

# BAB 9

## EKOSISTEM



Dalam suatu ekosistem, energi ditangkap dan disimpan oleh tumbuhan. Sebagian energi itu berpindah kepada hewan pemakan tumbuhan tersebut. Pada suatu saat, hewan pemakan tumbuhan itu dimangsa oleh hewan lain. Gambar di samping menunjukkan seekor singa sedang memangsa zebra. Pada setiap tingkatan pemakan atau pemangsa, sebagian energi disimpan menjadi bagian-bagian tumbuhan atau daging hewan.

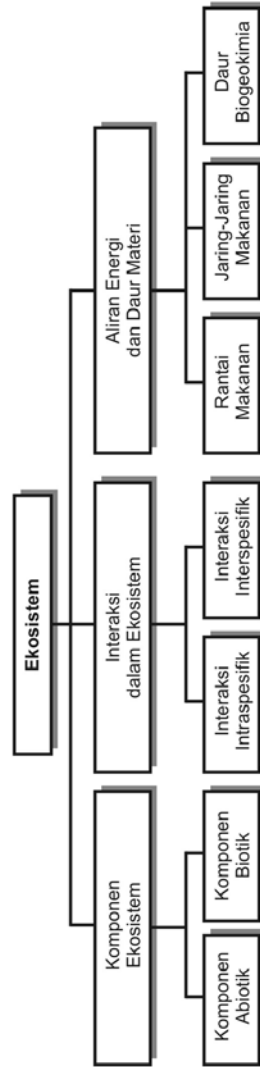
Sumber: *Jendela Iptek*, 2001

### **Tujuan pembelajaran kalian pada bab ini adalah:**

- dapat mendeskripsikan peran komponen ekosistem dalam aliran energi;
- dapat mendeskripsikan daur biogeokimia;
- dapat mendeskripsikan pemanfaatan komponen ekosistem.

### **Kata-kata kunci**

- komponen biotik
- komponen abiotik
- interaksi
- homeostatis
- rantai makanan
- jaring-jaring makanan
- daur biogeokimia



Makhluk hidup merupakan bagian dari lingkungan tempat hidupnya. Selain makhluk hidup, dalam suatu lingkungan terdapat komponen tak hidup yang dinamakan komponen *abiotik*. Komponen ekosistem yang terdiri benda-benda hidup atau makhluk hidup disebut komponen *biotik*. Komponen biotik dalam ekosistem memiliki peranan/profesi yang berbeda-beda. Peranan/profesi suatu organisme dalam ekosistem disebut *viche* atau *relung*. Antara makhluk hidup dengan lingkungan biotik dan abiotiknya terjadi hubungan timbal balik atau interaksi. Interaksi antara makhluk hidup dengan lingkungan biotik dan abiotiknya inilah yang dinamakan *ekosistem*. Cabang biologi yang mempelajari interaksi antara organisme dengan lingkungan biotik dan abiotiknya disebut *ekologi*.

Keseimbangan dan kelestarian ekosistem sangat diperlukan oleh semua makhluk hidup, termasuk manusia. Dengan ekosistem yang seimbang proses-proses kehidupan secara alamiah akan terjaga kelangsungannya. Karena itu manusia sangat berkepentingan untuk menjaga kelestarian dan keseimbangan ekosistem demi menjaga kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya. Peran serta secara aktif seluruh warga negara sangat diperlukan untuk mewujudkan lingkungan yang lestari dan seimbang.

## A. Komponen Ekosistem

Secara garis besar komponen ekosistem terdiri atas komponen abiotik dan komponen biotik.

### 1. Komponen abiotik

Komponen abiotik merupakan komponen ekosistem yang bersifat tak hidup. Komponen ini meliputi hal-hal berikut.

#### a. Tanah

Tanah merupakan habitat sebagian besar makhluk hidup. Tumbuhan membutuhkan tanah sebagai sumber unsur hara maupun air. Akar tumbuhan masuk ke dalam tanah untuk mendapatkan air dari tanah serta mineral yang diperlukan untuk tumbuh dan berkembang. Demikian pula hewan-hewan yang menggunakan tanah sebagai tempat hidupnya serta melakukan segala aktivitasnya. Beberapa serangga dan cacing meletakkan telurnya dalam tanah untuk melanjutkan kerurunannya. Setelah menetas lalu menjadi larva, kemudian tumbuh dan berkembang menjadi dewasa.

#### b. Air

Tidak akan ada kehidupan tanpa air. Semua makhluk hidup membutuhkan air untuk keperluan hidupnya. Hewan dan manusia membutuhkan air untuk minum. Dalam tubuh

hewan dan manusia air berfungsi sebagai pelarut makanan, menjaga tekanan osmotik sel, sebagai sarana transportasi zat (air merupakan bagian terbesar plasma darah). Bagi tumbuhan, air merupakan komponen penting dalam fotosintesis, sarana transportasi zat, membantu proses pertumbuhan sel-sel, serta menjaga tekanan osmotik sel. Bahkan mikroorganisme seperti bakteri serta jamur mempersyaratkan kondisi yang lembap agar dapat hidup dengan baik. Dalam ekosistem air mengalami daur ulang yang disebut *daur hidrologi*.

c. *Udara*

Atmosfer bumi kita merupakan campuran berbagai macam gas serta partikel-partikel debu. Sekitar 78% gas di atmosfer berupa gas nitrogen, 21% gas oksigen, 1% gas argon, serta sekitar 0,035% terdiri gas CO<sub>2</sub>, sisanya berupa uap air. Semua makhluk hidup membutuhkan gas oksigen untuk bernapas serta membebaskan CO<sub>2</sub> ke udara.

Di samping membebaskan CO<sub>2</sub> saat bernapas, tumbuhan juga menyerap CO<sub>2</sub> dari udara untuk fotosintesis. Kegiatan manusia yang dapat meningkatkan kadar CO<sub>2</sub> di udara dapat menurunkan kualitas udara bagi kehidupan.

d. *Suhu*

Setiap makhluk hidup membutuhkan suhu tertentu yang sesuai untuk melakukan aktivitas hidupnya dengan optimum. Suhu tertentu yang sesuai untuk melakukan aktivitas hidup dengan optimum tersebut dinamakan *suhu optimum*. Tumbuhan dapat melakukan fotosintesis dengan hasil optimum pada suhu yang tidak terlalu panas, tetapi juga tidak terlalu dingin (antara 26° – 30° C) meskipun di luar kisaran suhu tersebut fotosintesis tetap dapat dilakukan, namun hasilnya kurang optimum.

