

# B a b X

## Permasalahan Lingkungan dan Upaya Mengatasinya



Masalah-masalah lingkungan sering mengemuka dan menjadi berita hangat dalam keseharian kita. Mungkin kalian pernah mendengar berita kebakaran hutan di Sumatera dan Kalimantan, yang hampir selalu terjadi setiap tahun. Atau berita tentang banjir lumpur panas di Sidoarjo yang terjadi pada akhir bulan Mei 2006 yang lalu. Dua contoh tersebut merupakan permasalahan lingkungan yang terjadi akibat perbuatan manusia. Sebagai konsekuensinya, untuk menghindari dampak yang lebih berbahaya, pelestarian lingkungan merupakan upaya yang sangat penting untuk dilakukan. Nah, untuk mempelajari kalian bisa menyimak uraian berikut.

## KATAKUNCI

- Lingkungan
- Pencemaran
- Polutan
- Biotik
- Abiotik
- Dampak

## KILAS

Pada bab ekosistem kalian telah mempelajari interaksi makhluk hidup dengan lingkungannya. Dalam berinteraksi dengan lingkungan, berbagai aktivitas kehidupan manusia berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan.

Pada bab ini kalian akan mempelajari berbagai kerusakan dan pencemaran yang terjadi di lingkungan, mendiskusikan penyebabnya, serta menemukan alternatif pemecahannya. Kalian juga akan melakukan pengamatan terhadap pengaruh bahan polutan atas kelangsungan hidup suatu organisme. Setelah itu, kalian akan mempelajari upaya-upaya pelestarian lingkungan dan etika berlingkungan. Kalian pun akan menganalisis jenis-jenis limbah dan melakukan daur ulang limbah sebagai salah satu usaha mengatasi permasalahan lingkungan.

Tujuan pembelajaran ini adalah kalian mampu menemukan faktor-faktor penyebab kerusakan lingkungan dan membuat usulan alternatif pemecahannya. Selain itu, kalian diharapkan mampu mengenali perilaku manusia yang tidak ramah lingkungan, memberikan contoh bahan-bahan polutan dan dampaknya bagi lingkungan, serta menghayati dan mengamalkan etika lingkungan. Selain itu, kalian juga diharapkan mampu mendata dan mengklasifikasikan jenis-jenis limbah dan menjelaskan parameter kualitas limbah sebagai polutan, serta mendesain dan membuat produk daur ulang limbah.

### A. Perubahan Lingkungan

Lingkungan dapat diartikan sebagai suatu kesatuan ruang, dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya yang memengaruhi kelangsungan hidup dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lainnya. Sebagai makhluk hidup, manusia merupakan komponen dalam ekosistem. Dengan begitu, kehidupannya juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tempat hidupnya.

Dalam keadaan normal, lingkungan membentuk suatu keseimbangan yang disebut **keseimbangan dinamis** (*dynamic equilibrium*). Dalam kondisi keseimbangan ini, komponen-komponen yang menyusun ekosistem saling mendukung satu sama lain. Komponen-komponen tersebut terdiri atas komponen biotik dan komponen abiotik atau lingkungan. Komponen biotik terdiri atas makhluk hidup, seperti manusia, hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme. Sedangkan lingkungan abiotik terdiri atas benda-benda tidak hidup, seperti tanah, air, udara, kelembaban, dan suhu atau temperatur. Lingkungan abiotik merupakan faktor penting yang mendukung kehidupan.

Contoh lingkungan yang seimbang adalah hutan (Gambar 10.1). Di dalam ekosistem hutan yang masih alami, terdapat pohon-pohon atau tumbuhan lain yang berperan sebagai produsen. Sebagai produsen, tumbuhan merupakan penghasil makanan (energi) dan oksigen, karena mampu melakukan fotosintesis. Fotosintesis menghasilkan karbohidrat sebagai sumber energi bagi konsumennya, termasuk manusia. Tumbuhan juga mempunyai fungsi sebagai tempat berlindung atau tempat tinggal bagi berbagai jenis hewan. Selain untuk makanan, sumber daya hutan juga dimanfaatkan manusia untuk memenuhi keperluan lain, seperti aneka jenis kayu dan rotan yang digunakan untuk bahan bangunan dan peralatan rumah tangga.



**Gambar 10.1** Hutan yang masih alami

Microsoft Encarta Premium 2006

Dengan kecerdasan yang dimiliki, serta ilmu pengetahuan dan teknologinya, manusia mampu membuat peradaban dan mengubah bentang alam. Semua aktivitas tersebut akhirnya memengaruhi keseimbangan lingkungan, dan seringkali menimbulkan kerusakan lingkungan. Meskipun kerusakan lingkungan dapat disebabkan oleh faktor alam dan manusia, tetapi manusialah yang berperan penting karena pada dasarnya manusia sangat bergantung pada lingkungan. Manusia memelihara dan menjaga lingkungan karena mendapatkan berbagai manfaat. Dari lingkungan, semua kebutuhan manusia dapat terpenuhi. Lingkungan juga merupakan sumber air dan oksigen yang merupakan unsur vital dalam kehidupan. Tetapi ironisnya, dalam usaha memenuhi kesejahteraan hidupnya, perilaku manusia justru seringkali menurunkan kualitas lingkungan dan menimbulkan berbagai kerusakan.

## 1. Perubahan Lingkungan dan Dampaknya

Perubahan lingkungan yang disebabkan oleh manusia akan memengaruhi keseimbangan alam. Apabila hal ini terjadi, maka kualitas lingkungan akan menurun, dan pada akhirnya manusia juga yang akan merasakan akibatnya. Berbagai perusakan lingkungan yang sering dilakukan manusia adalah penebangan hutan secara liar, konversi lahan subur menjadi permukiman, serta efek samping intensifikasi pertanian.

Manusia memang bergantung pada alam, sehingga wajar apabila kita mengambil berbagai sumber daya hutan, seperti menebang pohon untuk diambil kayunya. Penebangan hutan harus memerhatikan kelestarian lingkungan, misalnya dengan **sistem tebang pilih** dan diikuti **reboisasi**. Sehingga hutan mampu tumbuh kembali. Namun yang sering dilakukan manusia adalah sebaliknya, yaitu penebangan hutan secara liar (*illegal logging*). Perhatikan Gambar 10.2. **Penebangan liar** ini dilakukan oleh oknum-oknum yang hanya berorientasi pada kepentingan pribadi dan mengabaikan kelestarian lingkungan. Eksploitasi alam secara tidak bertanggungjawab ini pada akhirnya akan mengurangi berbagai fungsi hutan, terutama berkurangnya kemampuan hutan sebagai **penahan air**. Akibatnya, **daya dukung** hutan menjadi berkurang dan memengaruhi kehidupan satwa liar di dalamnya dan juga kehidupan manusia. Selain itu, akibat penebangan liar, hutan pun menjadi gundul, sehingga apabila musim hujan tiba dapat timbul bencana seperti banjir dan tanah longsor.

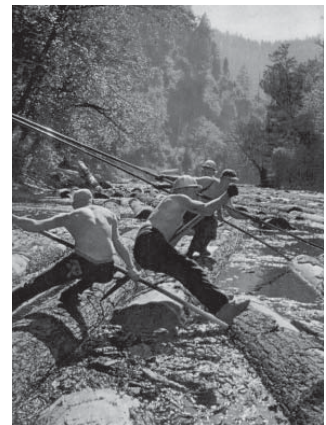
Selain penebangan hutan, untuk memenuhi kebutuhan hidupnya manusia juga membangun rumah atau permukiman. Karena pertumbuhan penduduk yang sangat tinggi, maka ketersediaan lahan yang terbatas menyebabkan **daya tampung** lingkungan menurun. Dan pada akhirnya karena kebutuhan yang sangat tinggi akan rumah tinggal, manusia rela melakukan pembangunan rumah di tanah-tanah yang subur, misalnya sawah, ladang, kebun, bahkan membuka hutan. Konversi lahan subur menjadi area permukiman ini menyebabkan

## GALERI

### Lumpur Panas Sidoarjo

Tragedi banjir lumpur di Sidoarjo pada Mei 2006 berawal dari tujuan eksploitasi gas bumi oleh PT Lapindo Brantas. Tetapi karena kesalahan prosedur penambangan, terjadi kebocoran pada pipa utamanya, sehingga keluarnya gas diikuti semburan lumpur panas. ([www.kompas.com](http://www.kompas.com))

Akibat daya sembur yang kuat dari dalam tanah, semburan lumpur tersebut sulit dibendung. Bahkan menenggelamkan areal persawahan dan permukiman. Banjir lumpur panas ini adalah contoh kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh aktivitas manusia. Karena lingkungan meliputi faktor-faktor abiotik, biotik, dan kultural, maka pada akhirnya masalah ini bukan hanya menjadi masalah lingkungan, tetapi merembet menjadi masalah sosial pula.



**Gambar 10.2** Penebangan liar atau *illegal logging*

Microsoft Encarta Premium 2006

berkurangnya lahan pertanian, sehingga mengancam ketahanan pangan nasional.

Sebagai makhluk **heterotrof**, manusia memerlukan makanan dari tumbuhan dan hewan. Untuk mencukupi kebutuhan pangan tersebut, manusia melakukan budidaya tanaman atau pertanian. Namun, karena lahan pertanian berkurang seiring pertambahan penduduk dan konversi lahan pertanian menjadi perumahan, maka untuk memenuhi kebutuhan pangan tersebut kita melakukan berbagai upaya, misalnya dengan menerapkan **intensifikasi pertanian**. Tujuannya adalah peningkatan produksi pertanian tanpa harus menambah luas lahan (ekstensifikasi pertanian). Penerapan intensifikasi pertanian dengan **Panca Usaha Tani**, di satu sisi dapat meningkatkan ketersediaan pangan, tetapi di sisi lain bisa merugikan manusia sendiri. Pemakaian pupuk dan pestisida yang berlebihan untuk meningkatkan hasil produksi dapat menyebabkan terjadinya polusi atau pencemaran. Pemilihan bibit unggul atau mementingkan komoditas tertentu menyebabkan petani hanya menanam satu jenis tanaman dalam satu lahan (pertanian monokultur). **Pertanian monokultur** akan menurunkan keanekaragaman organisme sehingga menyebabkan terganggunya keseimbangan ekosistem dan berpotensi menyebabkan terjadinya ledakan hama tertentu. Misalnya hama wereng atau tikus yang menyerang area tanaman padi.



Glenn, Susan Toole, 1999, hlm. 371

**Gambar 10.3** Letusan gunung berapi adalah salah satu penyebab kerusakan lingkungan

Selain akibat ulah manusia, perubahan lingkungan juga terjadi karena peristiwa alam. Contoh peristiwa alam yang mengubah lingkungan tersebut adalah letusan gunung berapi, badai, angin, gempa bumi, musim kemarau yang panjang, kebakaran hutan, banjir, dan tanah longsor. Di antara peristiwa tersebut juga ada yang dipengaruhi oleh campur tangan manusia, misalnya kemarau panjang, kebakaran hutan, banjir, dan tanah longsor yang dipicu oleh penebangan hutan.

Perubahan akibat faktor alam bersifat mendadak dan sulit diatasi. Umumnya menimbulkan dampak yang serius bagi lingkungan. Letusan gunung berapi yang disertai muntahan lahar, awan panas, gas, partikel debu, dan hujan abu (Gambar 10.3), menimbulkan kerusakan berupa rusaknya lingkungan dan matinya tumbuhan, hewan, serta manusia.

Kemarau panjang juga merupakan peristiwa alam yang menimbulkan perubahan lingkungan. Kemarau menimbulkan kekeringan, sehingga banyak tumbuhan yang mati. Di bidang pertanian timbul dampak negatif berupa gagal panen atau penurunan produksi. Di daerah Jawa Barat, misalnya, areal pertanian seluas 1 hektar yang biasanya menghasilkan 3 ton beras, mengalami penurunan produksi menjadi 9 kwintal beras per hektar akibat kekeringan. Namun demikian, terjadinya kemarau panjang dan perubahan iklim yang ekstrim bisa pula terjadi akibat aktivitas manusia, seperti pemanasan global dan penipisan lapisan ozon.

Kemarau panjang juga bisa memicu **kebakaran hutan**, seperti yang terjadi di Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi (Gambar 10.4). Dampaknya adalah hilangnya keanekaragaman hayati, terjadi kabut asap, dan pemanasan global atau *global warming*. Perlu kalian ketahui, kebakaran hutan di daerah tropis seperti negara kita ini bukan murni terjadi akibat peristiwa alam, tetapi dipicu oleh kegiatan manusia seperti pembukaan hutan dengan pembakaran dan kecerobohan manusia meninggalkan sumber api ketika beraktivitas di dalam hutan. Sedangkan di daerah *temperate* atau daerah empat musim, kebakaran hutan merupakan salah satu kejadian alami yang merupakan ciri ekosistem tersebut. Di sana, kebakaran merupakan salah satu mekanisme alam untuk menjaga keseimbangan dinamisnya.



**Gambar 10.4** Kebakaran Hutan

## 2. Upaya Manusia Mengatasi Perubahan Lingkungan

Berbagai dampak perubahan lingkungan ada yang dapat diatasi, namun ada pula yang sulit diatasi. Kerusakan akibat aktivitas manusia dapat diatasi dengan mencegahnya, sedangkan yang terjadi karena faktor alam lebih sulit dihindari.

