

1. Pendahuluan

a. Ruang Lingkup Ekologi

Ekologi berasal dari bahasa Yunani, yang terdiri dari dua kata, yaitu ***oikos*** yang artinya *rumah* atau *tempat hidup*, dan ***logos*** yang berarti *ilmu*. Ekologi diartikan sebagai ilmu yang mempelajari baik interaksi antar makhluk hidup maupun interaksi antara makhluk hidup dan lingkungannya (lihat Gambar 6. 1).

Dalam ekologi, kita mempelajari makhluk hidup sebagai kesatuan atau sistem dengan lingkungannya. Definisi ekologi seperti di atas, pertama kali disampaikan oleh *Ernest Haeckel* (zoolog Jerman, 1834-1914).

Ekologi adalah cabang ilmu biologi yang banyak memanfaatkan informasi dari berbagai ilmu pengetahuan lain, seperti: kimia, fisika, geologi, dan klimatologi untuk pembahasannya. Penerapan ekologi di bidang pertanian dan perkebunan di antaranya adalah penggunaan kontrol biologi untuk pengendalian populasi hama guna meningkatkan produktivitas.

Ekologi berkepentingan dalam menyelidiki interaksi organisme dengan lingkungannya. Pengamatan ini bertujuan untuk menemukan prinsip-prinsip yang terkandung dalam hubungan timbal balik tersebut.

Dalam studi ekologi digunakan metoda pendekatan secara menyeluruh pada komponen-komponen yang berkaitan dalam suatu sistem. Ruang lingkup ekologi berkisar pada tingkat populasi, komunitas, dan ekosistem.

b. Perbedaan Ekologi dan Ekosistem

Antara komunitas dan lingkungannya selalu terjadi interaksi. Interaksi ini menciptakan kesatuan ekologi yang disebut ekosistem. Komponen penyusun ekosistem adalah produsen (tumbuhan hijau), konsumen (herbivora, karnivora, dan omnivora), dan dekomposer/pengurai (mikroorganisme).

Faktor Abiotik

Faktor abiotik adalah faktor tak hidup yang meliputi faktor fisik dan kimia. Faktor fisik utama yang mempengaruhi ekosistem adalah sebagai berikut.

a. Suhu

Suhu berpengaruh terhadap ekosistem karena suhu merupakan syarat yang diperlukan organisme untuk hidup. Ada jenis-jenis organisme yang hanya dapat hidup pada kisaran suhu tertentu.

b. Sinar matahari

Sinar matahari mempengaruhi ekosistem secara global karena matahari menentukan suhu. Sinar matahari juga merupakan unsur vital yang dibutuhkan oleh tumbuhan sebagai produsen untuk berfotosintesis.

c. Air

Air berpengaruh terhadap ekosistem karena air dibutuhkan untuk kelangsungan hidup organisme. Bagi tumbuhan, air diperlukan dalam pertumbuhan, perkecambahannya, dan penyebaran biji; bagi hewan dan manusia, air diperlukan sebagai air minum dan sarana hidup lain, misalnya transportasi bagi manusia, dan tempat hidup bagi ikan. Bagi unsur abiotik lain, misalnya tanah dan batuan, air diperlukan sebagai pelarut dan pelapuk.

d. Tanah

Tanah merupakan tempat hidup bagi organisme. Jenis tanah yang berbeda menyebabkan organisme yang hidup didalamnya juga berbeda. Tanah juga menyediakan unsur-unsur penting bagi pertumbuhan organisme, terutama tumbuhan.

e. Ketinggian

Ketinggian tempat menentukan jenis organisme yang hidup di tempat tersebut, karena ketinggian yang berbeda akan menghasilkan kondisi fisik dan kimia yang berbeda.

f. Angin

Angin selain berperan dalam menentukan kelembapan juga berperan dalam penyebaran biji tumbuhan tertentu.

g. Garis lintang

Garis lintang yang berbeda menunjukkan kondisi lingkungan yang berbeda pula. Garis lintang secara tak langsung menyebabkan perbedaan distribusi organisme di permukaan bumi. Ada organisme yang mampu hidup pada garis lintang tertentu saja.

c. Asas-asas Ekosistem

Interaksi antarkomponen ekologi dapat merupakan interaksi antarorganisme, antarpopulasi, dan antarkomunitas.