Jamur memerlukan suhu yang relatif hangat agar dapat hidup dan berkembang dengan baik. Sebaliknya bakteri akan mati jika suhu terlalu tinggi (tapi tidak berlaku untuk bakteri termo), dan dapat melakukan metabolisme pada suhu yang terlalu rendah. Suhu tertinggi di mana makhluk hidup tetap dapat melakukan aktivitas hidup meski kurang optimal dinamakan *suhu maksimum*, dan suhu terendah di mana makhluk hidup tetap dapat melakukan aktivitas hidup meski kurang optimal disebut *suhu minimum*.

e. *Sinar*

Sinar matahari mengandung energi kehidupan yang sangat tinggi. Tumbuhan hijau mampu mengubah zat anorganik menjadi zat organik jika ada bantuan energi sinar

matahari. Energi kimia yang tersimpan dalam senyawa organik hasil fotosintesis tumbuhan hijau sangat diperlukan sebagai energi kehidupan bagi makhluk hidup lain. Dengan energi sinar matahari manusia mampu membangun pembangkit listrik untuk pemenuhan kebutuhan energi.

*f. Kelembapan*

Kelembapan udara menyatakan persentase jumlah uap air di udara. Uap air tersebut berasal dari penguapan air laut, sungai, danau, waduk dan sumber lain, maupun dari pelepasan uap air dari tubuh makhluk hidup. Makin tinggi kadar uap air di udara makin tinggi tingkat kelembapan udaranya. Udara yang lembap sangat membantu pertumbuhan jamur dan bakteri. Bahkan udara yang kelembabannya tinggi sangat berpeluang mendatangkan hujan, yang berarti mengembalikan air kembali lagi ke asalnya. Lumut dan tumbuhan paku juga menyukai udara yang lembap bagi kehidupannya.

*g. Altitude dan latitude*

Ketinggian tempat dari permukaan laut (altitude) dan perbedaan letak karena perbedaan jarak dari garis lintang (latitude) sangat memengaruhi sebaran/distribusi makhluk hidup baik tumbuhan, hewan, maupun mikroorganisme. Seekor beruang kutub tidak akan ditemukan di daerah tropis, atau sebaliknya pohon kelapa tidak mungkin tumbuh di daerah kutub. Perbedaan faktor fisik yang sangat tajam antara daerah kutub dan daerah tropis menyebabkan perbedaan sebaran tumbuhan. Spesies tumbuhan dan hewan pada dua daerah yang secara fisik berbeda akan berbeda pula.

## 2. Komponen biotik

Komponen ekosistem yang bersifat hidup dinamakan komponen biotik. Komponen biotik ekosistem menurut fungsinya dibedakan menjadi berikut ini.

*a. Produsen*

Semua organisme yang memiliki kemampuan melakukan sintesis senyawa organik dari zat-zat anorganik disebut produsen. Organisme berklorofil, seperti tumbuhan hijau, merupakan komponen pokok dalam ekosistem. Tumbuhan hijau mampu melakukan fotosintesis, menghasilkan zat organik berupa glukosa yang tersimpan dalam buah, biji, atau umbi dalam bentuk zat tepung/amilum. Kemampuan menghasilkan senyawa organik ini akan meningkat jika tumbuhan hijau mendapatkan air,  $\text{CO}_2$ , dan cahaya matahari dalam jumlah yang melimpah. Senyawa organik hasil



Sumber: *Indonesian Heritage*, 2002

▲ Gambar 9.1 Lumut kerak

sintesis oleh produsen ini akan dimanfaatkan oleh organisme lain untuk memenuhi kebutuhan energi hidupnya. Semua alga, lumut, tumbuhan paku, tumbuhan berbiji dan beberapa jenis bakteri tergolong sebagai produsen.

b. *Konsumen*

Organisme yang mendapatkan makanan dari organisme lain dinamakan konsumen. Organisme kelompok ini tidak memiliki kemampuan melakukan sintesis senyawa organik secara mandiri, karenanya kebutuhan makanannya murni bergantung pada organisme lain.

Jika organisme tersebut mendapatkan zat organik langsung dari produsen, disebut *herbivora* atau konsumen primer. Jika organisme tersebut mendapatkan zat organik dari herbivora, maka disebut *karnivora* atau konsumen sekunder. Hewan karnivora dapat memangsa karnivora lain. Organisme yang mendapatkan zat organik baik dari produsen maupun dari konsumen disebut *omnivora* atau pemakan segala. Omnivora mendapatkan energi dari produsen, herbivora, maupun dari karnivora.

c. *Detritivor*

Sisa-sisa organisme maupun bangkai organisme yang telah hancur/lapuk dinamakan *detritus*. Detritus merupakan sumber energi bagi *detritivor*. Jadi, detritivor merupakan organisme pemakan detritus. Luwing, cacing tanah, rayap dan teripang merupakan detritivor. Organisme ini sangat membantu dalam penghancuran secara mekanik sampah organik sebelum mengalami proses penguraian secara kimia. Dengan demikian detritivor juga memiliki peranan yang tidak kalah penting dalam proses daur ulang sampah organik, di samping organisme pengurai.

d. *Dekomposer*

Setelah dihancurkan oleh detritivor, selanjutnya sampah organik akan diuraikan secara kimia menjadi zat-zat anorganik oleh organisme pengurai atau *dekomposer*. Hasil dekomposisi (proses penguraian) sampah organik dikembalikan ke tanah sebagai mineral-mineral tanah. Pada akhirnya mineral-mineral tanah ini akan diserap kembali oleh akar tumbuhan untuk dipakai dalam proses pertumbuhan, termasuk sintesis senyawa organik lagi. Bakteri dan jamur merupakan organisme pengurai, yang sangat berjasa dalam proses daur ulang sampah organik.

Ekosistem merupakan interaksi antara organisme dengan lingkungan biotik maupun abiotiknya. Komponen abiotik merupakan komponen ekosistem yang terdiri dari benda-benda

tak hidup. Komponen biotik ekosistem terdiri dari benda-benda hidup.

Organisme dalam ekosistem dapat dibedakan menjadi dua kelompok berdasarkan cara mendapatkan makanan, yaitu berikut ini.

1. Organisme *autotrof*, merupakan organisme yang mampu mensintesis zat makanannya sendiri. Organisme autotrof dibedakan menjadi berikut ini.
  - a. Fotoautotrof; jika dalam mensintesis makanannya memerlukan bantuan energi cahaya. Contohnya semua tumbuhan hijau, bakteri hijau, bakteri ungu. Tumbuhan hijau memiliki pigmen berwarna hijau yaitu klorofil. Bakteri hijau memiliki pigmen yang menyerupai klorofil yaitu bakterioklorofil. Bakteri ungu memiliki pigmen berwarna ungu yang disebut bakteriopurpurin.
  - b. Kemoautotrof; jika dalam mensintesis makanannya memanfaatkan energi hasil reaksi kimia. Contohnya bakteri pereduksi sulfur (bakteri belerang), bakteri besi, bakteri *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrobacter*.
2. Organisme *heterotrof*, merupakan organisme yang tidak mampu menghasilkan zat makanan sendiri, hidupnya bergantung pada organisme lain. Contohnya hewan, manusia, dan bakteri (di luar bakteri kemoautotrof).

Satuan organisasi kehidupan dalam ekosistem terdiri dari beberapa tingkatan, yaitu berikut ini.