Salah satu usaha manusia untuk mengatasi kerusakan lingkungan adalah dengan tidak melakukan penebangan hutan secara liar. Penebangan harus mengikuti aturan hukum yang telah diatur dan ditentukan oleh pemerintah. Penebangan kayu di hutan harus dilakukan dengan sistem tebang pilih. Misalnya pohon jati boleh ditebang hanya jika telah berumur lebih dari 50 tahun. Konversi lahan pertanian untuk permukiman juga sebisa mungkin dihindari. Pembangunan rumah atau permukiman penduduk dilakukan pada tempat-tempat yang tidak produktif, sehingga tidak mengurangi areal pertanian. Di dalam menerapkan intensifikasi pertanian, sebaiknya dibarengi dengan penerapan **pertanian multikultur**. Artinya, selain menanam tanaman utama (padi, jagung, gandum), juga diselingi tanaman sela dengan cara **tumpang sari**, seperti palawija atau kacang-kacangan. Tanaman kacang-kacangan (Suku Leguminosae) mampu mengembalikan kesuburan tanah karena pada bintil-bintil akarnya terdapat simbiosis *Rhizobium* sp. yang mampu mengembalikan senyawa nitrogen ke dalam tanah. Pertanian multikultur juga menjaga keanekaragaman hayati, sehingga terciptalah keseimbangan ekosistem.

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi juga diperlukan untuk mengatasi berbagai perubahan lingkungan. Untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, manusia mengembangkan berbagai industri bertingkat, yaitu:

- a. **Industri primer**, yaitu industri yang mengupayakan kebutuhan dari alam secara langsung, seperti pertanian, pertambangan, perkebunan, kehutanan, peternakan, dan perikanan.



- b. **Industri sekunder**, yaitu industri yang mengolah hasil industri primer, seperti industri makanan, industri tekstil, industri kertas, industri pengolahan minyak bumi, dan industri logam.
- c. **Industri tersier**, yaitu industri yang menghasilkan jasa atau pelayanan, seperti industri farmasi dan komunikasi, transportasi, dan perdagangan.

Sistem industri bertingkat tersebut akan mengurangi eksploitasi sumber daya alam yang berlebihan. Meski demikian, perkembangan industri juga harus dikelola dengan memerhatikan kelestarian lingkungan, karena industri tidak saja mengubah lingkungan, namun juga dapat menimbulkan polusi (pencemaran).

Sampai di sini kalian sudah mempelajari berbagai hal berkaitan dengan kerusakan lingkungan. Kerusakan lingkungan bisa terjadi karena faktor alam maupun akibat aktivitas manusia. Untuk menambah pengetahuan kalian, kerjakan kegiatan dalam rubrik *Telisik* berikut.

## TELISIK

Buatlah kelompok yang terdiri dari 4 orang, kemudian diskusikan hal-hal berikut.

1. Amati kerusakan-kerusakan lingkungan yang ada di sekitar tempat tinggal kalian. Tuliskan contoh-contohnya, baik kerusakan yang terjadi secara alami maupun akibat ulah manusia.
2. Bandingkan antara kedua jenis kerusakan tersebut, mana yang lebih berbahaya?
3. Apa penyebab masing-masing kerusakan lingkungan tersebut? Bagaimana upaya mengatasinya?
4. Carilah artikel mengenai kerusakan lingkungan dari surat kabar atau internet.
5. Bandingkan kerusakan lingkungan yang kalian temukan secara langsung dan yang kalian baca dari berbagai artikel tersebut.
6. Dari data hasil pengamatan kalian dan dari informasi di berbagai artikel, tuliskan faktor-faktor penyebab kerusakan lingkungan dan usulkan upaya-upaya untuk mengatasinya. Tuliskan hasil diskusi kalian dalam tabel berikut.

### Jenis Kerusakan Lingkungan, Penyebab, dan Alternatif Pemecahannya

No	Jenis kerusakan	Faktor penyebab	Alternatif pemecahannya
1			
2			
3			
dst			

Setelah menyelesaikan diskusi, untuk meningkatkan pemahaman kalian tentang kerusakan lingkungan, jawablah beberapa pertanyaan berikut.

## UJI KOMPETENSI

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

1. Dalam keadaan normal, lingkungan membentuk suatu keseimbangan yang disebut keseimbangan dinamis. Jelaskan pengertian keseimbangan dinamis.
2. Jelaskan faktor-faktor penyebab kerusakan lingkungan.
3. Sebutkan contoh perubahan lingkungan dan dampaknya.
4. Apa perbedaan daya dukung dan daya tampung lingkungan? Jelaskan.
5. Jelaskan berbagai upaya untuk mengatasi perubahan lingkungan.

Berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau proses alami dapat menurunkan kualitas lingkungan sampai tingkat tertentu. Lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai peruntukannya. Penyebabnya antara lain adalah adanya polutan yang mengakibatkan pencemaran lingkungan.

### B. Pencemaran Lingkungan

Pencemaran lingkungan atau polusi terjadi di suatu tempat, ketika di sana terdapat suatu perubahan yang tidak diinginkan. Perubahan-perubahan tersebut meliputi perubahan udara, daratan, dan air secara fisik maupun kimia. Penyebab pencemaran adalah kegiatan manusia terutama di bidang industri, yang menghasilkan limbah atau hasil buangan sisa produksi (Gambar 10.5). **Limbah** adalah suatu benda atau zat yang mengandung substansi yang berbahaya bagi makhluk hidup, baik manusia, hewan, tumbuhan, maupun mikroorganisme. Selain aktivitas industri, limbah juga dihasilkan dari kegiatan rumah tangga, bengkel-bengkel, laboratorium, dan penggunaan pupuk yang berlebihan di bidang pertanian. Apabila limbah-limbah tersebut dibuang begitu saja ke lingkungan tanpa didahului proses pengolahan atau dibuang pada tempat-tempat yang tidak seharusnya, maka akan timbul pencemaran.

Limbah dan zat-zat lain penyebab pencemaran secara umum disebut sebagai polutan atau **zat pencemar**. Polutan atau faktor penyebab polusi bisa berupa makhluk hidup, zat, senyawa, dan energi. Sehingga polutan tersebut dapat kita kelompokkan menjadi polutan biologi, polutan fisika, dan polutan kimia. **Polutan biologi** adalah polutan yang berupa makhluk hidup terutama kelompok mikroorganisme, seperti bakteri dan virus yang sering terdapat pada kotoran, sisa-sisa makanan, dan jasad organisme yang lain. **Polutan fisika** atau polutan energi adalah polutan yang disebabkan oleh faktor-faktor fisik seperti panas, dingin, dan radiasi. Sedangkan **polutan kimia** adalah polutan yang mengandung zat atau senyawa kimia, misalnya limbah yang banyak mengandung logam merkuri (Hg), gas CO<sub>2</sub>, gas CFC, debu logam berat, asbes, pestisida, gas CO, gas H<sub>2</sub>S, partikel SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, dan batubara.



**Gambar 10.5** Cerobong pabrik merupakan salah satu sumber pencemaran udara

www.commonswiki.org

Suatu bahan disebut polutan apabila jumlahnya melebihi jumlah normal (di atas nilai ambang batas), dan berada pada waktu dan tempat yang tidak seharusnya.

## 1. Ragam Pencemaran Lingkungan

Pencemaran dapat terjadi di semua aspek lingkungan, yaitu meliputi berbagai tempat di bumi. Berdasarkan tempat terjadinya atau lingkungan yang dicemarinya, pencemaran dapat kita kelompokkan menjadi beberapa macam. Ragam atau macam pencemaran tersebut adalah pencemaran air, pencemaran udara, pencemaran tanah, dan pencemaran suara.

### a. Pencemaran Air

Air merupakan salah satu komponen abiotik utama yang sangat diperlukan untuk kehidupan. Semua makhluk hidup memerlukan air, baik itu manusia, hewan, maupun tumbuhan. Air mempunyai berbagai fungsi dan juga merupakan habitat hewan dan tumbuhan tertentu. Oleh manusia air digunakan untuk minum, memasak, mandi, dan untuk mengairi daerah persawahan. Air yang jernih dan tidak tercemar mempunyai tiga kriteria, yaitu tidak berwarna, berbau, dan tidak berasa. Apabila salah satu kriteria tersebut tidak terpenuhi, maka air dikatakan tercemar atau terkena polusi. Pencemaran air meliputi pencemaran di darat dan di dalam perairan (air tawar dan air laut).

Sumber-sumber pencemaran air dapat berasal dari limbah rumah tangga, limbah industri, limbah pertanian, limbah pertambangan minyak lepas pantai, kebocoran kapal tanker pengangkut minyak, atau sampah-sampah organik. Limbah-limbah tersebut masuk ke lingkungan air dan mengganggu keseimbangan dinamisnya.

**Limbah rumah tangga** dihasilkan dari aktivitas kehidupan sehari-hari, bisa berupa sampah maupun senyawa-senyawa kimia. Sampah rumah tangga sebagian besar berupa limbah organik (daun, sisa-sisa makanan), kertas, dan sabun serta detergen. Apabila limbah tersebut langsung dibuang ke sungai atau kolam, dapat menyebabkan pencemaran air. Akibatnya, banyak organisme air yang mati atau mengalami gangguan.



*National Geographic Indonesia, Juli 2006, blm 114*

**Gambar 10.6** Pencemaran air oleh limbah rumah tangga

Apabila sungai digunakan oleh masyarakat untuk mandi, mencuci pakaian, atau untuk memasak, maka pencemaran yang ditimbulkannya akan sangat berbahaya dan dapat menimbulkan berbagai penyakit akibat bakteri dan virus. Selain itu, sampah-sampah yang dibuang ke sungai akan menyumbat aliran air dan dapat menyebabkan banjir, seperti di lingkungan perkotaan yang sistem pembuangan sampahnya tidak teratur (Gambar 10.6).

**Limbah industri** juga dapat menyebabkan pencemaran air. Polutan tersebut berupa zat-zat buangan yang sangat berbahaya, seperti logam berat (Hg), zat-zat radioaktif, sampah, dan kotoran (dari pengolahan hasil ternak), dan polutan panas (*thermal water waste*). Sebagian besar industri membuang limbah cairnya langsung ke sungai tanpa diolah



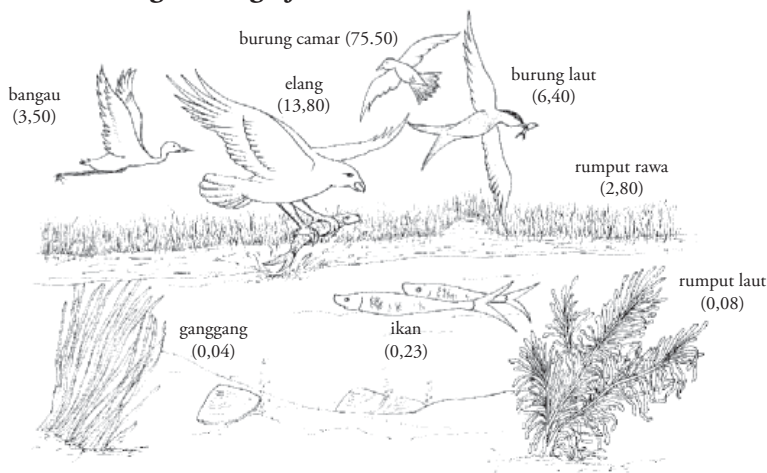
terlebih dahulu. Limbah tersebut sangat berbahaya dan pada manusia berpotensi menimbulkan kanker. Bahkan limbah yang sudah diolah sekalipun ternyata masih mengandung bahan yang beracun, seperti Hg, Pb, Cr, Cu, Zn, dan Ni. Contoh kasus pencemaran ini adalah pencemaran air raksa atau merkuri (Hg) di Teluk Minamata, Jepang. Tragedi Minamata tersebut banyak menelan korban jiwa karena logam berat ternyata masuk ke tubuh ikan-ikan yang ada di perairan Teluk Minamata, dan setelah ditangkap para nelayan ikan-ikan tersebut kemudian dikonsumsi oleh manusia. Akhirnya senyawa Hg tersebut sampai di tubuh manusia dan menyebabkan gangguan kesehatan yang lantas dikenal dengan **penyakit minamata**. Penyakit tersebut menyerang sistem saraf dan dapat menimbulkan kematian. Kasus semacam minamata juga pernah terjadi di Teluk Buyat, Minahasa.

Pencemaran air juga disebabkan oleh **limbah pertanian**, misalnya sisa pemakaian pupuk buatan, pestisida, dan herbisida yang berlebihan. Polutan tersebut mengalir ke luar daerah persawahan, terbawa sampai ke sungai dan menyebabkan matinya organisme air, seperti ikan, plankton, siput, serta hewan lain dan juga manusia yang menggunakan air tersebut. Pupuk yang ikut masuk ke aliran sungai atau danau akan menyebabkan *blooming* Alga dan tanaman air lainnya seperti enceng gondok (*Eichhornia crassipes*), yaitu pertumbuhan yang sangat cepat akibat penimbunan pupuk di perairan (Gambar 10.7). Penimbunan pupuk yang menyebabkan *blooming* ini disebut **eutrofikasi**. Kasus ini pernah terjadi di danau Rawa Pening, Jawa Tengah dan di tempat-tempat lain di Indonesia. Akibat pertumbuhan alga dan tanaman air lainnya adalah terjadinya pendangkalan perairan.

