kolera, disentri, diare, cacingan, dan gatal-gatal.
- ~ Limbah industri, yaitu limbah yang berasal dari industri atau pabrik. Limbah ini biasanya berupa logam berat berbahaya dan beracun seperti merkuri (Hg), timbal (Pb), tembaga (Cu), krom (Cr), seng (Zn), dan nikel (Ni). Logam berat biasanya terakumulasi di organisme perairan, seperti ikan. Manusia

yang mengonsumsi ikan yang mengandung logam berat dapat mengalami gangguan kesehatan. Misalnya kematian penduduk di Jepang yang akibat penyakit minamata karena mengonsumsi ikan yang tercemar oleh limbah merkuri di Teluk Minamata.

- ~ Limbah pertanian, yaitu limbah dari kegiatan pertanian yang berupa pupuk kimia atau pestisida. Penggunaan pupuk yang berlebihan dapat menyebabkan eutrofikasi. Eutrofikasi adalah peningkatan unsur hara di dalam perairan yang disebabkan oleh pupuk yang berlebihan terbawa oleh aliran air. Peningkatan unsur hara di perairan menyebabkan peningkatan populasi ganggang dan eceng gondok di permukaan air. permukaan air yang tertutup oleh ganggang dan eceng gondok akan menghambat masuknya cahaya matahari ke dalam perairan sehingga menurunkan kadar oksigen dalam perairan. Eutrofikasi akan mengganggu ekosistem perairan, sehingga banyak organisme perairan yang mati dan membentuk endapan zat organik penyebab pendangkalan perairan.
- ~ Limbah pertambangan, yaitu limbah yang berasal dari area pertambangan. Contohnya, penambangan emas yang menggunakan merkuri untuk memisahkan emas dengan bijihnya. Tumpahan minyak dan kebocoran tangki dari pertambangan dapat menyebabkan kematian organisme laut, misalnya ganggang, ikan, mamalia laut, dan burung pemakan ikan.

c. Pencemaran Tanah

Pencemaran tanah dapat terjadi secara langsung dan tidak langsung. Pencemaran tanah secara langsung misalnya, dari penggunaan insektisida, fungisida, herbisida, DDT (*dikloro difenil trikloroetana*), dan pupuk kimia yang berlebihan. Pencemaran tanah secara tidak langsung bisa melalui perantara air dan udara, misalnya limbah domestik dan industri yang dibuang di perairan yang terserap tanah, atau zat sisa pembakaran dari pabrik dan kendaraan di udara yang terbawa hujan dan masuk ke dalam

tanah. Pencemaran tanah juga dapat disebabkan oleh limbah yang tidak mudah terurai, seperti plastik, kaca, *styrofoam*, dan kaleng. Pencemaran tanah berdampak mematikan organisme dalam tanah, mengganggu porositas, dan mengurangi kesuburan tanah.

d. Pencemaran Suara

Pencemaran suara adalah suara yang dapat mengganggu dan merusak pendengaran manusia. Pencemaran suara dibedakan menjadi empat, yaitu:

1. **Kebisingan impulsif**, yaitu kebisingan yang terjadi dalam waktu singkat dan biasanya mengejutkan, misalnya suara petasan, suara tembakan, atau suara petir.
2. **Kebisingan impulsif kontinu**, yaitu kebisingan impulsif yang terjadi terus-menerus, tetapi hanya sepotong-sepotong, misalnya suara palu yang dipukulkan terus-menerus.
3. **Kebisingan semikontinu**, yaitu kebisingan kontinu yang berlangsung sekejap, kemudian hilang dan muncul lagi, misalnya suara lalu-lalang kendaraan bermotor.
4. **Kebisingan kontinu**, kebisingan yang terjadi terus-menerus dalam waktu lama, misalnya suara mesin pabrik.

Untuk menentukan tingkat kebisingan digunakan alat SLM (*sound level meter*). Rata-rata seorang mampu mendengar suara dengan frekuensi 20—20.000 dB. Kebisingan adalah suara dengan frekuensi di atas 80 dB. Kebisingan dapat menyebabkan gangguan kesehatan terutama gangguan pendengaran, gangguan fisiologi, gangguan psikologi, dan menyebabkan kesulitan berkonsentrasi.