1. Individu merupakan organisme tunggal, misalnya seekor ayam, sebatang pohon mangga.
2. Populasi; merupakan sekumpulan organisme sejenis (satu spesies) yang mendiami habitat tertentu pada waktu tertentu. Misalnya populasi padi di sawah merupakan sekumpulan tanaman padi (tidak termasuk tanaman lain) di sawah; populasi kambing di padang rumput merupakan sekumpulan kambing (tidak termasuk domba, atau kerbau, atau kuda) di padang rumput.
3. Komunitas merupakan kumpulan dari beberapa populasi yang menempati suatu habitat tertentu. Misalnya komunitas sawah, terdiri dari populasi padi, populasi eceng gondok, populasi belalang, populasi wereng, yang hidup di suatu sawah.
4. Ekosistem merupakan interaksi antara komunitas dengan lingkungan biotik dan abiotiknya.



Sumber: *Indonesian Heritage*, 2002

▲ Gambar 9.2 Sekumpulan kelelawar di sebuah goa

5. Bioma merupakan sekelompok ekosistem daratan pada sebuah benua yang mempunyai struktur dan ketampakan/fisiognomi vegetasi yang sama.
6. Biosfer merupakan kesatuan dari berbagai ekosistem, yang ada di muka bumi ini.

Dalam ekosistem terjadi interaksi baik antara komponen abiotik dengan komponen biotik, interaksi antara sesama komponen biotik, atau interaksi antara sesama komponen abiotik.

1. Interaksi antarkomponen abiotik

Komponen abiotik dapat memengaruhi komponen abiotik lain secara timbal balik. Sebagai contoh jika intensitas cahaya matahari yang mengenai suatu perairan meningkat mengakibatkan laju penguapan meningkat. Dari peristiwa tersebut terbentuklah awan yang apabila dalam jumlah banyak dapat menghalangi sinar matahari ke bumi, sehingga intensitas cahaya matahari ke bumi berkurang, di samping juga dapat menyebabkan hujan yang airnya kembali lagi ke perairan.

2. Interaksi antara komponen abiotik dengan biotik

Komponen abiotik dapat memengaruhi komponen biotik dalam ekosistem, demikian pula sebaliknya. Sebagai contoh setiap tumbuhan mengambil air dari lingkungannya (dari dalam tanah), tapi tumbuhan juga membebaskan air ke lingkungan (ke udara) dalam bentuk uap air. Bersama uap air dari sumber yang lain, akan terbentuk awan dan turun sebagai hujan. Akhirnya air meresap ke dalam tanah (kembali lagi ke tanah). Di samping itu tumbuhan juga mengambil zat hara dari tanah, namun juga mengembalikannya lagi dalam bentuk ranting, dedaunan, dan sisa tumbuhan yang telah lapuk dan mengalami penguraian.

3. Interaksi antara komponen biotik dengan komponen biotik

Komponen biotik secara timbal balik dapat memengaruhi komponen biotik lainnya. Sebagai contoh dalam peristiwa simbiosis, masing-masing simbiosis memengaruhi satu sama lain. Seekor lebah menghisap madu dari sekuntum bunga, lebah mendapatkan makanan (berupa madu) dari bunga, namun lebah juga menjadi perantara penyerbukan bunga tersebut. Jadi, antarkomponen dalam ekosistem terjadi hubungan timbal balik.

Interaksi antarkomponen biotik dalam ekosistem dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu berikut ini.

1. Interaksi *intraspesifik*, yaitu interaksi antarindividu dalam satu spesies



Sebagai contoh misalnya dalam koloni lebah madu (*Aphis sp*) atau pada koloni rayap (*Termit*). Pada masing-masing koloni terdapat pembagian kerja yang sangat rapi antara ratu, prajurit, maupun pekerja. Interaksi pada koloni rayap dan lebah ini lebih bersifat saling membantu dan menguntungkan. Coba bandingkan dengan interaksi antara seekor ayam jantan dengan ayam jantan lain. Apakah juga saling menguntungkan? Contoh kedua ini cenderung pada interaksi persaingan (kompetisi), terutama dalam memperebutkan pasangan.

2. Interaksi *interspesifik*, yaitu interaksi antarindividu yang berbeda spesies

- a. Predasi: merupakan interaksi antara organisme pemangsa (predator) dengan mangsanya (*prey*). Contohnya interaksi antara seekor harimau (predator) dengan seekor kijang (*prey*), interaksi antara kucing dengan tikus.
- b. Kompetisi: merupakan interaksi antara dua individu (dapat berbeda atau dalam satu spesies) berupa persaingan. Interaksi ini dapat terjadi karena terdapat kepentingan yang sama antarindividu yang bersaing (kompetitor). Misalnya persaingan mendapatkan makanan, persaingan mendapatkan daerah/wilayah kekuasaan (dominasi), berebut wilayah mencari makan (*feeding ground*), berebut tempat tinggal (sarang), berebut pasangan.
- c. Simbiosis: kehidupan bersama antara dua makhluk hidup atau lebih berbeda spesies dalam hubungan yang erat.
  - Simbiosis mutualisme: hubungan simbiotik yang menguntungkan kedua belah pihak.  
Contohnya: simbiosis antara bakteri *Rhizobium* dengan akar tanaman Leguminosae.  
Bakteri membantu menambat (fiksasi) nitrogen dari udara untuk kepentingan tumbuhan, tapi bakteri juga memperoleh senyawa organik sebagai sumber makanan dari tanaman Leguminosae.
  - Simbiosis komensalisme: hubungan simbiotik yang menguntungkan salah satu pihak, tapi pihak lain tidak dirugikan. Contohnya ikan hiu dengan ikan remora.
  - Simbiosis parasitisme: hubungan simbiotik yang menguntungkan satu pihak dan merugikan pihak lain. Contohnya benalu dengan pohon inang, cacing pita dengan inangnya, cacing hati dengan inangnya.



Sumber: *Indonesian Heritage*, 2002

▲ Gambar 9.3 Simbiosis antara pohon paku dengan inangnya

- d. Netral: kehidupan bersama antara populasi dua spesies atau lebih dalam satu daerah dan masing-masing populasi tersebut tidak saling meng-ganggu. Contoh: seekor cacing dengan belalang di sawah.

Jika antarkomponen dalam ekosistem terjadi hubungan yang dinamis, perubahan dalam batas-batas tertentu tidak akan menimbulkan gangguan dalam ekosistem tersebut. Ini berarti ekosistem tersebut telah mencapai keseimbangan yang mantap, dengan kata lain telah mencapai kondisi *homeostatis*. Ekosistem dalam keadaan homeostatis penting untuk dipertahankan, agar keseimbangan ekosistem selalu terjaga dari generasi ke generasi. Kegiatan-kegiatan yang dilakukan oleh manusia jangan sampai menggoyahkan keadaan homeostatis tersebut. Namun, sayang dalam kenyataannya harapan seperti ini sangat sulit terwujud. Manusia cenderung ingin menguasai dan melakukan manipulasi pada ekosistem atau lingkungan untuk tujuan-tujuan tertentu yang tidak selaras dengan konsep keseimbangan ekosistem. Demi tujuan sesaat manusia rela mengorbankan kepentingan jangka panjang yang jauh lebih penting, dengan melakukan kegiatan-kegiatan yang mengakibatkan kemunduran ekosistem.