Contoh limbah pertanian yang juga menimbulkan polusi adalah DDT (*dichloro diphenyl trichloroethan*), yaitu sejenis pestisida. Bila masuk ke dalam tubuh organisme, zat organoklorin di dalam DDT akan mengalami penumpukkan atau terakumulasi. Proses ini disebut **biological accumulation**. Di dalam rantai makanan, kadar DDT ini akan semakin meningkat pada tubuh organisme di setiap tingkat trofik, dan konsentrasi tertinggi berada pada puncak konsumen. Proses ini disebut **biological magnification**. Perhatikan Gambar 10.8.



**Gambar 10.7** Blooming enceng gondok akibat eutrofikasi



**Gambar 10.8** Biological magnification DDT pada rantai makanan

*Biological magnification* dapat terjadi karena DDT merupakan insektisida yang sangat efektif terhadap serangga, tetapi tidak beracun bagi hewan lain seperti burung dan mammalia. Senyawanya juga sangat stabil. Senyawa tersebut tidak larut dalam air, tetapi dapat larut dalam minyak atau lemak. Dalam dosis besar, DDT bisa membunuh serangga, tetapi dalam dosis kecil ia tidak mematikan. Sehingga serangga tersebut masih bisa bertahan hidup dan akhirnya muncul jenis-jenis yang resisten atau kebal terhadap DDT. Konsentrasi DDT 1 ppm di dalam tubuh serangga bisa berlipat menjadi 2000 kali lebih besar bila serangga-serangga tersebut dimakan oleh katak. Dan dalam tubuh burung yang memakan katak tersebut, konsentrasi DDT bisa jadi 8000 kalinya. Begitu seterusnya, hingga konsentrasi DDT semakin meningkat di dalam rantai makanan.

Selain tidak dapat diuraikan dan tidak dapat dikeluarkan dari dalam tubuh, DDT juga merugikan bagi organisme yang memakannya. Selain bersifat merusak jaringan dan berpotensi menimbulkan kanker, senyawa ini juga menghambat proses pengapuran kulit telur pada burung. Akibatnya, berbagai populasi burung bisa mengalami penurunan akibat telur-telurnya gagal menetas. Bahkan, karena sifatnya yang tidak terurai, DDT bisa terbawa air sampai ke perairan yang jaraknya sangat jauh dari sumber pencemaran. Penggunaan DDT di perkebunan apel di Amerika, misalnya, ternyata mempengaruhi kehidupan burung Pinguin di Benua Antartika, karena DDT tersebut terbawa arus laut melalui Samudera Pasifik.

Polutan pencemaran air yang lain adalah **limbah pertambangan**. Tambang minyak lepas pantai dan tumpahan minyak mentah dari kapal tanker yang bocor menimbulkan pencemaran di laut. Tumpahan minyak tersebut dapat membunuh organisme laut, seperti ikan, anjing laut, dan berbagai jenis burung laut. Tumpahan minyak tersebut juga bisa menghalangi penetrasi cahaya matahari ke dalam laut, sehingga berbagai jenis tumbuhan laut tidak dapat melakukan proses fotosintesis.

Penyebab pencemaran air juga bisa berupa sampah-sampah organik. Kehadiran sampah-sampah organik di perairan menyebabkan pertumbuhan populasi bakteri pembusuk, sehingga meningkatkan kadar BOD (*biochemical oxygen demand*) dan menurunkan kadar COD (*chemical oxygen demand*). COD rendah berarti kandungan O<sub>2</sub> di dalam air menurun, sehingga mengganggu aktivitas kehidupan air. Akibatnya, banyak organisme air yang mati. Jika pencemaran bahan organik meningkat, kita akan menemui cacing *Tubifex* sp. bergerombol dan berwarna putih kemerah-merahan. Cacing ini merupakan **bioindikator** parahnya pencemaran oleh bahan organik dari pemukiman penduduk.

Pada rubrik *Percobaan* berikut, kalian akan mengamati ekosistem sungai dan menentukan kualitas ekosistem tersebut dikaitkan dengan pencemaran air.

## Menentukan Kualitas Ekosistem Sungai

### A. Dasar Teori

Sungai merupakan ekosistem perairan yang dinamis. Air sungai selalu berganti dan mengalir dari hulu ke hilir membawa berbagai benda atau senyawa-senyawa yang ikut hanyut atau larut di dalam alirannya. Tetapi ketika melewati daerah pemukiman penduduk atau lingkungan kumuh di perkotaan, air sungai tersebut tidak lagi lancar mengalir karena tersumbat oleh berbagai macam sampah. Akibat aliran yang terhenti, air sungai tidak lagi jernih, tetapi seringkali justru menimbulkan bau yang tidak sedap. Ini berarti kualitas air sungai tersebut mengalami penurunan.

Penurunan kualitas air sungai menunjukkan telah terjadinya pencemaran lingkungan. Berbagai limbah industri maupun limbah rumah tangga merupakan komponen utama polutan air sungai. Keberadaan polutan tersebut di samping menyumbat aliran air, menimbulkan bau dan pemandangan tidak sedap, juga menimbulkan perubahan faktor fisik seperti suhu dan pH. Perubahan lingkungan fisik tersebut akhirnya memengaruhi kehidupan pelbagai jenis organisme air, seperti ikan dan tumbuhan air.

### B. Tujuan

Menemukan berbagai data kondisi air sungai dan kesehatan ekosistemnya.

### C. Alat dan Bahan

- |                                      |                     |
|--------------------------------------|---------------------|
| 1. alat tulis                        | 4. galah panjang    |
| 2. pH meter atau indikator universal | 5. botol atau ember |
| 3. termometer                        |                     |

### D. Langkah Percobaan

1. Tentukan sungai yang letaknya tidak jauh dari sekolah. Pilihlah lokasi yang aman dan sungai tersebut tidak terlalu dalam.
2. Bagilah sungai tersebut menjadi 3 zona pengamatan, yaitu sungai sebelum melewati permukiman penduduk (zona I), sungai di sepanjang pemukiman penduduk (zona II), dan sungai setelah melewati pemukiman penduduk (zona III).
3. Bagilah kelas kalian menjadi 3 kelompok. Setiap kelompok melakukan pengamatan di salah satu zona tersebut.
4. Amati kondisi aliran sungai dan warna airnya. Amati pula jenis-jenis hewan dan tumbuhan yang ada di sana dan bagaimana keadaannya.
5. Amati berbagai jenis sampah yang mungkin ada, dan ambil sampah-sampah tersebut.
6. Ambil sampel air sungai dengan ember atau botol, kemudian ukurlah suhunya dengan termometer dan ukurlah pHnya dengan pH meter atau indikator universal.
7. Isikan data pengamatan kalian dalam tabel berikut.

Nama sungai : \_\_\_\_\_  
 Lokasi : \_\_\_\_\_  
 Tanggal pengamatan : \_\_\_\_\_  
 Kelompok kerja : \_\_\_\_\_  
 Zona pengamatan : \_\_\_\_\_

**Tabel Pengamatan Ekosistem Sungai**

Sifat fisik sungai				Organisme		Jenis sampah	
arus	warna/ bau	Suhu (°C)	pH	hewan	tumbuhan	organik	anorganik
				1. ....	1. ....	1. ....	1. ....
				2. ....	2. ....	2. ....	2. ....
				3. ....	3. ....	3. ....	3. ....
				4. dst	4. dst	4. dst	4. dst

8. Gabungkanlah data ketiga zona pengamatan ke dalam satu tabel.

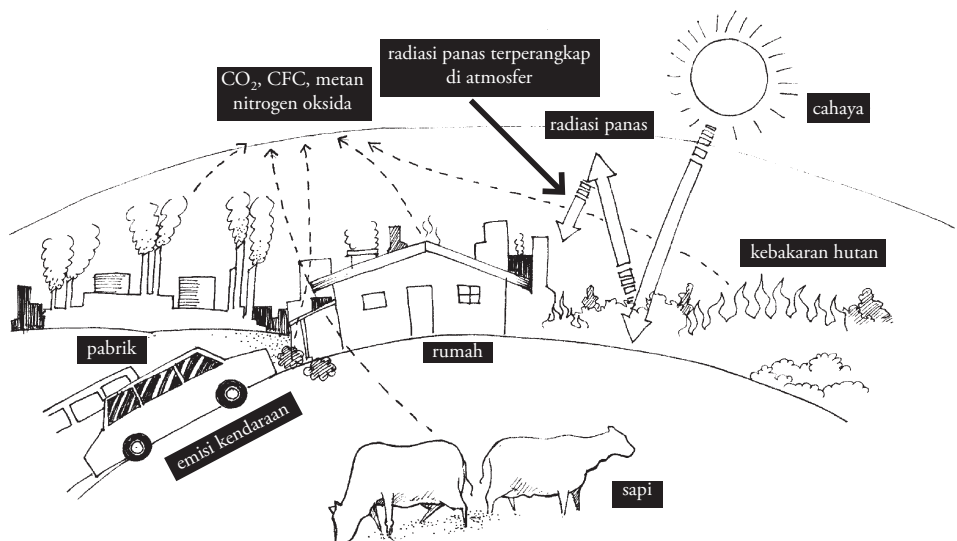
#### E. Pembahasan

1. Berdasarkan pengamatan kalian, bagaimana kondisi ekosistem sungai tersebut? Apakah ekosistem tersebut masih sehat atau sudah tercemar?
2. Adakah perbedaan kondisi sungai di ketiga zona pengamatan tersebut? Apa penyebabnya?
3. Apa yang dapat kalian usulkan untuk menjaga kelestarian lingkungan sungai tersebut beserta ekosistemnya?

#### b. Pencemaran Udara

Pencemaran udara disebabkan oleh berbagai aktivitas manusia, baik kegiatan rumah tangga (pembakaran sampah), kegiatan industri (asap dari cerobong pabrik), maupun kegiatan pertanian (penyemprotan insektisida). Kebakaran hutan juga merupakan bentuk lain polusi udara. Asap rokok dan asap dari kendaraan bermotor juga merupakan sumber pencemaran udara.

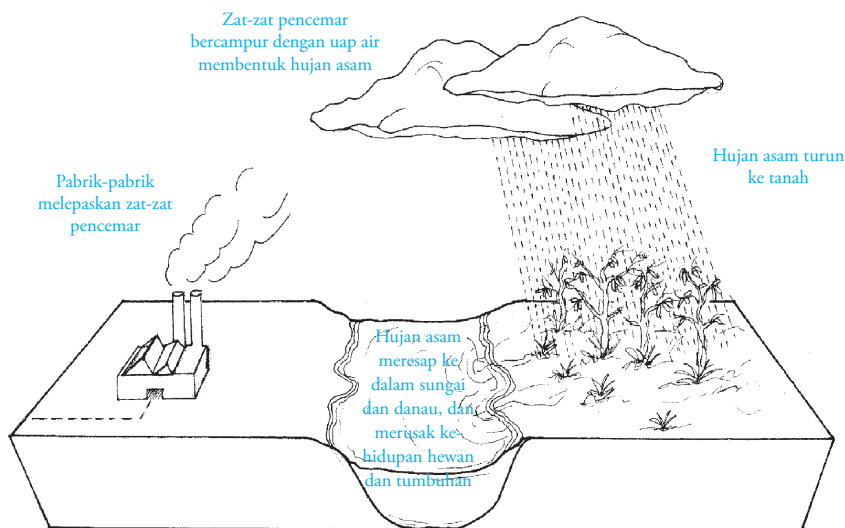
Pencemaran udara dapat berupa gas, seperti **karbon monoksida** (CO) dan **karbon dioksida** (CO<sub>2</sub>). Gas CO ini tidak berbau dan tidak berwarna, serta bersifat racun. Gas ini berasal dari pembakaran tidak sempurna pada kendaraan berbahan bakar bensin dan solar. Karbon monoksida juga dihasilkan dari pembakaran sampah dan dari industri, terutama industri baja dan besi. CO berikatan dengan **hemoglobin** di dalam darah, membentuk COHb yang berbahaya dan pada kadar 750 ppm bersifat mematikan. Sedangkan gas CO<sub>2</sub> sebenarnya adalah komponen normal udara, tetapi bila terjadi gangguan pada daur karbon maka konsentrasi CO<sub>2</sub> akan meningkat. Peningkatan kadar CO<sub>2</sub> disebabkan oleh pembakaran kayu, batu bara, gas alam, di dalam hutan. Akibat peningkatan kadar CO<sub>2</sub> adalah terjadinya **efek rumah kaca** (*green house effect*). Perhatikan Gambar 10.9.



Gambar 10.9 Efek rumah kaca

Efek rumah kaca adalah suatu kondisi suhu bumi yang terus meningkat akibat pemantulan kembali oleh lapisan  $\text{CO}_2$  di atmosfer. Peningkatan suhu yang dirasakan di seluruh bagian bumi ini disebut **pemanasan global** (*global warming*). Efek rumah kaca dikhawatirkan dapat memicu mencairnya es di kutub sehingga terjadi peningkatan tinggi permukaan laut dan mampu menenggelamkan pulau-pulau atau daerah dataran rendah. Efek lainnya adalah perubahan iklim sehingga terjadi pergeseran curah hujan dan kekeringan di beberapa tempat.