F. PENANGGULANGAN PENCEMARAN LINGKUNGAN

a. Pendidikan lingkungan dan menumbuhkan etika lingkungan

Menumbuhkan etika lingkungan merupakan salah satu cara menegah pencemaran lingkungan. Etika lingkungan adalah kebijakan

moral manusia dalam memandang lingkungan sekitarnya. Etika lingkungan mengatur agar lingkungan tetap seimbang guna memenuhi dan meningkatkan kesejahteraan manusia. Pendidikan lingkungan dapat diperkenalkan dengan penerapan metode daur ulang (recycling), pemanfaatan kembali (reuse), dan pembuatan kolam pengelolaan limbah.

h. Penegakan Hukum dan Undang-undang

Indonesia telah menetapkan Undang-undang Nomor 3 Tahun 1997 tentang pengelolaan lingkungan hidup. Undang-undang tersebut dibuat untuk mencegah kerusakan lingkungan, meningkatkan kualitas hidup, dan menindak pelanggar yang menyebabkan kerusakan lingkungan.

G. PENANGANAN LIMBAH

Limbah merupakan sisa kegiatan manusia, biasanya, berupa bahan yang dapat mengganggu lingkungan. Namun, ada pula limbah yang masih dapat dimanfaatkan dan memiliki nilai ekonomi. Berdasarkan wujudnya, limbah dibedakan menjadi tiga, yaitu limbah cair, limbah padat, dan limbah gas.

a. Penanganan Limbah Cair

1. Penanganan limbah cair domestik

Limbah cair domestik ada yang berbahaya dan tidak berbahaya. Salah satu limbah domestik yang berbahaya bagi kesehatan adalah limbah tinja manusia. Penanganan limbah tinja dapat dilakukan dengan beberapa metode. Metode cubluk yang berupa lubang penampungan yang berdinding bagian atasnya tidak kedap air dan dilengkapi dengan tutup. Metode tangki septik konvensional yang berupa bak kedap air yang dilengkapi dengan pipa ventilasi dan lubang kontrol. Di atas tangki septik diberi lubang pemeriksaan yang berfungsi sebagai penyedot tinja. Metode tangki septik biofilter (*up flow filter*) yang berupa bak pengendap dengan ruangan berisi media filter (batu apung, batu pecah, ijuk, dan kerikil), dan ruang resapan (kerikil, pasir, dan ijuk). Limbah tinja dari tangki dialirkan

ke media filter dan menuju ke ruang resapan. Pada media filter terdapat mikroorganisme (bakteri anaerob) yang berfungsi menguraikan limbah organik tersebut. Metode lainnya adalah dengan pembuatan instalasi pengolahan limbah cair domestik (IPLCD) yang biasanya dibangun untuk perkantoran, rumah sakit, restoran, dan hotel.

2. *Penanganan limbah cair industri*

- Penanganan sistem setempat, yaitu industri membuat instalasi sendiri. Limbah yang dihasilkan diupayakan sedikit mungkin dan dapat dimanfaatkan kembali.
- Penanganan sistem terpusat, yaitu sistem yang dikembangkan di kawasan industri yang menghasilkan berbagai jenis limbah yang berbeda.

h. Penanganan Limbah Padat

Limbah padat sering disebut sebagai sampah, yang meliputi sampah organik dan sampah anorganik. Limbah padat dikelompokkan menjadi limbah domestik dan non-domestik. Limbah domestik adalah limbah yang berasal dari rumah tangga, perkantoran, perdagangan, dan rumah sakit. Sedangkan limbah non-domestik berasal dari kegiatan pertanian, perkebunan, dan industri.

1. *Meminimalkan limbah padat*

- *Reuse* yaitu memanfaatkan kembali barang bekas tanpa memprosesnya terlebih dahulu
- *Replacement* yaitu mengganti sesuatu dengan yang lebih hemat dan lebih aman.
- *Refusal* yaitu menolak bahan yang membahayakan keseimbangan lingkungan.
- *Repair* yaitu memperbaiki yang kurang sesuai.
- *Reconstruct* yaitu menyusun ulang struktur yang tidak sesuai.
- *Redurability* yaitu memperpanjang umur suatu benda.
- *Reduce* yaitu mengurangi bahan yang bisa menjadi limbah.
- *Recycle* yaitu mendaur ulang limbah.
- *Recovery* yaitu memperoleh kembali komponen-komponen yang bermanfaat melalui proses kimia, fisika, dan biologi)