Dewasa ini pembabatan hutan secara liar (*illegal logging*) sangat marak. Kerusakan hutan yang terjadi sudah berada pada taraf yang sangat mengkhawatirkan. Sebagian besar hutan di kawasan Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi sampai Papua tak ada yang luput dari aktivitas *illegal logging*. Upaya-upaya yang dilakukan oleh berbagai pihak, baik pemerintah maupun swasta seolah sia-sia. Upaya hukum pun, seolah tidak membuat jera para pelakunya. Tidak dapat dipungkiri bahwa ekonomi menjadi salah satu faktor pendorong para pelaku *illegal logging*, namun sebenarnya alasan ini tidak berlaku bagi para pemodal (cukong) di balik maraknya praktik *illegal logging*.

Dampak yang timbulkan *illegal logging* pun tidaklah kecil. Kerusakan ekosistem hutan sedemikian parah, satwa yang biasa hidup di hutan menjadi terusik sehingga merusak wilayah pemukiman dan daerah pertanian warga, belum ancaman punahnya beberapa satwa langka dan dilindungi. Penebangan hutan juga menimbulkan bahaya banjir dan tanah longsor yang sewaktu-waktu dapat terjadi. Mengingat berbagai kerugian yang mungkin terjadi, adalah sangat penting untuk segera menghentikan penebangan hutan secara liar, penegakan hukum yang tidak pandang bulu bagi para pelakunya, serta upaya pemulihan hutan yang terprogram dan terencana.

## B. Aliran Energi dan Daur Materi

Energi matahari merupakan sumber energi yang penting di alam, di samping sumber energi lain. Melalui serangkaian organisme energi matahari akan berpindah dan berubah dari satu bentuk energi ke bentuk lain. Energi mengalami aliran dari bagian satu ke bagian lain, tanpa mengalami pengurangan. Tidak ada energi yang hilang (musnah) dalam aliran energi.

Banyaknya energi matahari yang ditangkap oleh produsen berbeda-beda jumlahnya, dipengaruhi oleh ketinggian dari permukaan laut (dpl) dan penutupan oleh tumbuhan suatu wilayah. Hanya sebagian kecil energi matahari yang mampu diserap oleh klorofil dan digunakan oleh sintesis senyawa organik. Energi ini kemudian disimpan dalam bentuk energi kimia. Kecepatan menyimpan energi kimia oleh produsen disebut *produksi primer kotor* (PPK). Sekitar 20% dari PPK digunakan oleh tumbuhan (produsen) untuk kegiatan respirasi dan fotorespirasi. Sisanya disimpan oleh produsen sebagai *produksi primer bersih* (PPB). Energi dalam produsen, kira-kira sebesar 10%, akan berpindah ke konsumen primer (herbivora) melalui peristiwa konsumsi (memakan). Oleh konsumen primer energi tersebut digunakan untuk respirasi yang menghasilkan energi, selanjutnya energi yang dihasilkan dipakai untuk pertumbuhan, reproduksi, mengganti sel-sel yang rusak. Melalui rantai makanan energi akan berpindah ke karnivora I, lalu berpindah ke karnivora II.

Produktivitas yang menghasilkan energi yang tersimpan dalam tubuh konsumen disebut *produktivitas sekunder*. Adapun produktivitas yang menghasilkan energi yang tersimpan dalam tubuh produsen disebut *produktivitas primer*. Energi yang terkandung dalam tubuh produsen maupun konsumen akan dimanfaatkan oleh detritivor dan dekomposer jika organisme produsen dan konsumen mati. Demikian pula energi dalam zat buangan sisa pencernaan (egesta), dan zat buangan sisa metabolisme tubuh (ekskreta). Melalui proses dekomposisi (penguraian) senyawa organik dari bangkai, egesta dan ekskreta akan diuraikan menjadi zat-zat anorganik yang akhirnya kembali ke alam. Jadi, energi mengalami perpindahan dari sumbernya ke komponen-komponen biotik ekosistem (produsen, konsumen, detritivor, dekomposer), tapi tidak kembali lagi ke sumbernya (matahari). Inilah yang dinamakan *aliran energi* (*energy flow*), bukan siklus energi.



Sumber: *Jendela Iptek*, 2001

▲ Gambar 9.4 Matahari adalah sumber energi di bumi

## C. Rantai Makanan dan Jaring-Jaring Makanan

### 1. Rantai makanan

Perpindahan materi dan energi dalam ekosistem berlangsung melalui serangkaian organisme. Organisme konsumen, baik herbivora, karnivora, maupun omnivora, serta detritivor dan dekomposer berperan penting dalam proses tersebut. Demikian pula produsen sebagai pihak yang menyediakan energi kimia bagi konsumen. Proses perpindahan materi dan energi melalui serangkaian organisme dalam peristiwa makan dan dimakan dengan urutan tertentu yang berlangsung satu arah dinamakan *rantai makanan*. Tiap-tiap kedudukan dalam rantai makanan disebut *tingkat trofi*. Dalam rantai makanan tingkat trofi pertama tidak selalu ditempati oleh produsen. Oleh karena itu ada beberapa macam rantai makanan ditinjau dari komponen yang menduduki tingkat trofi pertamanya, yaitu sebagai berikut.

#### a. Rantai makanan perumput

Jika kedudukan tingkat trofi pertamanya ditempati produsen.

Contohnya: padi → tikus → ular → elang

Pada contoh tersebut tingkat trofi pertamanya padi (**produsen**), tingkat trofi kedua tikus (konsumen pertama), tingkat trofi ketiga ular (konsumen kedua), dan tingkat trofi keempat ditempati oleh elang (konsumen ketiga).

#### b. Rantai makanan detritus

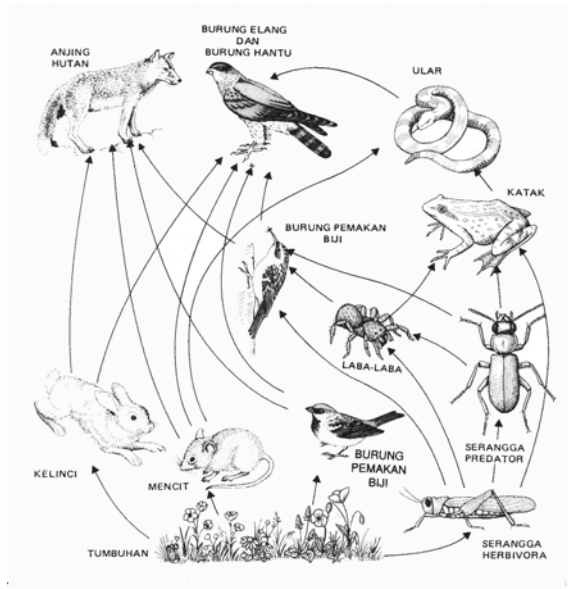
Jika kedudukan tingkat trofi pertamanya ditempati oleh detritus.