Polutan yang juga berupa gas adalah  $\text{H}_2\text{S}$  dan  $\text{SO}_2$ .  $\text{H}_2\text{S}$  merupakan gas beracun, terdapat di kawasan gunung berapi, terutama saat sedang aktif. Selain itu,  $\text{H}_2\text{S}$  juga dihasilkan dari pembakaran minyak bumi dan batu bara. Pembakaran batubara yang mengandung sulfur juga menghasilkan sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) dan nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ). Kedua gas tersebut bereaksi membentuk asam dan suatu saat akan jatuh sebagai hujan asam. Hujan asam ini akan menyebabkan korosi (karatan) pada besi, dan perubahan morfologi pada daun, batang, dan juga dapat mengganggu pernapasan pada manusia dan hewan. Perhatikan Gambar 10.10.



**Gambar 10.10** Terjadinya hujan asam

Selain berupa gas, polusi udara juga disebabkan oleh partikel-partikel.  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  bersama dengan partikel cair membentuk embun, membentuk awan dekat tanah yang dapat mengganggu pernapasan. Jenis polutan lainnya adalah senyawa CFC (*Chloro Fluoro Carbon*) yang biasa digunakan pada pendingin ruangan, dan lemari es. Sumber CFC lainnya adalah perlengkapan yang menggunakan penyemprot aerosol, proses pembuatan karet busa, proses pembuatan plastik, AC, dispenser, dan *hairdryer*. Di atmosfer, CFC akan berikatan dengan ozon di lapisan stratosfer, sehingga molekul ozon terurai dan membentuk lubang di beberapa tempat di bumi, seperti di atas



Antartika dan kutub utara. Lubang tersebut akan mengurangi fungsi lapisan ozon sebagai penahan sinar Ultra Violet (UV). Sinar UV dari matahari bila sampai ke bumi dapat menimbulkan kanker kulit dan gangguan rantai makanan di laut.

Untuk meningkatkan pemahaman kalian tentang pencemaran udara, lakukanlah *Percobaan* berikut.

## PERCOBAAN

### Menentukan Pengaruh Polusi Udara terhadap Kehidupan Tumbuhan

#### A. Dasar Teori

Tumbuhan merupakan organisme yang mampu memanfaatkan gas  $\text{CO}_2$  dan tenaga matahari untuk berfotosintesis. Namun demikian, tidak semua jenis gas di udara bermanfaat bagi tumbuhan, karena ada beberapa yang bersifat racun bagi tumbuhan. Di samping berfotosintesis, tumbuhan juga melakukan pernapasan atau respirasi. Apabila gas-gas beracun tersebut terserap pada saat respirasi, kehidupan tumbuhan akan terganggu.

Berbagai jenis tumbuhan sensitif terhadap pencemaran udara. Jenis-jenis tumbuhan tersebut hanya dapat hidup di tempat dengan udara yang masih bersih, dan akan mati bila mengalami pencemaran. Contohnya adalah tumbuhan lumut epifit (Bryophyta) dan lumut kerak (Lichens), sehingga sering digunakan sebagai bioindikator pencemaran udara. Selain itu ada pula berbagai jenis tumbuhan yang toleran terhadap pencemaran, misalnya lidah mertua (*Sensivera trifasciata*) dan berbagai jenis tumbuhan peneduh yang hidup subur di tengah lajur jalan yang padat akan kendaraan.

#### B. Tujuan

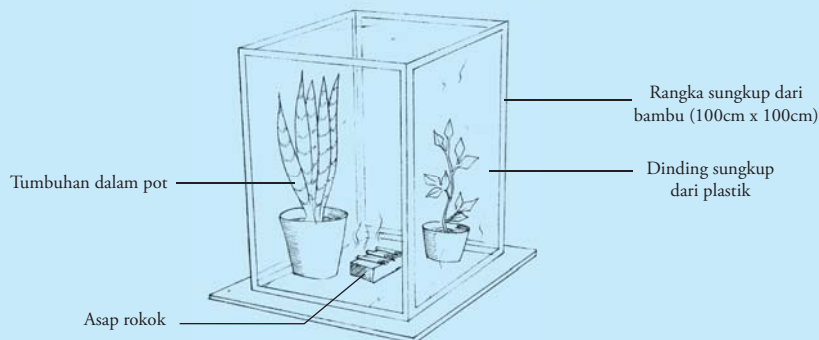
Menentukan daya tahan tumbuhan terhadap pencemaran udara.

#### C. Alat dan Bahan

1. Dua jenis tanaman di dalam pot, salah satunya adalah tanaman lidah mertua (*Sensivera trifasciata*)
2. sungkup dari bambu dan plastik
3. rokok
4. korek api

#### D. Langkah Percobaan

1. Bagilah kelas kalian menjadi beberapa kelompok kerja. Masing-masing kelompok melakukan langkah-langkah berikut.
2. Masukkan tiap jenis tanaman ke dalam sungkup.
3. Letakkan kedua sungkup tersebut di tempat yang mendapatkan cukup cahaya untuk fotosintesis
4. Ke dalam setiap sungkup, masukkan 3 batang rokok kemudian sulut rokok tersebut sehingga mengeluarkan asap. Tutup sungkup rapat-rapat. Perhatikan gambar berikut.



5. Berikan perlakuan tersebut setiap pagi atau sore selama 3 hari.
6. Amati kedua tanaman tersebut setiap hari.
7. Tuliskan hasilnya dalam tabel berikut

**Pengaruh asap Rokok terhadap Kehidupan Tanaman**

Hari ke-	Keadaan tanaman	
	<i>Sensivera trifasciata</i>	.....
1		
2		
3		

**E. Pembahasan**

1. Berdasarkan pengamatan kalian, bagaimana pengaruh asap rokok terhadap kehidupan kedua jenis tanaman tersebut?
2. Gas-gas apa yang terkandung di dalam asap rokok?
3. Mengapa tanaman lidah mertua lebih tahan terhadap asap rokok?
4. Bila perlakuan tersebut diberikan secara terus-menerus, apa yang akan terjadi dengan kedua jenis tanaman tersebut?
5. Bahaslah data-data percobaan kalian dan carilah referensi pendukungnya.
6. Buatlah laporan dan diskusikan di dalam kelas.

**c. Pencemaran Tanah**

Limbah rumah tangga seperti sampah plastik yang sukar hancur, botol-botol, karet sintetis, pecahan kaca, dan kaleng, merupakan penyebab pencemaran tanah. Sampah-sampah tersebut tidak dapat diuraikan oleh bakteri atau mikroba tanah. Karena bersifat racun, limbah-limbah tersebut bisa juga menyebabkan kematian organisme tanah.

Selain limbah rumah tangga, limbah pertanian seperti sisa penggunaan pupuk buatan, pestisida, dan herbisida juga dapat menyebabkan pencemaran tanah. Limbah-limbah tersebut sukar terurai dan dapat bertahan lama di dalam tanah, sehingga **residu** atau sisa limbah tersebut dapat membahayakan kehidupan organisme tanah. Residu DDT di dalam tanah dapat membunuh mikroba pengurai yang sangat penting peranannya bagi proses pembusukan, dan akibatnya kesuburan tanah akan terganggu. Bila tanah yang tercemar tersebut tersiram air hujan, maka polutan di dalamnya akan larut dan akhirnya mencemari perairan.

Kegiatan industri pertambangan juga dapat menimbulkan pencemaran tanah. Salah satu kegiatan penambangan yang memiliki pengaruh besar mencemari tanah adalah penambangan batu bara, penambangan emas, besi, dan sebagainya. Penggunaan senyawa-senyawa untuk memisahkan biji emas, misalnya merkuri (Hg), juga sangat membahayakan organisme yang tercemarinya.

**d. Pencemaran Suara**

Pencemaran suara disebabkan oleh kebisingan atau bunyi-bunyi yang mengganggu atau merusak pendengaran manusia, memiliki intensitas di atas 50 desibel (dB). Sumber pencemaran suara antara lain

### Pengaruh Musik terhadap Kecerdasan

Penelitian di Amerika menunjukkan bahwa musik dapat memengaruhi fisiologi organisme. Tanaman yang setiap hari diperlakukan dengan diputar musik rock ternyata mengalami gangguan pertumbuhan. Sedangkan yang diperlakukan dengan musik klasik menunjukkan tidak ada gangguan, dan justru arah pertumbuhannya menuju ke sumber suara tersebut. Apabila musik klasik diperdengarkan pada kandungan seorang wanita hamil, maka bayi yang akan lahir akan memiliki tingkat kecerdasan yang tinggi.

kendaraan bermotor, kapal terbang, deru mesin pabrik, dan radio *tape* yang berbunyi keras. Pencemaran suara merupakan pencemaran serius, karena dapat menimbulkan cacat pendengaran permanen.

#### e. Pencemaran Bahan Radioaktif

Penyebab pencemaran radio aktif adalah debu radioaktif yang berasal dari bom nuklir serta reaktor-reaktornya. Bahaya yang ditimbulkannya adalah radiasi sinar  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$  dan partikel-partikel neutron yang lain hasil reaksi fusi dan reaksi fisi. Pengaruh paparan radioaktif terhadap gen adalah menimbulkan terjadinya **mutasi gen**. Bila mutasi terjadi pada sel tubuh atau sel somatis, maka berpotensi menimbulkan kanker atau tumor.

## 2. Dampak Pencemaran Lingkungan dan Upaya Mengatasinya

Pencemaran lingkungan menimbulkan dampak yang serius bagi kehidupan manusia dan keseimbangan lingkungan. Pencemaran air akibat limbah rumah tangga menyebabkan kematian organisme air, karena limbah tersebut bersifat racun. Akibat buruk yang lain adalah timbulnya penyakit gatal-gatal dan diare, terutama pada masyarakat yang memanfaatkan air sungai untuk kehidupan sehari-hari. Pencemaran air akibat limbah pertanian juga menyebabkan kematian organisme yang hidup di air sungai dan penyakit gatal-gatal pada manusia.

Sedangkan limbah industri yang masuk ke perairan, selain menyebabkan kematian bagi organisme air juga menimbulkan penyakit, seperti penyakit minamata yang terjadi akibat manusia mengonsumsi ikan-ikan yang ternyata mengalami akumulasi logam merkuri pada tubuhnya. Pencemaran akibat tumpahan minyak di laut juga berdampak buruk bagi organisme laut. Selain itu sampah-sampah organik juga bisa mengakibatkan kematian organisme air, seperti ikan, Crustacea, dan Mollusca.

Selain pencemaran air, pencemaran udara juga menimbulkan kerugian bagi lingkungan. Gas  $\text{CO}_2$  dan CO merupakan penyebab gangguan pernapasan, seperti sesak napas dan batuk-batuk. Gas  $\text{H}_2\text{S}$  yang keluar dari aktivitas gunung berapi menyebabkan udara terasa panas atau suhu terlalu tinggi dan sesak nafas. Kadar  $\text{CO}_2$  meningkat menyebabkan efek rumah kaca. Partikel-partikel  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  mengakibatkan hujan asam. Akibat hujan asam adalah kerusakan hutan, tanaman pertanian dan perkebunan, korosi pada besi atau logam, serta bangunan-bangunan menjadi berwarna kuning. Pemakaian gas CFC juga menyebabkan dampak berupa penipisan lapisan ozon.

Dampak negatif dari pencemaran tanah juga merupakan permasalahan lingkungan yang serius. Pencemaran tanah akibat limbah rumah tangga menyebabkan kematian mikroorganisme tanah (bakteri pengurai yang berfungsi sebagai dekomposer), sehingga tanah menjadi tandus dan kesuburannya menurun. Dampak yang sama juga ditimbulkan oleh limbah pertanian dan pertambangan, yang juga menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia, misalnya gangguan pernapasan.

Pencemaran yang lain seperti pencemaran suara dan pencemaran bahan radioaktif juga perlu diatasi. Suara yang melebihi ambang batas kebisingan dapat menyebabkan gangguan pendengaran atau cacat pendengaran permanen. Sedangkan pencemaran radioaktif dapat menyebabkan mutasi gen yang menimbulkan kanker atau tumor.

Nah, untuk menghindari berbagai dampak pencemaran lingkungan manusia perlu melakukan berbagai upaya. Perhatikan Tabel 10.1. Berbagai upaya tersebut merupakan hal yang sangat penting untuk dilakukan oleh setiap anggota masyarakat. Karena pada dasarnya kerusakan lingkungan ditimbulkan oleh aktivitas manusia dan akan memberikan dampak bagi kehidupan manusia sendiri. Untuk menghindari berbagai akibat yang lebih buruk, kita harus bersahabat dengan lingkungan.