2. *Penanganan limbah padat (sampah)*
 - Penimbunan tanah (*landfill*)
 - Penimbunan limbah padat dengan tanah secara berlapis (*sanitari landfill*)
 - Pembakaran (*incineration*)
 - Penghancuran (*pulverization*)
 - Pengomposan (*composting*)
 - Pemanfaatan sebagai makanan ternak (*hog feeding*)

c. Penanganan Limbah Gas

Limbah gas dapat berupa gas, embun, uap, kabut, awan, debu, asap, dan haze (partikel yang tersuspensi dalam tetesan air). Pada umumnya limbah gas berasal dari kendaraan bermotor dan industri. Penanganan limbah gas dapat dilakukan dengan menambahkan alat bantu berikut;

1. Filter udara, berupa filter yang dipasang pada cerobong untuk menyaring kotoran.
2. Pengendap siklon (*cyclone separator*), yaitu pengendap debu yang terdapat dalam gas buangan di ruang pabrik yang berdebu.
3. Filter basah (*scrubbers* atau *wet collector*), yaitu filter yang berfungsi membersihkan udara kotor dengan cara menyemprotkan air.
4. Pengendap sistem gravitasi, yaitu cara untuk mengendapkan partikel di udara yang ukurannya relatif besar.
5. Pengendap elektrostatis, membersihkan udara kotor dalam volume besar dengan menggunakan aerosol atau uap air.

H. DAUR ULANG LIMBAH ORGANIK

Daur ulang limbah merupakan proses mengubah limbah yang dianggap tidak bermanfaat menjadi sebuah produk yang memiliki nilai manfaat, sehingga permasalahan limbah akan teratasi.

a. Pemanfaatan Limbah dengan Teknologi EM-4

Salah satu usaha untuk mengatasi pencemaran oleh limbah organik yang tidak terurai dapat dilakukan dengan memfermentasikan sampah organik sehingga menjadi pupuk organik dengan teknologi EM-4 (*effective microorganisms-4*). EM-4 adalah suatu kultur campuran berbagai mikroorganisme bermanfaat, mengandung bakteri fotosintetik, bakteri asam laktat, ragi, Actinomycetes, dan fungi fermentasi. Bakteri dan fungi tersebut berfungsi sebagai alat pengendali biologis dalam mengendalikan hama dan penyakit, dan juga berperan dalam dekomposisi bahan organik. Sehingga, hama dan penyakit dikendalikan secara alami melalui peningkatan kegiatan antarmikroorganisme.

h. Pengolahan ampas tahu menjadi kecap

Ampas tahu yang terbuang sebagai limbah dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan produk baru, misalnya untuk membuat kecap. Ampas tahu sebagai bahan buangan pabrik tahu, sangat mudah rusak dan menyebarkan aroma yang tidak sedap, sehingga menimbulkan persoalan bagi lingkungan di sekitar pabrik.

c. Pemhuatan gelatin dan tepung dari tulang

Umumnya, tulang-tulang terbuang sebagai limbah. Ternyata, tulang dapat dimanfaatkan sebagai bahan untuk gelatin. Gelatin adalah zat yang diperoleh dari tulang hewan vertebrata. Dalam bidang mikrobiologi, gelatin merupakan media yang sangat baik untuk membiakkan bakteri, selain sebagai penutup pada kaca sediaan mikroskop. Dalam bidang farmasi, gelatin merupakan bahan dasar pembuatan salep, kapsul, pasta, dan pelapis pil.

d. Pemhuatan ekstrak pektin

Kulit jeruk besar (*Citrus maxima*) akan dibuang setelah dimakan buahnya. Kulit jeruk tersebut sebenarnya dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan zat pektin. Zat pektin merupakan zat yang mudah larut di dalam air. Jika dipanaskan dengan penambahan gula dan asam, akan diperoleh gel atau jelly atau selai.

e. Pembuatan nata de coco

Air kelapa yang berasal dari kelapa tua yang hanya terbuang sebagai limbah, sebenarnya dapat dimanfaatkan agar dapat bernilai komersial, seperti sari kelapa atau *nata de coco*. Pembuatan *nata de coco* dilakukan dengan menginokulasikan bakteri *Acetobacter xylinum* pada substrat yang mengandung gula (misalnya air kelapa), kemudian difermentasikan hingga komponen gula pada medium menjadi substansi yang menyerupai gel di permukaan medium.

CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

1. Berikut ini yang bukan merupakan komponen abiotik adalah
- | | |
|-------------------|-------------------|
| A. air | D. mikroorganisme |
| B. topografi | E. udara |
| C. sinar matahari | |

Jawaban: D

Komponen abiotik merupakan komponen fisik dan kimiawi yang ada pada suatu ekosistem sebagai medium atau lingkungan tempat berlangsungnya kehidupan. Komponen abiotik meliputi udara, air, tanah, garam mineral, sinar matahari, suhu, kelembapan, dan derajat keasaman.

2. Organisme yang berperan sebagai detritivor dalam suatu ekosistem adalah
- | | |
|-----------|-------------|
| A. padi | D. bakteri |
| B. cacing | E. ganggang |
| C. fungi | |

Jawaban: B

Detritivor adalah pengurai hidup dengan cara memakan serpihan tumbuhan atau hewan yang sudah mati, misalnya cacing tanah, rayap dan kaki seribu.

3. Berikut ini yang merupakan interaksi antarpopulasi predasi adalah
- | | |
|-----------------------|----------------------|
| A. cicak dan nyamuk | D. kecoa dan tikus |
| B. nyamuk dan manusia | E. kucing dan anjing |
| C. nyamuk dan lalat | |

Jawaban: A

Predasi adalah interaksi makan memakan antarorganisme. Terdapat dua komponen dalam predasi, yaitu pemangsa (*predator*) dan mangsa (*prey*). Dalam ekosistem predator akan memakan mangsa untuk kelangsungan hidupnya. Contoh predasi adalah harimau dengan rusa, dan cicak dengan nyamuk.

4. Jumlah energi terkecil dalam piramida energi berada pada tingkat
- | | |
|----------------|-----------------|
| A. produsen | D. konsumen III |
| B. konsumen I | E. konsumen IV |
| C. konsumen II | |

Jawaban: E

Piramida energi yaitu piramida yang menggambarkan terjadinya penurunan energi pada tiap tingkatan trofik. Jumlah total energi pada setiap tingkatan trofik semakin ke arah puncak maka jumlah energi semakin kecil. Semakin tinggi tingkat trofik (konsumen tingkat tertinggi) maka jumlah total energinya semakin kecil.

5. Bakteri *Nitrosomonas* dan *Nitrosococcus* bermanfaat untuk kesuburan tanah karena
- | |
|-------------------------------------|
| A. mengikat nitrogen bebas di udara |
| B. mengubah ammonia menjadi nitrit |
| C. mengubah nitrit menjadi nitrat |
| D. mengubah nitrat menjadi nitrit |
| E. membebaskan ion nitrat ke udara |

Jawaban: B

Amonia diperoleh dari hasil penguraian jaringan yang mati dan oleh bakteri. Amonia ini dapat dinitrifikasi oleh bakteri nitrit, yaitu *Nitrosomonas* dan *Nitrosococcus* menjadi NO_2^- (nitrit). Selanjutnya

oleh bakteri denitrifikasi, yaitu *Pseudomonas denitrifikans*, nitrat diubah kembali menjadi ammonia dan ammonia diubah kembali menjadi nitrogen

6. Suatu tipe interaksi, yang mana dari interaksi tersebut kedua spesies memperoleh keuntungan dinamakan
- | | |
|----------------|-----------------|
| A. mutualisme | D. komensalisme |
| B. kompetisi | E. predasi |
| C. parasitisme | |

Jawaban: A

Mutualisme, yaitu interaksi antar dua atau lebih spesies yang menguntungkan kedua belah pihak dan interaksi ini merupakan suatu keharusan. Contohnya adalah pada *lichen* yang merupakan mutualisme antara jamur dengan *Cyanobacteria*.

7. Peranan dekomposer bagi kesuburan tanah ialah
- | |
|--|
| A. mengikat n_2 dari tanah dan udara |
| B. mengurai zat organik menjadi anorganik |
| C. mengikat n_2 dan merubahnya menjadi n dalam senyawa anorganik |
| D. mengikat n_2 menjadi zat anorganik |
| E. mengurai zat organik menjadi n dalam senyawa anorganik |

Jawaban: B

Dekomposer adalah mikroorganisme yang menguraikan zat organik sisa tumbuhan atau hewan (detritus) menjadi zat yang lebih sederhana (anorganik). Contoh dekomposer adalah jamur dan bakteri.