Contoh: kayu lapuk → rayap → ayam → elang

Pada contoh rantai makanan di atas tingkat trofi pertamanya ditempati oleh kayu lapuk (detritus), tingkat trofi keduanya rayap (detritivor), tingkat trofi ketiga ditempati ayam (konsumen kedua), dan tingkat trofi keempat ditempati oleh elang (konsumen ketiga).

### 2. Jaring-jaring makanan

Dalam ekosistem tiap trofi dapat dimakan atau memakan lebih dari satu organisme pada tingkat trofi yang lain. Dari hal tersebut dimungkinkan terjadi proses makan dan dimakan dengan rangkaian yang kompleks. Bila beberapa rantai makanan saling berhubungan terbentuk jalinan yang kompleks akan membentuk *jaring-jaring makanan* (perhatikan Gambar 9.5). Jadi, jaring-jaring makanan merupakan kumpulan dari beberapa rantai makanan yang saling berhubungan.



◀ Gambar 9.5 Contoh jaring-jaring makanan

Sumber: *Biologi*, 1983

## D. Daur Biogeokimia

Di alam ini banyak terdapat unsur-unsur kimia, baik yang terdapat dalam tubuh organisme, di air, dalam tanah maupun di batuan serta mineral. Unsur-unsur tersebut terikat dalam bentuk senyawa kimia, baik senyawa organik maupun senyawa anorganik. Melalui serangkaian organisme dan lingkungan fisik, unsur-unsur tersebut mengalami daur/siklus. Daur yang melibatkan unsur-unsur senyawa kimia dan mengalami perpindahan melalui serangkaian organisme inilah yang disebut *daur biogeokimia*.

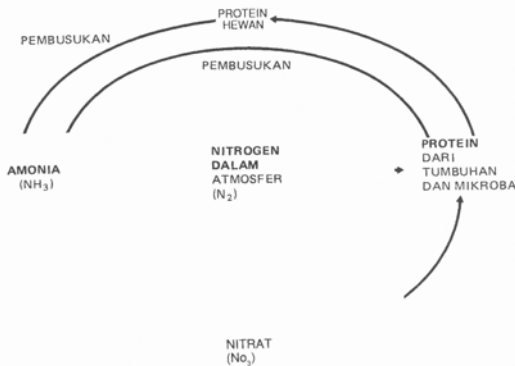
Dalam bagian ini akan dibahas mengenal beberapa daur.

### 1. Daur nitrogen (N)

Nitrogen merupakan bagian terbesar penyusun gas dalam atmosfer bumi (sekitar 78%). Nitrogen di udara bebas tidak banyak bermanfaat bagi organisme. Oleh karena itu nitrogen bebas tersebut perlu difiksasi (ditambat) agar lebih dirasakan manfaatnya. Proses fiksasi nitrogen dari udara dapat berlangsung oleh kegiatan fiksasi industri (misalnya industri pupuk nitrogen), fiksasi oleh mikroorganisme baik secara simbiotik maupun nonsimbiotik (bakteri, alga biru), maupun fiksasi oleh peristiwa alam seperti kilat atau petir yang menyebabkan terbentuknya senyawa nitrat. Selanjutnya nitrat diserap oleh akar tumbuhan untuk digunakan dalam sintesis asam amino, komponen pembentuk protein. Protein tumbuhan dikonsumsi oleh hewan dan manusia, dan dikeluarkan lagi melalui feses, urin, ekskret bernitrogen lain.

Bersama dengan hewan dan tumbuhan mati, zat buangan bernitrogen tersebut akan mengalami pembusukan dan penguraian oleh bakteri dan fungi membentuk senyawa amoniak dan amonium. Oleh bakteri *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus* amoniak dan amonium diubah menjadi *nitrit*. Proses perubahannya dinamakan *nitritasi*. Oleh bakteri *Nitrobacter* nitrit diubah menjadi *nitrat*, proses perubahannya dinamakan *nitratasi*. Gabungan dari nitritasi dan nitratasi dinamakan *nitrifikasi*. Senyawa nitrat tersebut akhirnya diserap kembali oleh akar tumbuhan.

Ada jenis bakteri yang mampu mengubah nitrat dalam tanah menjadi nitrogen bebas, yaitu bakteri *Thiobacillus denitrificans* dan *Pseudomonas denitrificans* (keduanya disebut bakteri denitrifikasi). Proses perubahan nitrat dalam tanah menjadi nitrogen di udara bebas dinamakan *denitrifikasi*. Perubahan ini tentu sangat merugikan bagi kesuburan tanah.



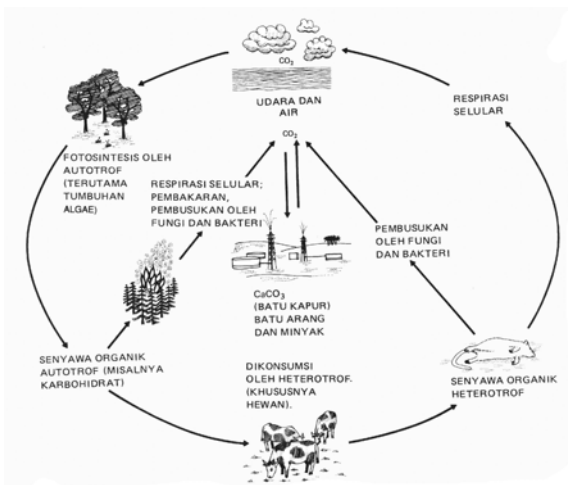
Sumber: *Biologi*, 1983

▲ Gambar 9.6 Daur nitrogen

## 2. Daur Karbon (C)

Gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) hanya terdapat sekitar 0,035% di atmosfer bumi. Kadar tersebut akan mengalami peningkatan sejalan dengan pembebasan gas  $\text{CO}_2$  baik oleh kegiatan manusia maupun oleh peristiwa alam. Gas tersebut berasal dari pembakaran bahan bakar fosil (minyak bumi), pembakaran atau kebakaran hutan, aktivitas gunung api. Organisme produsen memanfaatkan  $\text{CO}_2$  udara untuk melakukan sintesis senyawa organik, baik melalui fotosintesis maupun kemosintesis. Senyawa organik hasil fotosintesis dimanfaatkan oleh organisme heterotrof (hewan, manusia) sebagai sumber energi. Melalui respirasi senyawa organik tersebut dibakar (dioksidasi),  $\text{CO}_2$  hasil pembakaran

dibebaskan lagi ke udara. Selain sebagai sumber energi, senyawa organik tersebut sebagian disimpan dalam tubuh organisme. Jika organisme mati, senyawa karbon akan diuraikan dan diendapkan menjadi batuan karbonat dan kapur. Jika tersimpan dalam perut bumi dalam jangka waktu yang sangat lama, senyawa karbon sisa organisme mati dapat menghasilkan bahan bakar fosil (minyak bumi). Akhirnya oleh kegiatan manusia bahan bakar fosil tersebut kembali membebaskan  $\text{CO}_2$  ke udara.