**Tabel 10.1 Upaya Mengatasi Pencemaran Lingkungan**

No	Macam pencemaran	Sumber pencemaran	Upaya mengatasinya
1.	Pencemaran air	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limbah rumah tangga: kertas, daun, sabun detergen, kotoran, dan lain-lain</li> <li>• Limbah industri: logam berat (Hg), zat-zat radioaktif, sampah, kotoran, dan polutan panas</li> <li>• Limbah pertanian: sisa pupuk buatan, pestisida, herbisida</li> <li>• Limbah pertambangan: tumpahan minyak di laut</li> <li>• Sampah anorganik: <math>PO_4</math>, <math>SO_3</math>, <math>NO</math>, <math>Ni</math>, <math>Pb</math>, <math>Fe</math>, <math>Hg</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Membuang limbah pada tempatnya, dan melakukan daur ulang (<i>recycling</i>)</li> <li>• Dibuat unit pengolahan limbah</li> <li>• Pemakaian pupuk buatan, pestisida, dan herbisida harus sesuai aturan</li> <li>• Mengembangkan pertanian organik.</li> <li>• Kapal tanker pengangkut minyak diupayakan tidak bocor, dan sistem penyimpanan menggunakan dua tangki ( tangki untuk minyak, dan tangki untuk menyimpan air)</li> <li>• Pembuangan sampah anorganik harus pada tempatnya</li> </ul>
2.	Pencemaran udara	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kegiatan rumah tangga: pembakaran sampah</li> <li>• Kegiatan industri: asap dari cerobong pabrik</li> <li>• Knalpot motor atau mobil</li> <li>• Kegiatan pertanian: penyemprotan pestisida, herbisida, insektisida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sampah-sampah dipisahkan dan didaur ulang</li> <li>• Cerobong asap diberi filter (alat penyaring)</li> <li>• Knalpot motor dan mobil diberi filter untuk mengurangi emisi gas <math>CO</math></li> <li>• Pemakaian insektisida, herbisida harus sesuai dengan dosis (aturan)</li> <li>• Penyemprotan dilakukan pada pagi hari sehingga tidak terbawa oleh angin</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Api dari puntung rokok atau sumber api lain yang ditinggalkan di hutan</li> <li>• Gas H<sub>2</sub>S (Hidrogen Sulfida) yang keluar dari lava gunung berapi, pembakaran batubara dan minyak bumi</li> <li>• Senyawa CFC yang berasal dari AC, dispenser, almari es, hairdye, dan lain-lain</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jika beraktivitas di hutan, pastikan tidak meninggalkan puntung rokok dan sumber api lainnya dengan sembarangan</li> <li>• Sebaiknya menggunakan masker wajah untuk menghindari gas H<sub>2</sub>S</li> <li>• Lokasi pabrik batubara dan pembakaran minyak bumi jauh dari pemukiman penduduk</li> <li>• Membatasi penggunaan alat-alat yang menggunakan CFC</li> </ul>
3.	Pencemaran tanah	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kegiatan rumah tangga: sampah plastik, botol-botol, karet sintesis, pecahan kaca, dan kaleng</li> <li>• Kegiatan pertanian: pemakaian pupuk buatan, sisa pestisida yang berlebihan</li> <li>• Kegiatan pertambangan: hasil penambangan batu bara, emas, besi, dan lain-lain</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daur ulang atau penggunaan kembali</li> <li>• Sebaiknya pemakaian pupuk pertanian sesuai dengan aturan/dosis</li> <li>• Limbah pertambangan harus dibuang pada tempatnya atau didaur ulang</li> </ul>
4.	Pencemaran suara	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suara bising (kebisingan) dari percakapan normal, keributan orang, suara kereta api, suara mesin pabrik, suara petir, suara pesawat yang tinggal landas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sebaiknya gunakan penutup telinga</li> <li>• Lokasi pabrik atau stasiun KA, bandara pesawat terbang jauh dari permukiman penduduk</li> </ul>
5.	Pencemaran bahan radioaktif	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debu radioaktif yang berasal dari bom nuklir dan reaktor nuklir</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dibuatkan sistem pengamanan reaktor nuklir</li> <li>• Sebelum dibuang ke lingkungan, sisa-sisa radioaktif harus dinetralkan</li> </ul>

Untuk memantapkan pemahaman kalian tentang pencemaran lingkungan, jawablah beberapa pertanyaan berikut.

## UJI KOMPETENSI

**Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.**

1. Apa yang dimaksud dengan pencemaran lingkungan? Apa bedanya dengan perubahan lingkungan?
2. Sebut dan jelaskan macam pencemaran lingkungan.

3. Jelaskan pengertian *biological magnification* dan contoh kasusnya pada penggunaan DDT. Apa kaitannya dengan *biological accumulation*?
4. Jelaskan proses terjadinya efek rumah kaca.
5. Jelaskan dampak pencemaran lingkungan dan upaya mengatasinya.



Permasalahan lingkungan merupakan masalah yang dihadapi oleh masyarakat di seluruh dunia. Hal itu merupakan konsekuensi dari aktivitas kehidupan manusia yang menimbulkan berbagai dampak pada lingkungan. Dampak tersebut berupa perubahan atau kerusakan dan pencemaran lingkungan yang terjadi di berbagai wilayah, terutama akibat eksploitasi sumber daya alam. Karenanya, kebijakan pemerintah dan peran masyarakat merupakan faktor penting untuk menjaga kelestarian lingkungan.

### C. Pelestarian Lingkungan

Dalam ilmu lingkungan kita mengenal istilah *pollution knows no national boundaries* atau polusi tidak mengenal batas-batas negara. Pada kasus kebakaran hutan misalnya, kabut asap yang terjadi akibat terbakarnya hutan di Kalimantan, dampaknya tidak hanya dirasakan oleh masyarakat di Pulau Kalimantan saja tetapi masyarakat di negara tetangga, seperti Brunei Darussalam, Malaysia, dan Singapura juga turut kena getahnya. Contoh lain adalah penggunaan DDT pada perkebunan apel di Amerika yang ternyata dampaknya dirasakan pula oleh burung penguin di Benua Antartika. Sehingga, untuk menangani berbagai masalah global tersebut, dibutuhkan kerjasama internasional.

Lingkungan hidup dalam pengertian ekologi tidak mengenal batas wilayah, baik wilayah negara maupun wilayah administratif. Akan tetapi, lingkungan hidup yang berkaitan dengan pengelolaan harus jelas batas wilayah wewenang pengelolaannya. Lingkungan yang dimaksud adalah lingkungan hidup Indonesia. Secara hukum, lingkungan hidup Indonesia meliputi ruang tempat negara Republik Indonesia melaksanakan kedaulatan dan hak berdaulat serta yurisdiksinya. Dalam hal ini, lingkungan hidup Indonesia tidak lain adalah wilayah yang menempati posisi silang antara dua benua dan dua samudera dengan iklim tropis dan cuaca serta musim yang memberikan kondisi alam dan kedudukan dengan peranan strategis yang tinggi nilainya sebagai tempat rakyat dan bangsa Indonesia menyelenggarakan kehidupan bermasyarakat, berbangsa, dan bernegara dalam segala aspeknya. Dengan demikian, wawasan dalam menyelenggarakan pengelolaan lingkungan hidup Indonesia adalah **Wawasan Nusantara**.

Dalam usaha mengelola lingkungan hidup, pemerintah Indonesia mengeluarkan berbagai peraturan dan kebijakan untuk mendorong pelestarian lingkungan. Contohnya adalah disusunnya undang-undang lingkungan hidup, kebijakan pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*), dan pembangunan berwawasan lingkungan (*ecodevelopment*). Dalam pelaksanaannya, peran masyarakat merupakan hal yang sangat penting demi tercapainya lingkungan yang lestari.

Di Indonesia, dasar hukum pelestarian lingkungan adalah UU No. 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistemnya dan UU No. 51 Tahun 1993 tentang Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL). Penyusunan dokumen AMDAL

merupakan kewajiban bagi setiap industri atau kegiatan pembangunan yang berpotensi menimbulkan dampak serius bagi lingkungan. Tujuannya adalah memperkecil pengaruh negatif terhadap lingkungan, memaksimalkan pengaruh positif kegiatan manusia bagi lingkungan, serta mendeteksi secara dini terjadinya pencemaran lingkungan.

Dasar hukum yang lain adalah UU No. 23 tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan hidup yang merupakan pengganti UU No. 4 tahun 1982 tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup. **Pengelolaan lingkungan** adalah upaya terpadu untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup yang meliputi kebijaksanaan penataan, pemanfaatan, pengembangan, pemeliharaan, pemulihan, pengawasan, dan pengendalian lingkungan hidup. Sasaran pengelolaan lingkungan hidup adalah :

1. Tercapainya keselarasan, keserasian, dan keseimbangan antara manusia dan lingkungan hidup.
2. Terwujudnya manusia Indonesia sebagai insan lingkungan hidup yang memiliki sikap dan tindak melindungi dan membina lingkungan hidup.
3. Terjaminnya kepentingan generasi masa kini dan generasi masa depan.
4. Tercapainya kelestarian fungsi lingkungan hidup.
5. Terkendalinya pemanfaatan sumber daya secara bijaksana.
6. Terlindunginya Negara Kesatuan Republik Indonesia terhadap dampak usaha dan/atau kegiatan di luar wilayah negara yang menyebabkan pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup.

Dalam berinteraksi dengan lingkungan, kita harus memahami etika lingkungan hidup dan menerapkan konsep pengelolaan lingkungan dalam keseharian kita. Kita menyadari bahwa manusia tidak akan dapat sepenuhnya mencegah terjadinya gangguan keseimbangan lingkungan atau penurunan kualitasnya. Namun setidaknya kita dapat mengurangi kerusakan-kerusakan yang terjadi sehingga lingkungan kita nyaman untuk dihuni dan diwariskan untuk generasi yang akan datang. Di sinilah pentingnya etika lingkungan. **Etika lingkungan** adalah kebijakan moral manusia dalam bergaul dengan lingkungannya. Etika ini diperlukan agar manusia mempertimbangkan setiap aktivitasnya dengan cermat, sehingga tidak merugikan keseimbangan lingkungan. Dalam menerapkan etika lingkungan, perlu diperhatikan beberapa prinsip, yaitu:

1. Manusia merupakan bagian dari lingkungan yang tidak terpisahkan, sehingga perlu menyayangi semua kehidupan dan lingkungannya.
2. Manusia sebagai bagian dari lingkungan, hendaknya selalu berupaya menjaga kelestarian, keseimbangan, dan keindahan alam.
3. Diperlukan kebijaksanaan dalam menggunakan sumber daya alam yang terbatas, termasuk bahan energi.
4. Lingkungan disediakan bukan untuk manusia saja, melainkan juga untuk makhluk hidup yang lain.

5. Ditetapkannya undang-undang sebagai bentuk kepedulian pemerintah terhadap lingkungan.

Di dalam masyarakat terdapat aturan-aturan untuk menjaga kelestarian lingkungan. Contohnya adalah pada masyarakat adat tertentu di Indonesia. Di desa-desa terpencil atau sekitar hutan ada wilayah tertentu yang dikeramatkan, sehingga penduduk tidak berani melakukan tindakan yang merusak. Sekedar mengambil kayu bakarpun tidak berani, apalagi melakukan penebangan secara liar. Kita mengenal adanya hutan adat, yaitu suatu kawasan hutan yang dijaga oleh masyarakat dengan aturan-aturan adat yang ketat sehingga keberadaan hutan tersebut tetap lestari. Sikap masyarakat dalam menjaga kelestarian lingkungannya ini disebut dengan **kearifan lokal** (*local indigenous, local ecological wisdom, atau local ecological knowledge*).

Sebagai anggota masyarakat, di manapun kita berada tetap harus berperan aktif dalam upaya pelestarian lingkungan. Contoh sederhananya adalah dengan membuang sampah pada tempatnya, memanfaatkan tanah kosong dengan menanam berbagai jenis tumbuhan di halaman rumah ataupun di dalam pot, menggunakan bahan atau produk-produk yang ramah lingkungan, dan tidak melakukan tindakan-tindakan yang merugikan lingkungan. Sekecil apapun peran kita, akan sangat berarti bagi kelestarian lingkungan hidup kita.

Nah, sampai di sini tentu kalian telah mengetahui akan pentingnya menjaga keharmonisan dengan lingkungan. Untuk menambah pengetahuan kalian, lakukanlah kegiatan berikut.

## GALERI

### Hutan Adat Wonosadi

Wonosadi adalah nama sebuah hutan adat di Kecamatan Ngawen, Kabupaten Gunung Kidul, DIY. Berbeda dengan daerah Gunung Kidul umumnya, wilayah sekitar Wonosadi tidak pernah mengalami kekeringan pada musim kemarau. Di sana terdapat banyak mata air dan sumur. Masyarakat di sekitar Wonosadi menyadari pentingnya keberadaan hutan tersebut sebagai sumber air. Sehingga sampai sekarang Wonosadi tetap terjaga, utuh dengan berbagai keanekaragaman flora dan faunanya yang khas. Di puncak hutan berbukit tersebut, terdapat pohon munggur (*Samanea saman*) yang berumur ratusan tahun. Tumbuh pula berbagai jenis liana yang khas, ada yang lebar batangnya mencapai 25 cm.

## TELISIK

Dalam mempelajari etika lingkungan, kita mengenal apa yang disebut dengan kearifan lokal. Cobalah temukan, adakah hal tersebut di lingkungan tempat tinggal kalian? Temuilah tokoh masyarakat yang dituakan atau dipatuhi, kemudian lakukanlah wawancara. Tanyakanlah hal-hal yang berkaitan dengan aturan-aturan hidup atau etika lingkungan yang mereka pegang teguh atau ajaran dari leluhur. Tulislah hasil wawancara kalian dan presentasikan di depan kelas.

Salah satu upaya menjaga kelestarian lingkungan adalah dengan sedapat mungkin mengurangi limbah atau sampah yang kita hasilkan dalam aktivitas kehidupan. Salah satu upaya mengurangi limbah tersebut adalah melalui daur ulang.