8. Pembasmian burung burung pengganggu pertanian ternyata menimbulkan masalah baru bagi petani karena
- | |
|---|
| A. hilangnya kicau burung yang merdu |
| B. berkurang pupuk dari kotoran burung |
| C. populasi ulat pengganggu meningkat |
| D. sumber protein hewani berkurang |
| E. produksi menurun karena penyerbukan kurang |

Jawaban: C

Rantai makanan yang terjadi adalah:

Padi → ulat → burung → ular

Apabila populasi burung hilang, maka mengakibatkan peningkatan populasi ulat, sehingga menurunkan hasil panen.

9. Dalam suatu ekosistem kolam terdapat:

- | | |
|---------------------|----------------|
| 1. Hewan karnivora | 4. Zat organik |
| 2. Bakteri pengurai | 5. Herbivora |
| 3. Plankton | |

Dari komponen ekosistem tersebut, dapat disusun suatu mata rantai makanan yang susunannya sebagai berikut

- | | |
|----------------------|----------------------|
| A. 4 - 2 - 3 - 5 - 1 | D. 4 - 3 - 5 - 1 - 2 |
| B. 5 - 3 - 1 - 2 - 4 | E. 4 - 5 - 1 - 2 - 3 |
| C. 5 - 2 - 1 - 4 - 3 | |

Jawaban: D

Rantai makanan yang dapat disusun adalah sebagai berikut

Zat organik → plankton → herbivor → karnivor → pengurai
(produsen) (Konsumen 1) (Konsumen2)

10. Dari suatu ekosistem kolam, terdapat sejenis Alga yang berwarna biru, menempel pada batu, bersel satu, klorofilnya tersebar. Berdasarkan ciri cirinya, Alga tersebut berperan sebagai

- | | |
|----------------|--------------------------------|
| A. konsumen I | D. tumbuhan perintis |
| B. konsumen II | E. perlindungan organisme lain |
| C. produsen | |

Jawaban: C

Alga merupakan tumbuhan tingkat rendah yang dapat melakukan fotosintesis, sehingga dapat membuat makanan sendiri (autotrof). Organisme autotrof dalam ekosistem menempati sebagai produsen.

LATIHAN SOAL 9

1. Di bawah ini yang termasuk faktor-faktor abiotik adalah
 - A. air, cuaca, bakteri, tanah, dan udara
 - B. iklim, air, tanah, jamur, dan sinar matahari
 - C. bakteri, air, tanah, iklim, dan cuaca
 - D. air, tanah, iklim, udara, dan sinar matahari
 - E. tanah, air, bakteri, jamur, dan udara
2. Dalam rantai makanan, tumbuhan hijau merupakan
 - A. konsumen
 - B. produsen
 - C. produsen dan konsumen
 - D. pengurai
 - E. parasit
3. Makhluk hidup yang berperan sebagai konsumen tingkat pertama adalah
 - A. elang, tikus, ular, dan kelinci
 - B. kelinci, ular, harimau, dan elang
 - C. kijang, kelinci, elang, dan ular
 - D. kijang, kelinci, tikus, dan ulat daun
 - E. tikus, harimau, kijang, dan kelinci
4. Dalam suatu ekosistem kolam terdapat beberapa komponen, yaitu:
 1. ikan karnivor
 2. bakteri pengurai
 3. fitoplankton
 4. ikan herbivor
 5. zat organikDari beberapa komponen tersebut dapat disusun suatu rantai makanan dengan urutan