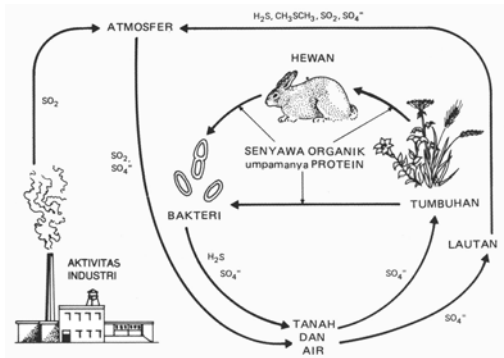
Sumber: *Biologi*, 1983

▲ Gambar 9.7 Daur karbon

### 3. Daur Fosfor (P)

Fosfor merupakan unsur penting pembentuk asam nukleat, protein, Adenosin Tri Pospat (ATP), dan senyawa organik lain. Fosfor (P) tidak pernah ditemukan dalam bentuk gas, tapi dalam bentuk *fosfor dalam tanah*, *fosfor dalam air tawar dan laut*. Oleh organisme produsen, fosfor diserap dan dimanfaatkan untuk sintesis senyawa organik (protein, asam nukleat, ATP). Senyawa organik yang mengandung fosfor ini akhirnya berpindah ke konsumen. Protein dalam tubuh organisme digunakan untuk metabolisme dan membangun bagian-bagian tubuh. Jika organismenya mati, senyawa organik yang mengandung fosfor mengalami perombakan oleh pengurai, akhirnya fosfor kembali lagi ke tanah, air tawar dan laut. Fosfor dalam tanah terbawa oleh air, diendapkan di danau atau lautan membentuk *batuan yang mengandung fosfor*. Batuan fosfor tererosi menghasilkan tanah, akhirnya fosfor kembali ke tanah.



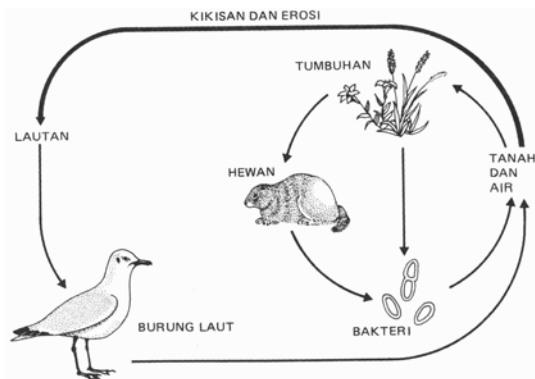


Sumber: *Biologi*, 1983

▲ Gambar 9.8 Daur fosfor

#### 4. Daur Sulfur ( S )

Sulfur banyak terdapat di kerak bumi. Sulfur dapat diserap oleh tumbuhan dalam bentuk *sulfat*. Sulfur diperlukan dalam sintesis senyawa protein. Sulfat dalam tanah diserap oleh tumbuhan, selanjutnya digunakan untuk sintesis protein. Melalui rantai makanan sulfur berpindah ke konsumen. Jika organisme mati, senyawa sulfur dalam organisme akan terurai secara *aerob* membentuk *sulfat* kembali, dan bila penguraian berlangsung secara *anaerob* menghasilkan *gas sulfur* dan *sulfida*. Gas sulfur dan sulfida juga berasal dari hasil reduksi senyawa sulfat secara anaerob oleh bakteri pereduksi sulfur. Oleh bakteri sulfur, gas sulfur dan sulfida di udara dioksidasi menghasilkan *sulfur*, selanjutnya sulfur dioksidasi lagi membentuk *sulfat* dalam tanah.



Sumber: *Biologi*, 1983

▲ Gambar 9.9 Daur sulfur

#### 5. Daur air

Air merupakan kebutuhan vital bagi semua makhluk hidup. Tak ada makhluk hidup yang mampu bertahan hidup tanpa adanya air. Air terdapat secara melimpah di laut, tetapi ketersediaannya relatif terbatas di daratan. Bagi tumbuhan,



air merupakan salah satu faktor penting untuk fotosintesis, perkecambahan dan pertumbuhan, serta sarana transportasi zat. Bagi hewan dan manusia, air merupakan faktor penting dalam melaksanakan transportasi zat.

Daur air disebut juga *daur hidrologi*. Secara garis besar daur hidrologi dibedakan menjadi tiga macam, yaitu *daur hidrologi pendek*, *daur hidrologi sedang*, dan *daur hidrologi panjang*.

a. *Daur hidrologi pendek*

Air laut menguap, uap air naik ke udara lalu bersatu menjadi awan. Pada ketinggian tertentu awan mengalami kondensasi dan presipitasi menjadi titik-titik air, kemudian turun sebagai hujan. Pada daur hidrologi pendek ini terbentuknya awan dan hujan terjadi di atas laut, jadi hujan tidak mencapai daratan.

b. *Daur hidrologi sedang*

Air laut menguap, uap air naik ke udara dan terbawa angin sampai di atas daratan membentuk awan. Pada ketinggian tertentu awan mengalami kondensasi dan presipitasi membentuk titik-titik air, lalu turun sebagai hujan di daratan. Sebagian air meresap ke dalam tanah, sebagian lain kembali ke laut melalui sungai.

c. *Daur hidrologi panjang*

Uap air yang berasal dari penguapan air laut, kolam, danau, sungai maupun hasil transpirasi tumbuhan naik ke udara, lalu bersatu menjadi awan. Awan terbawa oleh angin ke arah daratan dan pada jarak tertentu terhalang oleh pegunungan. Akhirnya awan mengalami kondensasi dan presipitasi menjadi titik-titik air dan turun sebagai hujan di atas pegunungan. Air hujan meresap ke tanah di pegunungan, lalu diserap oleh tumbuhan di pegunungan, sebagian muncul sebagai mata air. Melalui sungai air mengalir kembali lagi ke laut.

Komponen-komponen ekosistem memiliki manfaat yang sangat besar bagi manusia dan makhluk hidup lain, di antaranya sebagai berikut.

1. Sebagai sumber bahan makanan bagi makhluk hidup lain. Misalnya produsen menyediakan bahan makanan bagi konsumen primer (herbivora), konsumen primer menyediakan makanan bagi konsumen sekunder (karnivora), dan seterusnya.
2. Berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem yang dinamis. Contohnya keberadaan harimau (karnivora) di suatu padang rumput untuk mencegah terjadinya ledakan

populasi herbivora di wilayah tersebut, agar ketersediaan rumput selalu terjaga. Kehadiran predator dan parasitoid ikut mengontrol populasi hama agar tidak menimbulkan kerugian yang lebih besar.

3. Menjamin tetap berlangsungnya daur ulang sampah organik di ekosistem. Contohnya jamur dan bakteri pengurai berperan menguraikan sampah organik menjadi zat-zat anorganik yang sangat diperlukan bagi kehidupan tumbuhan dan sekaligus dapat mengatasi masalah sampah organik.
4. Sebagai sumber senyawa anorganik yang sangat diperlukan bagi kehidupan. Contohnya tanah merupakan sumber air dan unsur hara penting bagi kehidupan tumbuhan dan makhluk hidup yang lain. Udara merupakan sumber  $\text{CO}_2$  untuk fotosintesis tumbuhan, juga sebagai sumber  $\text{O}_2$  bagi semua makhluk hidup.
5. Membantu mengatasi permasalahan polusi. Misalnya tumbuhan menyerap  $\text{CO}_2$  udara untuk fotosintesis, menyediakan  $\text{O}_2$  bagi organisme lain.