### D. Penanganan Limbah

Aktivitas yang dilakukan oleh manusia dalam kehidupan sehari-hari, seperti pertanian, aktivitas rumah tangga, industri, dan kegiatan pertambangan banyak menghasilkan limbah. Limbah merupakan sumber daya alam yang telah kehilangan fungsinya. Limbah disebut juga sebagai **entropi**, yaitu sisa energi yang tidak dimanfaatkan. Keberadaan

### Plastik yang Dapat Diurai

Sampah plastik umumnya tidak dapat diurai oleh bakteri, karena bakteri hanya mengurai sampah-sampah organik. Para ilmuwan kemudian melakukan percobaan untuk membuat plastik yang dapat diurai. Plastik tersebut dibuat dengan bahan dasar tepung jagung yang dicampur dengan polietilen (bahan dasar plastik yang tidak dapat diurai oleh mikroorganisme). Tetapi apabila kandungan tepung tersebut ditingkatkan menjadi 50-60%, konsekuensinya adalah plastik tersebut menjadi tidak kuat, mudah menyerap air kemudian hancur. Karena itulah sampai sekarang para ilmuwan masih terus melakukan penelitian terkait dengan plastik tersebut.

limbah di dalam lingkungan sangat mengganggu, baik dalam hal keindahan, kenyamanan, maupun kesehatan. Dalam hal keindahan, tumpukan sampah yang menggunung merupakan pemandangan yang mengganggu. Sedangkan gangguan kenyamanan misalnya dialami oleh penduduk yang tinggal di dekat jalur lalu lintas kendaraan, atau dekat stasiun maupun bandara. Adapun gangguan kesehatan, dialami oleh penduduk dekat lokasi pabrik yang setiap hari menghirup limbah pabrik berupa gas yang keluar dari cerobong asap pabrik.

Akumulasi limbah (sisa hasil buangan) mempunyai potensi sebagai polutan (penyebab polusi). Oleh karena itu, adanya limbah perlu mendapat perhatian saksama dan penanganan semaksimal mungkin, sebelum menimbulkan kerugian-kerugian yang lebih besar bagi masyarakat. Berdasarkan komponen penyusunnya, limbah dibagi menjadi dua, yaitu limbah organik dan limbah anorganik. **Limbah organik** merupakan limbah yang berasal dari bagian organisme, yang dapat terurai secara alami. Limbah ini banyak dihasilkan dari rumah tangga, seperti sampah dari dapur, sayuran yang telah membusuk, daun, dan kulit buah. Limbah tersebut dapat dimanfaatkan menjadi pupuk dan sumber energi alternatif yang disebut **biogas**. Sedangkan **limbah anorganik** relatif sulit terurai, dan mungkin beberapa bisa terurai tetapi memerlukan waktu yang lama. Limbah tersebut berasal dari sumber daya alam (SDA) yang tidak dapat diperbarui atau yang berasal dari pertambangan seperti minyak bumi, batubara, besi, timah, dan Nikel. Limbah anorganik umumnya berasal dari kegiatan industri tetapi bisa juga dari sampah rumah tangga seperti kaleng bekas, botol, plastik, dan karet sintetis. Limbah anorganik dapat didaur-ulang menjadi bahan yang lebih berguna.

Supaya limbah organik maupun anorganik tidak menimbulkan suatu permasalahan lingkungan, maka perlu adanya penanganan khusus. Contoh penanganan limbah tersebut adalah dengan penggunaan kembali (*reuse*) dan daur ulang (*recycle*). Benda-benda yang semula merupakan sampah, ternyata dapat dimanfaatkan untuk keperluan lain atau diolah menjadi bahan yang bermanfaat. Adanya produk-produk hasil daur ulang membuat eksploitasi alam dapat dikurangi. Dengan begitu, selain mengurangi dampak pencemaran, daur ulang bisa juga mengurangi berbagai perubahan lingkungan.

Sebelum kalian mempelajari daur ulang limbah, lakukanlah kegiatan berikut.

## TELISIK

Kegiatan ini bersifat individual dan dilakukan sebagai pekerjaan rumah. Cobalah kalian mendesain sebuah produk daur ulang atau pemanfaatan kembali barang-barang bekas. Tentukan terlebih dahulu bahan limbah yang akan dimanfaatkan. Kemudian siapkan alat dan bahan sesuai keperluan yang direncanakan. Buatlah produk yang berguna dari bahan utama berupa limbah tersebut. Presentasikan produk daur ulang kalian di depan kelas.

## 1. Daur Ulang Limbah Organik

Di negara-negara yang telah maju, seperti di Eropa, melakukan daur ulang (*recycling*) limbah organik sudah merupakan kebiasaan yang telah dilakukan sejak lama. Begitu pula di negara-negara Asia yang maju, misalnya Jepang. Di Indonesia, meskipun masih secara sederhana atau tradisional, daur ulang limbah organik juga sudah sering dilakukan. Contohnya adalah pemulungan sampah yang berasal dari sampah rumah tangga yang kemudian dijadikan kompos. Daur ulang mempunyai potensi yang besar untuk mengurangi tambahan biaya pengolahan, dan tempat pembuangan akhir sampah. Berdasarkan cara pemanfaatannya, limbah organik dapat dimanfaatkan secara langsung maupun melalui daur ulang terlebih dahulu.

Tanpa melalui daur ulang, limbah organik dapat dimanfaatkan secara langsung, misalnya sampah rumah tangga berupa sayuran, daun-daun bekas dapat dijadikan makanan ternak. Bahkan di Australia, kertas-kertas yang merupakan sampah rumah tangga dapat dimanfaatkan untuk makanan kuda, biri-biri, dan sapi.

Melaui daur ulang, limbah organik dapat juga dimanfaatkan. Hal ini berarti pemanfaatan secara tidak langsung. Contohnya adalah pembuatan pupuk kompos, pembuatan **biogas** (gas bio) dan pembuatan kertas daur ulang. Berikut adalah uraian singkat tentang ketiga proses tersebut.

### a. Pembuatan Pupuk Kompos (Pengomposan atau *Composting*)

Pupuk kompos dibuat dari limbah organik dengan prinsip penguraian bahan-bahan organik menjadi bahan anorganik oleh mikro-organisme melalui **fermentasi**. Bahannya berupa dedaunan atau sampah rumah tangga yang lain, serta kotoran ternak (sapi, kambing, ayam). Mikroorganisme yang berperan dalam pembuatan kompos dikenal sebagai *effective microorganism* (EM). EM terdiri atas mikro-organisme aerob dan anaerob. Kedua kelompok jasad renik tersebut bekerja sama menguraikan sampah-sampah organik. Hasil fermentasinya dapat menciptakan kondisi yang mendukung kehadiran jamur pemangsa nematoda (cacing parasit pada akar tanaman). Kompos digunakan dalam sistem pertanian, bersifat ramah lingkungan, dan hasil panen dari tanaman pertanian yang menggunakannya memiliki harga jual yang lebih mahal. Dengan memanfaatkan pupuk organik, di samping menanggulangi limbah, berarti juga menerapkan gaya hidup sehat.

### b. Pembuatan Biogas (gas bio)

Biogas merupakan gas-gas yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Gas ini dihasilkan dari proses pembusukan atau fermentasi sampah organik yang terjadi secara anaerobik. Artinya, proses tersebut berlangsung dalam keadaan tertutup (tanpa oksigen), dilakukan oleh



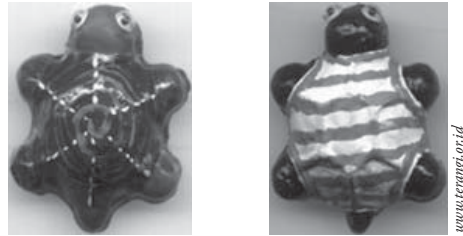
**Gambar 10.11** Pembuatan Pupuk kompos



bakteri *Metalothrypus methanica*. Bahan bakunya adalah kotoran hewan, sisa-sisa tanaman, atau campuran keduanya. Prosesnya adalah dengan mencampurkan sampah organik dan air, kemudian dicampur dengan bakteri *M. methanica*, dan disimpan di dalam tempat yang kedap udara lantas dibiarkan selama dua minggu.

### c. Daur Ulang Kertas

Daur ulang kertas-kertas dari sampah rumah tangga, kegiatan administrasi, kertas pembungkus, maupun media cetak dapat menghasilkan kertas yang dapat dimanfaatkan sebagai kertas buram, kertas pembungkus kado, atau aneka kerajinan yang lain. Perhatikan gambar 10.12.



**Gambar 10.12** Aneka kertas macam produk daur ulang kertas

## 2. Daur Ulang Limbah Anorganik

Limbah anorganik yang dapat didaur ulang yaitu sampah plastik, logam, kaca, plastik, dan kaleng. Limbah tersebut terlebih dahulu diolah melalui *sanitary landfill*, *incineration* (pembakaran), dan *pulverisation* (penghancuran). *Sanitary landfill* yaitu suatu metode pengolahan sampah terkontrol dengan sistem sanitasi yang baik. Sedangkan pada *incineration* sampah dibakar di dalam alat yang disebut **insinerator**. Hasil pembakarannya berupa gas dan residu pembakaran (Gambar 10.13). Sementara itu, pada *pulverisation*, penghancuran sampah dilakukan di dalam mobil pengumpul sampah yang telah dilengkapi dengan alat pelumat sampah. Sampah-sampah tersebut langsung dihancurkan menjadi potongan-potongan kecil yang dapat dimanfaatkan untuk menimbun tanah yang letaknya rendah.

Nah, sampai di sini, tentu kalian semakin paham bagaimana cara menangani sampah melalui proses daur ulang. Tentu kalian ingin lebih paham bukan? Untuk itu, kalian dapat melakukan kegiatan berikut.

### TELISIK

Pada kegiatan ini kalian mendapat tugas untuk melakukan pengamatan berbagai jenis sampah yang dapat kalian temukan di rumah masing-masing. Cobalah amati tempat sampah rumah kalian selama dua hari. Catatlah jenis-jenis sampah yang ada, kemudian kelompokkan menjadi sampah organik dan anorganik. Setelah itu coba kalian pikirkan, bagaimana cara memanfaatkan sampah-sampah tersebut. Carilah referensi pendukung berupa buku atau artikel di media masa.

Untuk memantapkan pemahaman kalian tentang pelestarian lingkungan, jawablah beberapa pertanyaan berikut.

## UJI PEMAHAMAN

**Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.**

1. Sebut dan jelaskan usaha-usaha untuk melestarikan lingkungan.
2. Jelaskan pengertian etika lingkungan dan sebutkan prinsip-prinsip etika lingkungan.
3. Bagaimanakah peran kearifan lokal dalam menjaga kelestarian lingkungan?
4. Berdasarkan komponen penyusunnya, limbah dibagi menjadi berapa kelompok? Jelaskan.
5. Bagaimanakah cara melakukan daur ulang limbah? Sebutkan manfaat daur ulang tersebut.

## IKHTISAR

1. Lingkungan hidup merupakan kesatuan ruang dengan semua benda, daya keadaan, dan makhluk hidup. Dalam keadaan normal, lingkungan membentuk suatu keseimbangan yang disebut keseimbangan dinamis (*equilibrium dynamic*).
2. Perubahan lingkungan dapat terjadi karena campur tangan manusia, misalnya penebangan hutan secara liar, pembangunan permukiman penduduk, dan penerapan intensifikasi pertanian. Selain itu, bisa juga disebabkan oleh faktor alam, misalnya gunung meletus, gempa bumi, banjir, erosi, tanah longsor, kebakaran hutan.
3. Polusi atau pencemaran lingkungan adalah masuknya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam lingkungan, atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia, atau oleh proses alam, sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan tidak berfungsi.
4. Polutan adalah zat atau bahan yang dapat menyebabkan atau mengakibatkan pencemaran. Suatu zat dapat disebut polutan apabila jumlahnya melebihi jumlah normal, serta berada pada waktu dan tempat yang tidak tepat. Polutan biologi adalah polutan berupa makhluk hidup, terutama kelompok mikroorganisme. Polutan fisika atau polutan energi adalah polutan yang disebabkan oleh faktor-faktor fisik. Sedangkan polutan kimia adalah polutan yang banyak mengandung zat atau senyawa kimia.
5. Berdasarkan tempat terjadinya atau lingkungan yang dicemarinya, pencemaran dapat kita kelompokkan menjadi beberapa macam. Ragam atau macam pencemaran tersebut adalah pencemaran air, pencemaran udara, pencemaran tanah, dan pencemaran suara.
6. Pengelolaan lingkungan adalah upaya terpadu untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup yang meliputi kebijaksanaan penataan, pemanfaatan, pengembangan, pemeliharaan, pemulihan, pengawasan, dan pengendalian lingkungan hidup. Dalam mengelola dan berinteraksi dengan lingkungan, kita harus memahami etika lingkungan hidup.
7. Salah satu upaya menjaga kelestarian lingkungan adalah dengan sedapat mungkin mengurangi limbah atau sampah yang kita hasilkan dalam aktivitas kehidupan. Salah satu cara mengurangi limbah tersebut adalah melalui daur ulang.