- | | |
|------------------|------------------|
| A. 3, 4, 1, 5, 2 | D. 2, 5, 3, 4, 1 |
| B. 3, 4, 5, 1, 2 | E. 5, 3, 4, 1, 2 |
| C. 5, 3, 2, 1, 4 | |
5. Hubungan komensalisme terjadi pada interaksi antara
 - A. cacing dan ulat daun
 - B. cacing *Ascaris lumbricoides* dan manusia
 - C. ikan remora dan ikan hiu
 - D. bakteri nitrogen dan tumbuhan legume
 - E. bunga dan kupu-kupu
 6. Penghilangan konsumen I pada suatu ekosistem danau akan menyebabkan
 - A. konsumen II berubah fungsi menjadi konsumen I
 - B. jumlah populasi produsen akan meledak
 - C. konsumen II akan merangkap menjadi herbivor
 - D. jumlah dekomposer semakin banyak
 - E. konsumen I darat akan menjadi konsumen I danau
 7. Dalam suatu ekosistem, energi mengalami perpindahan secara berturut-turut dari
 - A. matahari--tumbuhan hijau--konsumen I--konsumen II
 - B. tumbuhan hijau -- matahari --konsumen I--konsumen II
 - C. tumbuhan hijau--konsumen I--konsumen II --matahari
 - D. matahari --konsumen I--konsumen II--tumbuhan hijau
 - E. matahari --konsumen I--konsumen II-- konsumen III
 8. Dalam siklus nitrogen terjadi beberapa peristiwa antara lain
 - A. senyawa nitrogen dilepaskan oleh akar tumbuhan
 - B. organisme air mengambil nitrogen
 - C. pengurai melepaskan nitrogen ke tanah
 - D. bakteri denitrifikasi melepas NH_4 ke air
 - E. bakteri nitrogen mengikat nitrogen

9. Makhluk hidup yang berinteraksi dengan lingkungan abiotik pada suatu habitat tertentu disebut
- A. bioma
 - B. biosfer
 - C. populasi
 - D. komunitas
 - E. ekosistem
10. Interaksi berbagai organisme berikut ini menunjukkan hubungan mutualisme adalah
- A. bakteri nitrogen dan tanaman polong
 - B. harimau dan rusa
 - C. rumput dengan padi
 - D. benalu dan pohon mangga
 - E. wereng dengan daun
11. Pernyataan yang tepat tentang siklus karbon adalah
- A. karbondioksida diserap oleh semua makhluk hidup saat respirasi
 - B. karbondioksida dilepaskan pada proses respirasi
 - C. fotosintesis oleh tumbuhan menghasilkan karbondioksida
 - D. proses pembakaran memerlukan karbondioksida
 - E. pernafasan hewan memerlukan karbondioksida
12. Di dalam suatu ekosistem, jamur, bakteri, dan mikroba lainnya, berperan sebagai
- A. produsen
 - B. konsumen
 - C. predator
 - D. dekomposer
 - E. detritivor
13. Tumbuhan yang dalam ekosistem fungsinya bukan sebagai produsen adalah
- A. lumut
 - B. alga
 - C. jamur
 - D. rumput
 - E. paku-pakuan

14. Dalam suatu ekosistem, herbivor berperan sebagai
 - A. konsumen tingkat pertama
 - B. konsumen tingkat kedua
 - C. konsumen tingkat ketiga
 - D. konsumen tingkat keempat
 - E. konsumen tingkat tinggi

15. Berikut ini yang tergolong organisme heterotrof adalah
 - A. ganggang, jamur, mikroorganisme
 - B. bakteri, jamur, hewan
 - C. tumbuhan, hewan, manusia
 - D. jamur, lichen, ganggang biru
 - E. lumut, tumbuhan apku, lichen

16. Gas yang menyebabkan efek rumah kaca terdapat di lapisan terendah atmosfer, yaitu
 - A. troposfer
 - B. stratosfer
 - C. mesosfer
 - D. termosfer
 - E. ionosfer

17. Zat-zat berikut yang dapat mengakibatkan pencemaran udara adalah
 - A. CO, CO₂, N₂
 - B. Halogen, NO₂, H₂O
 - C. O₃, CH₄, CFC
 - D. HCl, SO₂, N₂
 - E. N₂, H₂O, partikel

18. Salah satu upaya dalam pengendalian hama yang tidak menimbulkan pencemaran lingkungan adalah
 - A. penggunaan pestisida
 - B. pengendalian dengan herbisida
 - C. pengendalian secara biologis
 - D. penyemprotan dengan insektisida
 - E. penggunaan bahan kimia tertentu

19. Pada air sungai yang telah tercemar akan terlihat beberapa tanda, antara lain
 - A. airnya jernih dan tidak berwarna
 - B. terdapat berbagai jenis fauna perairan
 - C. ditumbuhi eceng gondok yang subur