Demikianlah beberapa peranan komponen ekosistem bagi kehidupan. Masih banyak manfaat lain yang belum tergalih dan termanfaatkan dengan baik dan optimal. Ini merupakan tantangan bagi kita semua untuk lebih mengoptimalkan peran dan manfaat komponen ekosistem bagi kehidupan, disertai upaya pelestarian dan menjaga kesinambungannya agar memberi manfaat dalam jangka pendek, menengah, maupun jangka panjang.

## Kegiatan

### (Kecakapan Sosial dan Akademik)

**Tujuan:** Mengetahui peranan komponen biotik dan abiotik dalam ekosistem.

Secara kelompok lakukan pengamatan pada ekosistem di lingkungan sekolah kalian. Inventariskanlah komponen abiotik dan biotiknya. Catatlah dalam tabel yang kalian rancang sendiri. Setelah itu buatlah analisis singkat mengenai peranan masing-masing komponen di ekosistem sekolah yang telah kalian tuliskan. Lakukan presentasi di hadapan teman-temanmu.

### Pertanyaan:

1. Sebutkan komponen biotik dan abiotik yang telah kamu data, lalu kelompokkan komponen biotik berdasarkan peranannya!
2. Apakah ada hubungan antara komponen satu dengan komponen yang lain? Jelaskan!

3. Apa yang terjadi jika komponen produsen dihilangkan dari ekosistem?
4. Apa yang terjadi jika komponen dekomposer dihilangkan dari ekosistem?
5. Usaha apa saja yang dapat kamu lakukan agar keseimbangan ekosistem di sekolah tetap terjaga?

## Kegiatan

### (Kecakapan Personal dan Etos Kerja)

**Tujuan:** Memahami konsep rantai makanan dan jaring-jaring makanan

#### Langkah kerja:

1. Lakukan pengamatan pada:
  - a. Ekosistem sawah
  - b. Ekosistem kebun
  - c. Ekosistem kolam
2. Tuliskan minimal tiga rantai makanan yang mungkin terjadi pada masing-masing ekosistem.
3. Buatlah jaring-jaring makanan berdasarkan rantai makanan yang telah disusun pada masing-masing ekosistem.
4. Buatlah kesimpulan yang menyatakan hubungan antara rantai makanan dengan jaring-jaring makanan.

#### Pertanyaan:

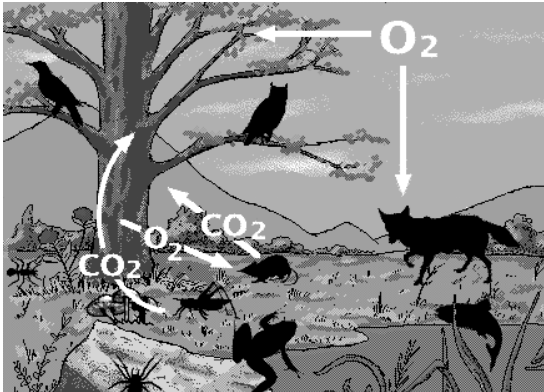
1. Samakah komponen produsen dan konsumen dalam ketiga ekosistem tersebut?
2. Apa yang menyebabkan terjadinya peristiwa makan dan dimakan dalam ekosistem?
3. Apakah antara rantai makanan satu dengan yang lain dalam satu ekosistem terdapat komponen yang sama?
4. Bisakah dibuat garis penghubung antara rantai makanan satu dengan yang lain dalam satu ekosistem?
5. Apa kesimpulanmu tentang hubungan rantai makanan dengan jaring-jaring makanan?

## Kegiatan

### (Kritis dan Inovasi)

**Tujuan:** Memahami daur karbon dan oksigen.

Perhatikan gambar yang menunjukkan daur C dan O di bawah ini, amatilah dengan saksama kemudian ceritakan dengan bahasamu sendiri secara tertulis.



### Pertanyaan:

1. Organisme apakah yang mampu memanfaatkan  $CO_2$  udara secara langsung?
2. Untuk proses apakah  $CO_2$  bagi produsen?
3. Selain mengambil  $CO_2$ , gas apakah yang dibebaskan produsen ke udara?
4. Untuk apakah gas oksigen bagi organisme?
5. Dapatkah pengambilan  $CO_2$  dan pelepasan  $CO_2$  ke udara berlangsung seimbang? Jelaskan!

## Kecakapan Akademik

**Pasangkan kata di sebelah kiri dengan kata di sebelah kanan yang memiliki kaitan konsep yang erat.**

- |                   |  |
|-------------------|--|
| 1. abiotik        | a. hubungan antara ular dengan tikus         |
| 2. dekomposer     | b. hubungan antara anggrek dengan pohon lain |
| 3. ekosistem      | c. rayap, cacing tanah                       |
| 4. rantai makanan | d. perubahan nitrit menjadi nitrat           |
| 5. komensalisme   | e. perubahan amoniak menjadi nitrit          |
| 6. detritivor     | f. menambah nitrat dalam tanah               |
| 7. nitrifikasi    | g. menguraikan nitrat dalam tanah            |

- |                        |  |
|------------------------|--|
| 8. nitrifikasi         | h. bakteri dan jamur                               |
| 9. bakteri nitrifikasi | i. <i>Nitrosomonas</i>                             |
| 10. predasi            | j. komponen tak hidup                              |
|                        | k. <i>Nitrobacter</i>                              |
|                        | l. proses makan dan dimakan dengan arah tertentu   |
|                        | m. interaksi antara organisme dengan lingkungannya |

## RANGKUMAN

Ekosistem merupakan interaksi antara organisme dengan lingkungan biotik maupun abiotiknya. Dalam ekosistem terdapat komponen *abiotik* (seperti tanah, air, udara, cahaya, kelembapan, suhu, altitude dan latitude) serta komponen *biotik*. Komponen tersebut dapat dikelompokkan menurut peranannya dalam ekosistem menjadi *produsen*, *konsumen*, *detritivor* dan *decomposer*. Dalam ekosistem terjadi perpindahan materi dan energi, baik melalui rantai makanan maupun jaring-jaring makanan.

Rantai makanan dibedakan menjadi rantai makanan perumput dan rantai makanan detritus. Antarsesama komponen terjadi interaksi intraspesifik maupun interaksi interspesifik, seperti predasi, kompetisi, simbiosis, maupun netral. Daur biogeokimia memiliki peranan penting dalam menjaga ketersediaan suatu unsur atau senyawa kimia dalam ekosistem. Daur biogeokimia meliputi daur nitrogen (N), fosfor (P), karbon (C) dan oksigen (O), belerang (S) dan daur air (H<sub>2</sub>O). Setiap komponen dalam ekosistem memiliki peranan yang khas dan terkait satu sama lain.