**Ambang batas** Batas terendah sesuatu dianggap masih baik atau normal

**Daya dukung lingkungan** Kemampuan lingkungan hidup untuk mendukung erikehidupan manusia dan makhluk hidup lain

**Daya tampung lingkungan** Kemampuan lingkungan hidup untuk menyerap zat, energi, dan/atau komponen lain yang masuk atau dimasukkan ke dalamnya

**Eksplotasi** Usaha manusia memanfaatkan sumber daya alam dengan semaksimal mungkin

**Fermentasi** Proses penguraian atau perombakan bahan organik yang dilakukan dalam kondisi tertentu oleh mikroorganisme fermentatif

**Hemoglobin** Keping darah di dalam eritrosit (sel darah merah)

**Herbisida** Zat yang digunakan untuk memberantas tumbuhan pengganggu

**Kanker** Penyakit mematikan yang disebabkan oleh proliferasi sel (pembelahan sel-sel yang begitu cepat dan tidak terkendali)

**Karbohidrat** Senyawa karbon dengan 6 atom C, merupakan hasil fotosintesis

**Konversi** Perubahan, mengubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain

**Mutasi gen** Perubahan pada gen atau kromosom dan bersifat menurun

**Panca Usaha Tani** 5 usaha di dalam intensifikasi pertanian, meliputi pemilihan bibit unggul, pemupukan, penanggulangan hama, panen, dan penanganan paska panen

an, penanggulangan hama, panen, dan penanganan paska panen

**Pestisida** Zat kimia pemberantas hama

**Plankton** Organisme yang berukuran sangat kecil dan hidup menempel atau melayang-layang di perairan. Ada yang berklorofil dan mampu berfotosintesis (disebut fitoplankton) dan adapula yang tidak berklorofil (disebut zooplankton)

**Populasi** Kumpulan organisme sejenis (satu spesies) dalam waktu dan tempat tertentu

**ppm (*part per million*)** Bagian per sejuta, artinya bahwa di dalam 1 juta bagian makhluk hidup, satu bagiannya adalah DDT

**Reboisasi** Penanaman hutan kembali

**Temperate (daerah 4 musim)** Daerah di belahan bumi utara, jauh dari khatulistiwa, dalam setahun memiliki 4 musim yaitu musim gugur, musim semi, musim dingin, dan musim panas

**Trofik** Tingkatan di dalam rantai makanan

**Tumor** Pembengkakan yang disebabkan oleh pertumbuhan sel yang tidak terkendali (kanker jinak)

**Tumpang sari** Sistem bertanam satu tanaman pokok yang diselingi dengan berbagai jenis palawija di sekitarnya. Misalnya menanam jagung, diselingi lombok, terong, dan tomat

**Zat organoklorin** Zat organik yang mengandung Chlor (Cl)

## ULANGAN HARIAN

### A Pilihlah jawaban yang paling tepat.

1. "Suatu kesatuan ruang, dengan semua benda, daya, keadaan dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya yang mempengaruhi kelangsungan hidup dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lainnya". Pengertian apakah itu?
  - a. Ekosistem.
  - b. Lingkungan.
  - c. Biosfer.
  - d. Keseimbangan lingkungan.
  - e. Permasalahan lingkungan.
2. Berbagai kerusakan lingkungan yang sering dilakukan manusia adalah ....
  - a. penebangan hutan dengan sistem tebang pilih
  - b. pemanfaatan lahan subur untuk pertanian
  - c. efek samping intensifikasi pertanian
  - d. reboisasi
  - e. daur ulang limbah

3. Yang bukan merupakan efek negatif intensifikasi pertanian terhadap lingkungan adalah ....
  - a. pencemaran oleh residu pestisida dan insektisida
  - b. munculnya jenis-jenis hama yang resisten
  - c. hilangnya jenis-jenis hayati akibat pertanian monokultur
  - d. *blooming* enceng gondok akibat eutrofikasi
  - e. konversi lahan menjadi pemukiman
4. Perubahan lingkungan yang murni akibat faktor alam adalah ....
  - a. kebakaran hutan
  - b. banjir
  - c. tanah longsor
  - d. kemarau panjang
  - e. letusan gunung berapi
5. Hilangnya keanekaragaman hayati, terjadi kabut asap, dan pemanasan global adalah beberapa dampak perubahan lingkungan akibat ....
  - a. kebakaran di hutan tropis
  - b. kebakaran di hutan 4 musim
  - c. penebangan hutan secara liar
  - d. konversi lahan subur untuk pemukiman
  - e. kemarau panjang
6. Suatu bahan disebut polutan apabila memiliki ciri-ciri ....
  - a. jumlahnya melebihi jumlah normal
  - b. jumlahnya di bawah nilai ambang batas
  - c. berada pada waktu dan tempat yang seharusnya
  - d. keberadaannya tidak merugikan
  - e. mengandung senyawa kimia
7. Di bawah ini adalah beberapa zat dan bahan pencemar.
 

1) bakteri	4) radiasi
2) sisa-sisa makanan	5) merkuri
3) virus	

Yang merupakan indikator adanya polutan biologi adalah ....

a. 1), 2), dan 3)	d. 1), 3), dan 4)
b. 1), 3), dan 5)	e. 3), 4), dan 5)
c. 2), 3), dan 4)	
8. Penyakit minamata adalah contoh akibat pencemaran air yang disebabkan oleh ....
  - a. ikan yang beracun
  - b. gangguan sistem syaraf
  - c. *thermal water waste*
  - d. pencemaran air raksa di perairan
  - e. industri yang didirikan di Teluk Minamata
9. Dampak negatif penggunaan DDT sebagai pestisida adalah ....
  - a. *blooming* pada alga dan enceng gondok
  - b. eutrofikasi di perairan
  - c. meluasnya distribusi serangga
  - d. munculnya jenis-jenis serangga resisten
  - e. matinya burung penguin di Antartika
10. Di suatu aliran sungai ditemukan cacing *Tubifex* sp. yang bergerombol, berwarna kemerah-merahan. Hal itu menunjukkan bahwa di sungai tersebut ....
  - a. tingkat pencemarannya rendah
  - b. tingkat pencemarannya tinggi
  - c. terjadi pencemaran oleh bahan organik
  - d. terjadi pencemaran oleh bahan anorganik
  - e. memiliki kadar BOD tinggi
11. Terjadinya hujan asam adalah efek pencemaran udara oleh ....
  - a. karbon monoksida (CO)
  - b. karbon dioksida (CO<sub>2</sub>)
  - c. gas H<sub>2</sub>S dan SO<sub>2</sub>
  - d. sulfur dioksida dan nitrogen dioksida
  - e. CFC atau *Chloro Fluoro Carbon*
12. Yang merupakan efek pemanasan global adalah ....
  - a. kabut asap
  - b. hujan asam
  - c. lubang pada lapisan ozon
  - d. mencairnya es di kutub
  - e. perubahan morfologi tumbuhan
13. Asap rokok menyebabkan pencemaran udara karena mengeluarkan gas hasil pembakaran berupa ....
 

a. SO <sub>2</sub>	d. SO
b. H <sub>2</sub> S	e. CH <sub>4</sub>
c. CO	

14. Terjadinya mutasi gen disebabkan oleh ....
  - a. residu pestisida di dalam tanah
  - b. penggunaan merkuri untuk memisahkan biji emas
  - c. bunyi yang intensitasnya di atas 50 dB
  - d. paparan radioaktif
  - e. penipisan lapisan ozon
15. Pencemaran tanah akibat limbah rumah tangga menyebabkan kematian mikroorganisme tanah. Dampak lebih lanjut dari pencemaran ini adalah ....
  - a. bakteri pengurai menjadi tergusur oleh dekomposer lain
  - b. tanah menjadi tandus dan kesuburannya menurun
  - c. korosi pada besi atau logam
  - d. kerusakan hutan, tanaman pertanian dan perkebunan
  - e. tanah mengalami erosi
16. Yang bukan merupakan usaha pemerintah mengelola lingkungan hidup adalah ....
  - a. undang-undang lingkungan hidup
  - b. kebijakan pembangunan berkelanjutan
  - c. pembangunan berwawasan lingkungan
  - d. Analisis Mengenai Dampak Lingkungan
  - e. kearifan lokal
17. Dalam menerapkan etika lingkungan perlu diperhatikan beberapa prinsip. Manakah yang bukan merupakan prinsip-prinsip etika lingkungan?
  - a. Manusia merupakan bagian dari lingkungan yang tidak terpisahkan sehingga perlu menyayangi semua kehidupan dan lingkungannya.
  - b. Manusia sebagai bagian dari lingkungan, hendaknya selalu berupaya menjaga kelestarian, keseimbangan, dan keindahan alam.
  - c. Kebijaksanaan dalam menggunakan sumber daya alam yang terbatas, termasuk bahan energi.
  - d. Lingkungan diciptakan untuk manusia, sehingga manusia bebas melakukan pemanfaatan sumber daya alam.
  - e. Ditetapkannya undang-undang sebagai bentuk kepedulian pemerintah terhadap lingkungan.
18. Limbah yang berasal dari bagian organisme dan dapat terurai secara alami disebut ....
  - a. limbah organik
  - b. limbah anorganik
  - c. bahan beracun
  - d. entropi
  - e. limbah rumah tangga
19. Berikut adalah beberapa proses daur ulang ulang:
  - 1) Pembuatan pupuk kompos
  - 2) Pembuatan biogas
  - 3) Pembuatan kertas daur ulang
 Yang menggunakan *effective microorganism* adalah ....
  - a. 1)
  - b. 2)
  - c. 3)
  - d. 1) dan 3)
  - e. 2) dan 3)
20. Pemanfaatan sampah rumah tangga berupa sayuran, daun-daun bekas atau bungkus makanan untuk makanan ternak merupakan ....
  - a. pemanfaatan secara langsung limbah organik
  - b. pemanfaatan secara langsung limbah anorganik
  - c. pemanfaatan tidak langsung limbah organik
  - d. pemanfaatan tidak langsung limbah anorganik
  - e. fermentasi limbah organik


**B Selesaikan soal-soal berikut dengan benar dan jelas.**


1. Jelaskan bagaimana upaya manusia dalam mengatasi dampak perubahan lingkungan.
2. Jelaskan terjadinya hujan asam. Apa dampak hujan asam bagi lingkungan?
3. Lingkungan hidup dalam pengertian ekologi tidak mengenal batas wilayah, baik wilayah negara maupun wilayah administratif. Jelaskan maksud pernyataan tersebut kaitannya dengan upaya pelestarian lingkungan di Indonesia.
4. Bagaimanakah peran kearifan lokal dalam menjaga kelestarian lingkungan?
5. Jelaskan cara-cara penanganan limbah.

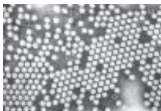



## A Pilihlah jawaban yang paling tepat.


1. Biologi memenuhi syarat disebut ilmu, yaitu ....
  - a. memiliki objek dan kajian
  - b. memiliki objek material dan objek formal
  - c. memiliki metode dan objek kajian
  - d. memiliki metode ilmiah
  - e. dikembangkan berdasarkan percobaan
2. Objek biologi dan permasalahannya pada berbagai tingkat organisasi kehidupan merupakan ....
  - a. ruang lingkup biologi
  - b. permasalahan biologi
  - c. peranan biologi
  - d. gejala-gejala biologi
  - e. syarat biologi sebagai ilmu
3. Organisme tempat hidup virus disebut ....
  - a. bakteriofage
  - b. hospes atau inang
  - c. hewan inang
  - d. tumbuhan inang
  - e. hospes perantara
4. Penyebab penyakit polio ditunjukkan oleh gambar ....
 

a. 

b. 

c. 

d. 

e. 
5. Organisme prokariotik berkembangbiak dengan ....
  - a. konjugasi
  - b. pembelahan biner


- c. transformasi
- d. transduksi
- e. pembelahan koloni


6. Perhatikan gambar berikut ....

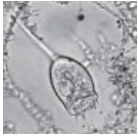



Gambar tersebut menunjukkan hasil aktivitas salah satu organisme prokariotik yang disebut ....

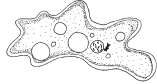
- a. *Agrobacterium tumefaciens*
  - b. *Rhizobium leguminosorum*
  - c. *Acetobacter xylinum*
  - d. *Stryptomycetes griceus*
  - e. *Bacillus thuringensis*
7. Protista termasuk makhluk hidup yang bersifat eukariotik karena ....
    - a. belum memiliki inti sel
    - b. belum memiliki membran inti sel
    - c. belum memiliki dinding sel
    - d. belum memiliki sitoplasma
    - e. belum memiliki mitokondria
  8. Protozoa yang tidak memiliki alat gerak adalah ....
 

a. 

b. 

c. 

d. 

e. 