- D. airnya tidak berbau busuk
 - E. memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi
20. Berikut adalah dampak negatif akibat manusia membuang limbah padat sembarangan, *kecuali*
- A. mengurangi keindahan lingkungan
 - B. dapat menurunkan kualitas tanah
 - C. berkembangnya berbagai jenis penyakit
 - D. Kesuburan tanah meningkat
 - E. terjadinya banjir
21. Perubahan lingkungan dapat terjadi karena perbuatan manusia, manusia membabat hutan bakau untuk tambak ikan. Sebagai akibat pembabatan hutan bakau adalah
- A. populasi ikan besar meningkat karena arealnya lebih luas
 - B. populasi ikan besar menurun, karena kehilangan tempat berteduh
 - C. populasi udang besar meningkat, karena lebih leluasa mencari tempat tinggal
 - D. populasi udang kecil menurun, karena tidak bisa mencari makanan yang menempel pada akar bakau
 - E. penduduk setempat secara mendadak terserang wabah muntaber
22. Gas CFC masuk ke stratosfer dan merusak lapisan ozon yang berfungsi sebagai penyaring radiasi ultraviolet dari cahaya matahari. Jika intensitas radiasi ultraviolet bertambah maka dapat menyebabkan
- A. kanker kulit
 - B. penyakit pernapasan
 - C. logam mudah berkarat
 - D. kerusakan hemoglobin
 - E. kenaikan suhu
23. Efek rumah kaca merupakan masalah lingkungan yang berbahaya karena dapat menaikkan
- A. kadar CO_2 atmosfer
 - B. kadar bahan pencemaran
 - C. Kadar partikel udara
 - D. suhu permukaan bumi
 - E. kelembapan udara

24. Aktivitas manusia ygng dapat menimbulkan gangguan keseimbangan lingkungan adalah
- A. ladang berpindah dan pertanian monokultur
 - B. pertanian organik dan hidroponik
 - C. kultur jaringan dan radiasi induksi
 - D. rotasi tanaman dan pembakaran hutan
 - E. menjaring ikan dengan sistem pukat harimau
25. Dalam ekosistem air tawar terjadi pencemaran DDT, maka urutan kandungan DDT dari yang terkecil sampai yang terbesar adalah
- A. fitoplankton zooplankton ikan kecil ikan besar
 - B. zooplankton fitoplankton ikan kecil - ikan besar
 - C. ikan kecil fitoplankton zooplankton ikan, besar
 - D. ikan kecil ikan beser – zooplankton - fitoplankton
 - E. ikan besar – ikan kecil – zooplankton - fitoplankton
26. Permukaan danau yang tertutup oleh eceng gondok akan menyebabkan biota yang dibawahnya tidak dapat hidup karena
- A. penetrasi cahaya matahari ke dalam air kurang
 - B. kandungan CO_2 di dalam air berkurang
 - C. kandungan O_2 dalam air banyak
 - D. kandungan CO_2 di dalam air sedikit
 - E. kandungan O_2 dalam air berkurang
27. Berikut ini adalah perubahan lingkungan akibat campur tangan manusia, *kecuali*
- A. menangkap ikan dengan pukat harimau
 - B. penebangan pohon secara liar
 - C. kemarau panjang yang mengakibatkan kebakaran
 - D. pengeringan rawa rawa untuk lahan pertanian
 - E. mendirikan industri

28. Penebangan hutan yang tidak terencana dengan tepat menyebabkan makhluk hidup menderita sebab
- A. kayu untuk bahan bangunan akan berkurang
 - B. makhluk hidup sangat tergantung kepada hutan
 - C. saat hujan turun, air tak dapat menahan lapisan tanah
 - D. sumber devisa bagi negara akan berkurang
 - E. semua hewan dan tumbuhan langka akan musnah
29. Pembuangan sampah organik ke dalam badan air yang seperti sungai atau danau dapat mengakibatkan pertumbuhan alga tak terkendali (*blooming algae*). Hal tersebut disebabkan penumpukan mineral yang disebut
- A. nitrifikasi
 - B. desimilasi
 - C. mineralisasi
 - D. eutrofikasi
 - E. amonifikasi
30. Penggunaan DDT yang berlebihan dapat menyebabkan pencemaran air atau tanah. Berikut ini merupakan sifat DDT dalam pencemaran, kecuali
- A. sukar diuraikan
 - B. larut dalam lemak
 - C. dapat merusak jaringan tubuh
 - D. tidak dapat masuk pada plankton
 - E. dapat pindah ke dalam tubuh organisme lain