## UMPAN BALIK

Setelah mempelajari bab ini coba cari bagian yang menurut kalian paling sulit dipahami. Carilah referensi lain yang berkaitan dengan bagian tersebut dan rangkumlah.

## UJI KOMPETENSI

Coba kerjakan di buku kerja kalian.

### A. Pilihlah salah satu jawaban soal berikut dengan tepat.

1. Dalam suatu ekosistem terdapat komponen-komponen berikut.
  1. bakteri
  2. tanaman kacang
  3. cahaya
  4. detritus
  5. nitrogen
  6. air
  7.  $\text{CO}_2$
  8. rayapBerikut yang tergolong komponen biotik adalah
  - a. 1, 3, 5, 7
  - b. 2, 4, 6, 8
  - c. 1, 2, 3, 4
  - d. 1, 2, 4, 8
  - e. 1, 2, 8
2. Berdasarkan data komponen pada nomor 1, untuk melangsungkan fotosintesis diperlukan komponen nomor ....
  - a. 1, 2, 3, 4
  - b. 2, 3, 5, 6
  - c. 5, 6, 7, 8
  - d. 1, 3, 5, 7
  - e. 2, 4, 6, 8
3. Organisme yang dikategorikan sebagai produsen adalah yang memiliki kemampuan ....
  - a. mengubah senyawa organik menjadi zat-zat anorganik
  - b. mengubah zat-zat anorganik menjadi senyawa organik
  - c. mengoksidasi senyawa organik menghasilkan energi
  - d. mengubah energi kimia menjadi energi cahaya
  - e. mengubah energi kimia menjadi energi kinetik
4. Dekomposer memiliki kedudukan dan peranan yang strategis dalam ekosistem karena ....
  - a. mampu menyediakan senyawa organik bagi organisme lain
  - b. sebagai komponen abiotik dalam ekosistem
  - c. mendegradasi senyawa organik menjadi zat-zat anorganik
  - d. dapat mengubah energi cahaya menjadi energi kimia
  - e. sebagai habitat bagi organisme lain
5. Perpindahan materi dan energi melalui serangkaian organisme dalam peristiwa makan dan dimakan membentuk garis lurus membentuk ....
  - a. piramida ekologi
  - b. rantai makanan
  - c. jaring-jaring makanan
  - d. daur biogeokimia
  - e. arus energi
6. Berikut yang membedakan rantai makanan perumput dan rantai makanan detritus adalah ....
  - a. jumlah organisme penyusun rantai makanan tersebut
  - b. arah aliran energinya
  - c. jumlah tingkat trofi pada rantai makanan tersebut
  - d. komponen yang menduduki tingkat trofi terakhir
  - e. komponen yang menduduki tingkat trofi pertama
7. Peristiwa yang menunjukkan hubungan antara komponen abiotik dengan komponen biotik dalam ekosistem adalah ....
  - a. cahaya matahari memengaruhi suhu udara
  - b. jumlah uap air memengaruhi kelembapan udara
  - c. perbedaan suhu udara memengaruhi laju pelapukan batuan
  - d. bakteri nitrogen membantu pertumbuhan tanaman kacang tanah
  - e. air memengaruhi kecepatan pertumbuhan tanaman

8. Berikut yang tergolong interaksi intra-spesifik dari contoh berikut adalah interaksi antara ....
  - a. bunga dengan kumbang
  - b. padi dengan gulma
  - c. rayap dengan semut
  - d. lebah pekerja dengan ratunya
  - e. hiu dengan remora
9. Interaksi kompetisi terjadi karena alasan berikut, *kecuali* ....
  - a. berebut habitat
  - b. berebut pasangan
  - c. berebut teritorial
  - d. berebut makanan
  - e. berebut musuh
10. Hutan memiliki peranan penting dalam daur hidrologi, karena hutan ....
  - a. dapat menyimpan cadangan keanekaragaman tumbuhan
  - b. merupakan daerah resapan air hujan
  - c. merupakan komponen penyedia bahan kayu
  - d. banyak mata air
  - e. dapat mencegah bahaya erosi
11. Dalam daur nitrogen perubahan nitrit menjadi nitrat memerlukan bantuan bakteri ....
  - a. *Nitrosomona*
  - b. *Nitrosococcus*
  - c. *Nitrobacter*
  - d. *Rhizobium*
  - e. *Clostridium*
12. Alasan yang mendasari denitrifikasi merugikan adalah karena ....
  - a. menambah nitrat dalam tanah
  - b. menurunkan nitrat dalam tanah
  - c. mengubah nitrit menjadi nitrat
  - d. mengubah amoniak menjadi nitrit
  - e. mengubah nitrogen bebas menjadi amoniak
13. Unsur fosfor (P) bagi makhluk hidup memiliki peran penting sebagai ....
  - a. komponen karbohidrat
  - b. komponen lemak
  - c. komponen protein
  - d. komponen vitamin
  - e. sumber energi utama
14. Kegiatan berikut dapat meningkatkan jumlah CO<sub>2</sub> di udara, *kecuali* ....
  - a. pembakaran sampah
  - b. industrialisasi
  - c. kebakaran hutan
  - d. fotosintesis tumbuhan hijau
  - e. respirasi tumbuhan hijau
15. Detritivor dan dekomposer memiliki peranan penting dalam degradasi sampah. Berikut yang tergolong detritivor dan dekomposer adalah ....
  - a. rayap dan jamur
  - b. jamur dan bakteri
  - c. rayap dan cacing
  - d. bakteri dan cumi-cumi
  - e. padi dan wereng
16. Beberapa ekosistem yang ada di muka bumi membentuk ....
  - a. bioma
  - b. populasi
  - c. biosfer
  - d. habitat
  - e. komunitas
17. Pada ekosistem air zooplankton merupakan ....
  - a. produsen
  - b. konsumen tingkat II
  - c. konsumen tingkat I
  - d. konsumen tingkat III
  - e. pengurai
18. Pada ekosistem laut daerah komponen biotik tingkat produsennya paling banyak adalah ....
  - a. abisal
  - b. batial
  - c. fotik
  - d. afotik
  - e. termoklin

19. Organisme yang dapat berfungsi sebagai produsen dalam suatu ekosistem air tawar adalah ....
- larva crustacea
  - alga biru
  - bakteri
  - zooplankton
  - cacing

20. Kelompok jagung yang tumbuh dalam sebidang tanah berdasarkan konsep ekologi merupakan ....
- spesies
  - komunitas
  - populasi
  - ekosistem
  - individu

**B. Jawablah soal berikut dengan jawaban yang tepat.**

- Jelaskan pembagian organisme dalam ekosistem berdasarkan nisianya.
- Jelaskan dengan disertai contoh perbedaan antara interaksi intraspesifik dan interaksi interspesifik.
- Apakah komponen biotik dapat mempengaruhi komponen abiotik? Jelaskan dengan disertai contoh.
- Mengapa dapat terjadi interaksi kompetisi?
- Apa yang dimaksud daur biogeokimia? Jelaskan.