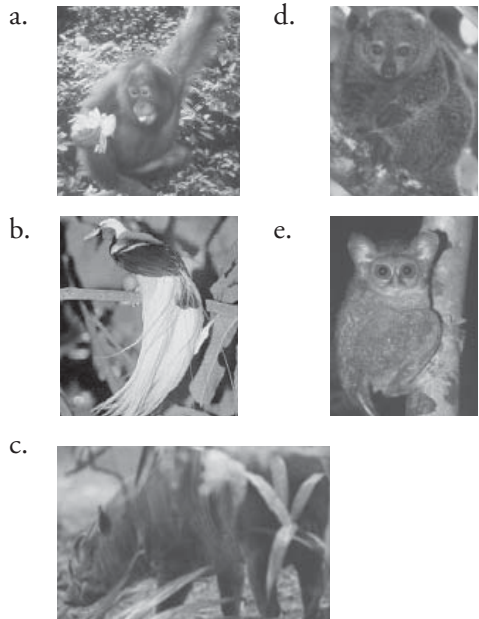
9. Ciri-ciri protista yang mirip jamur adalah ....
- heterotrof, dinding sel tersusun dari kitin, tidak berklorofil
  - heterotrof, dinding sel tersusun dari selulosa, berklorofil
  - autotrof, dinding sel tersusun dari kitin, berklorofil
  - autotrof, dinding sel tersusun dari selulosa, tidak berklorofil
  - autotrof, dinding sel tersusun dari kitin, tidak berklorofil
10. Contoh jamur uniseluler adalah ....
- Volvariella volvacea*
  - Auricularia polytricha*
  - Pilobolus* sp.
  - Saccharomyces cerevisiae*
  - Ustilago maydis*
11. Yang termasuk *dermatophytes* adalah ....
- Microsporum* sp.
  - Trichophyton* sp.
  - Candida albicans*
  - Candida albicans* dan *Microsporum* sp.
  - Trichophyton* sp. dan *Microsporum* sp.
12. Jamur yang menghasilkan enzim *selulose* adalah ....
- Penicillium camemberti*
  - Trichoderma* sp.
  - Rhizopus nigricans*
  - Aspergillus niger*
  - Saccharomyces cerevisiae*
13. Perhatikan gambar berikut.



Gambar tersebut menunjukkan adanya ....

- keanekaragaman gen
- keanekaragaman ekosistem
- keanekaragaman jenis
- keanekaragaman pohon
- keanekaragaman hayati

14. Keanekaragaman hayati Indonesia yang merupakan keanekaragaman tertinggi di dunia adalah ....
- eksosistem hutan hujan tropis
  - jenis-jenis tumbuhan yang khas
  - ekosistem hutan bakau
  - jenis-jenis hewan endemis
  - ekosistem terumbu karang
15. Yang merupakan hewan di wilayah *Wallacea* adalah ....



16. Ancaman keanekaragaman hayati yang paling kecil terjadi pada ....
- populasi yang kecil
  - hewan yang persebarannya terbatas
  - pemangsa puncak
  - megaherbivora
  - populasi yang dibudidayakan
17. Yang merupakan tumbuhan *Cryptogamae* adalah ....
- Bryopsida, Hepaticopsida, dan Dicotyledoneae
  - Hepaticopsida, Psilophyta, dan Lycophyta
  - Filicophyta, Anthocerotopsida, dan Monocotyledoneae
  - Bryopsida, Monoclamydae, dan Hepaticopsida
  - Arthropophyta, Angiospermae, dan Gymnospermae

18. Perhatikan gambar berikut.



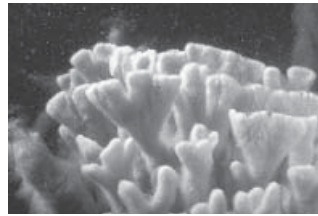
Gambar tersebut menunjukkan salah satu anggota Kingdom Plantae, termasuk dalam kelompok ....

- Filicophyta
  - Psilophyta
  - Lycophyta
  - Lepidophyta
  - Arthropophyta
19. Yang bukan merupakan ordo dari Kelas Coniferae adalah ....
- Araucariales
  - Podocarpaceae
  - Gnetales
  - Cupressales
  - Pinales
20. Berdasarkan alat kelaminnya, bunga Angiospermae dibedakan menjadi ....
- bunga lengkap dan bunga tidak lengkap
  - bunga lengkap dan bunga tidak sempurna
  - bunga sempurna dan bunga tidak lengkap
  - bunga sempurna dan bunga tidak sempurna
  - bunga lengkap dan bunga sempurna
21. Berikut adalah beberapa filum anggota Dunia Hewan.
- Porifera
  - Cnidaria (Coelenterata)
  - Platyhelminthes
  - Nemathelminthes
- Urutan yang benar berdasarkan tingkatannya dari yang paling primitif ke yang lebih maju adalah ....
- I, II, III, IV
  - IV, III, II, I
  - I, III, IV, II

d. III, IV, II, I

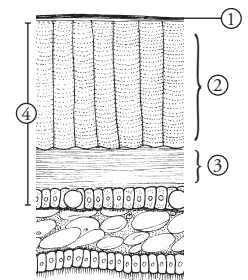
e. II, III, I, IV

22. Organisme pada gambar berikut menunjukkan anggota Filum ....



- Platyhelminthes
- Coelenterata
- Porifera
- Nemathelminthes
- Annelida

23. Perhatikan gambar berikut. Lapisan yang berfungsi membentuk mutiara ditunjukkan oleh nomor ....



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

24. Yang merupakan anggota Subkelas Diplopoda ditunjukkan oleh gambar ....

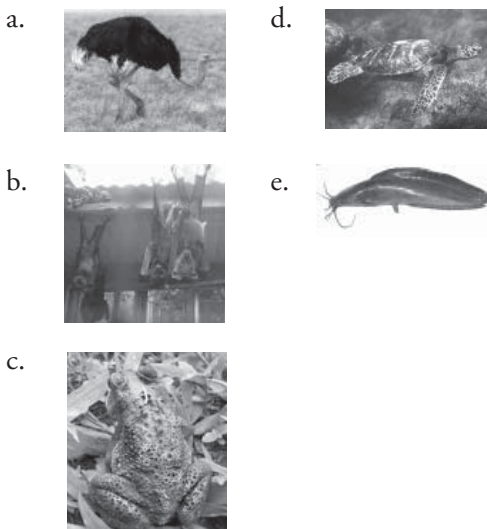
- 
- 
- 
- 
-

25. Agus menemukan hewan dengan sifat-sifat berikut
- 1) tubuhnya memanjang seperti cacing
  - 2) simetri bilateral, mulut dan anus terletak pada kedua ujung yang berlawanan
  - 3) tidak mempunyai lengan
  - 4) kulitnya lunak dan memiliki spikula.

Hewan tersebut adalah ....

- a. *Culcita* sp.
  - b. *Cucumaria* sp.
  - c. *Echinus* sp.
  - d. *Ophiopolis* sp.
  - e. *Holopus* sp.
26. Contoh ikan bertulang rawan adalah ....
- a. *Galeocerda* sp. dan *Dasyatis* sp.
  - b. *Clarias batrachus* dan *Chanos chanos*
  - c. *Galeocerda* sp. dan *Chanos chanos*
  - d. *Clarias batrachus* dan *Galeocerda* sp.
  - e. *Dasyatis* sp. dan *Chanos chanos*
27. Chordata merupakan kelompok hewan yang memiliki ....
- a. tubuh dan kaki bersegmen-segmen
  - b. tubuh tidak memiliki segmen, kulit berduri
  - c. rongga besar di tengah-tengah tubuhnya
  - d. chorda dorsalis yang memanjang
  - e. tubuh bersegmen seperti cincin

28. Anggota Mammalia ditunjukkan oleh gambar ....



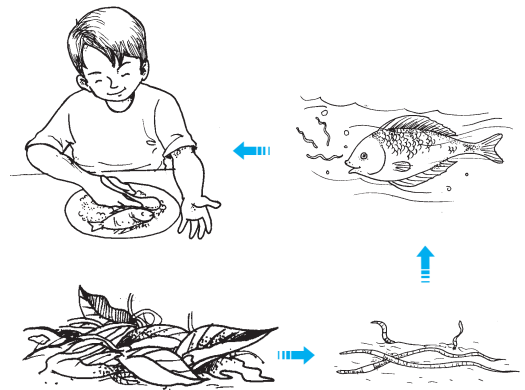
29. Konsumen dibedakan menjadi herbivora, karnivora, dan omnivora berdasarkan ....

- a. bentuk tubuhnya
- b. jenis makanannya
- c. struktur trofiknya
- d. sumber energinya
- e. bentuk simbiosisnya

30. Hubungan antara ikan hiu dengan ikan remora merupakan contoh ....

- a. simbiosis
- b. kompetisi
- c. simbiosis parasitisme
- d. simbiosis komensalisme
- e. simbiosis mutualisme

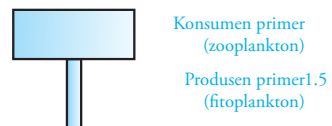
31. Perhatikan gambar berikut.



Yang ditunjuk oleh angka 1 adalah ....

- a. detritus sebagai tingkat trofik awal
- b. cacing tanah sebagai konsumen I
- c. ikan sebagai konsumen II
- d. manusia sebagai konsumen III
- e. detritus sebagai produsen

32. Perhatikan gambar berikut.



Gambar tersebut menunjukkan ....

- a. piramida makanan
- b. piramida ekologi
- c. piramida biomassa
- d. piramida energi
- e. piramida jumlah

33. Pernyataan yang paling tepat berkaitan dengan aliran energi adalah ....
  - a. aliran energi tidak terjadi di dalam rantai makanan
  - b. aliran energi disebut transformasi
  - c. energi bersiklus di dalam siklus biogeokimia
  - d. energi mengalir di dalam ekosistem
  - e. energi didaur di dalam ekosistem
34. Perombakan dan penguraian nitrogen organik kembali menjadi amonium yang disebut amonifikasi dilakukan oleh ....
  - a. tumbuhan sebagai produsen
  - b. konsumen yaitu hewan
  - c. virus dan bakteri
  - d. bakteri dan jamur pengurai
  - e. detritus dan dekomposer
35. Perubahan lingkungan yang tidak disebabkan oleh manusia adalah ....
  - a. kemarau panjang
  - b. penebangan hutan secara liar
  - c. konversi lahan subur menjadi pemukiman
  - d. efek samping intensifikasi pertanian
  - e. kebakaran hutan
36. Pertanian monokultur dapat menyebabkan gangguan lingkungan karena ....
  - a. mencukupi kebutuhan pangan
  - b. meningkatkan keanekaragaman hayati
  - c. menyebabkan terjadinya ledakan hama
  - d. menimbulkan hama yang resisten
  - e. meningkatkan pemakaian sumber daya lahan
37. Penyakit minamata terjadi akibat ....
  - a. pencemaran DDT
  - b. Pencemaran zat radioaktif
  - c. pencemaran logam merkuri
  - d. pencemaran limbah pertanian
  - e. Pencemaran panas
38. Peningkatan kadar CO<sub>2</sub> di udara dapat menimbulkan ....
  - a. mencairnya es di kutub
  - b. gangguan gelombang radio
  - c. hujan asam
  - d. menipisnya lapisan ozon
  - e. efek rumah kaca
39. Sasaran pengelolaan lingkungan hidup antara lain ....
  - a. tercapainya kepentingan para pengelola lingkungan hidup
  - b. terkendalinya pemanfaatan sumber daya secara bijaksana
  - c. terwujudnya manusia yang mampu mengeksploitasi lingkungan hidup
  - d. terjaminnya kepentingan generasi masa kini
  - e. terpenuhinya semua kepentingan manusia akan lingkungan hidup
40. Yang merupakan pemanfaatan limbah organik secara langsung adalah ....
  - a. sampah sebagai makanan ternak
  - b. pembuatan pupuk kompos
  - c. pembuatan biogas (gas bio)
  - d. pembuatan kertas daur ulang
  - e. daur ulang sampah plastik

**B Selesaikan soal-soal berikut dengan benar dan jelas.**

1. Apakah biologi itu? Sebutkan peranannya dalam kehidupan.
2. Jelaskan replikasi pada virus.
3. Bandingkan bakteri gram-positif dengan bakteri gram-negatif.
4. Sebutkan 3 jenis anggota Protozoa yang menguntungkan dan merugikan.
5. Bedakan anggota Kingdom Fungi yang termasuk Divisi Zygomycotina, Divisi Ascomycotina, Divisi Basidiomycotina, dan Divisi Deuteromycotina.
6. Jelaskan peranan jamur yang berkaitan dengan dunia kesehatan. Berikan contoh spesiesnya.
7. Apakah yang dimaksud jenis-jenis endemis? Berikan contohnya yang ada di Indonesia.
8. Jelaskan pengertian klasifikasi dan tingkatan klasifikasi makhluk hidup dengan contohnya pada tumbuhan.

9. Bandingkan ciri-ciri tumbuhan yang termasuk kelompok tumbuhan lumut, kelompok tumbuhan paku, dan kelompok tumbuhan berbiji.
10. Jelaskan peranan tumbuhan lumut di ekosistem.
11. Anggota Kelas Hydrozoa mempunyai bentuk tubuh polip dan medusa. Bedakan kedua bentuk tersebut dan apa pengaruhnya terhadap tipe hidupnya.
12. *Taenia solium* dan *Taenia saginata* adalah anggota Kelas Cestoda. Bagaimana perbedaan kedua spesies tersebut? Jelaskan.
13. Sebutkan 2 jenis anggota Kingdom Animalia yang melakukan metamorfosis sempurna. Jelaskan dengan gambar.
14. Jelaskan peranan anggota Kingdom Animalia sebagai model penelitian biologi.
15. Jelaskan pengertian ekosistem dan pola-pola interaksi yang terjadi di dalamnya.
16. Bedakan rantai makanan dan jaring-jaring makanan. Buatlah skemanya.
17. Di dalam daur biogeokimia peran mikroorganisme sangat besar. Jelaskan.
18. Jelaskan pengertian pencemaran lingkungan dan macamnya.
19. Apa pentingnya penerapan etika lingkungan? Jelaskan prinsip-prinsip penerapannya.
20. Bedakan penanganan limbah melalui *re-use* dan *recycle*. Berikan contohnya.