A. Interaksi antar organisme

Semua makhluk hidup selalu bergantung kepada makhluk hidup yang lain. Tiap individu akan selalu berhubungan dengan individu lain yang sejenis atau lain jenis, baik individu dalam satu populasinya atau individu-individu dari populasi lain. Interaksi demikian banyak kita lihat di sekitar kita. Interaksi antar organisme dalam komunitas ada yang sangat erat dan ada yang kurang erat. Interaksi antarorganisme dapat dikategorikan sebagai berikut.

a. Netral

Hubungan tidak saling mengganggu antarorganisme dalam habitat yang sama yang bersifat tidak menguntungkan dan tidak merugikan kedua belah pihak, disebut netral. Contohnya : antara capung dan sapi.

b. Predasi

Predasi adalah hubungan antara mangsa dan pemangsa (predator). Hubungan ini sangat erat sebab tanpa mangsa, predator tak dapat hidup. Sebaliknya, predator juga berfungsi sebagai pengontrol populasi mangsa. Contoh : Singa dengan mangsanya, yaitu kijang, rusa, dan burung hantu dengan tikus.

c. Parasitisme

Parasitisme adalah hubungan antarorganisme yang berbeda spesies, bilasalah satu organisme hidup pada organisme lain dan mengambil makanan dari hospes/inangnya sehingga bersifat merugikan inangnya. contoh : *Plasmodium* dengan manusia, *Taeniasaginata* dengan sapi, dan benalu dengan pohon inang. Perhatikan Gambar 6.15

d. Komensalisme

Komensalisme merupakan hubungan antara dua organisme yang berbeda spesies dalam bentuk kehidupan bersama untuk berbagi sumber makanan; salah satu spesies diuntungkan dan spesies lainnya tidak dirugikan. Contohnya anggrek dengan pohon yang ditumpanginya.

e. Mutualisme

Mutualisme adalah hubungan antara dua organisme yang berbeda spesies yang saling menguntungkan kedua belah pihak. Contoh, bakteri *Rhizobium* yang hidup pada bintil akar kacang-kacangan.

B. Interaksi Antarpopulasi

Antara populasi yang satu dengan populasi lain selalu terjadi interaksi secara langsung atau tidak langsung dalam komunitasnya. Contoh interaksi antarpopulasi adalah sebagai berikut.

Alelopati merupakan interaksi antarpopulasi, bila populasi yang satu menghasilkan zat yang dapat menghalangi tumbuhnya populasi lain. Contohnya, di sekitar pohon walnut (*Juglans*) jarang ditumbuhi tumbuhan lain karena tumbuhan ini menghasilkan zat yang bersifat toksik. Pada mikroorganisme istilah alelopati dikenal sebagai *anabiosa*. Contoh, jamur *Penicillium sp.* dapat menghasilkan antibiotika yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri tertentu.

Kompetisi merupakan interaksi antarpopulasi, bila antarpopulasi terdapat kepentingan yang sama sehingga terjadi persaingan untuk mendapatkan apa yang diperlukan. Contoh, persaingan antara populasi kambing dengan populasi sapi di padang rumput.

C. Interaksi Antar Komunitas

Komunitas adalah kumpulan populasi yang berbeda di suatu daerah yang sama dan saling berinteraksi. Contoh komunitas, misalnya komunitas sawah dan sungai. Komunitas sawah disusun oleh bermacam-macam organisme, misalnya padi, belalang, burung, ular, dan gulma. Komunitas sungai terdiri

dari ikan, ganggang, zooplankton, fitoplankton, dan dekomposer. Antara komunitas sungai dan sawah terjadi interaksi dalam bentuk peredaran nutrisi dari air sungai ke sawah dan peredaran organisme hidup dari kedua komunitas tersebut.

Interaksi antarkomunitas cukup kompleks karena tidak hanya melibatkan organisme, tapi juga aliran energi dan makanan. Interaksi antarkomunitas dapat kita amati, misalnya pada daur karbon. Daur karbon melibatkan ekosistem yang berbeda misalnya laut dan darat. Lihat Gambar 6.16.

D. Interaksi Antarkomponen Biotik dengan Abiotik

Interaksi antara komponen biotik dengan abiotik membentuk ekosistem. Hubungan antara organisme dengan lingkungannya menyebabkan terjadinya aliran energi dalam sistem itu. Selain aliran energi, di dalam ekosistem terdapat juga struktur atau tingkat trofik, keanekaragaman biotik, serta siklus materi.

Dengan adanya interaksi-interaksi tersebut, suatu ekosistem dapat mempertahankan keseimbangannya. Pengaturan untuk menjamin terjadinya keseimbangan ini merupakan ciri khas suatu ekosistem. Apabila keseimbangan ini tidak diperoleh maka akan mendorong terjadinya dinamika perubahan ekosistem untuk mencapai keseimbangan baru.

Adanya perubahan-perubahan pada populasi mendorong perubahan pada komunitas. Perubahan-perubahan yang terjadi menyebabkan ekosistem berubah. Perubahan ekosistem akan berakhir setelah terjadi keseimbangan ekosistem. Keadaan ini merupakan klimaks dari ekosistem. Apabila pada kondisi seimbang datang gangguan dari luar, keseimbangan ini dapat berubah, dan perubahan yang terjadi akan selalu mendorong terbentuknya keseimbangan baru.

Rangkaian perubahan mulai dari ekosistem tanaman perintis sampai mencapai ekosistem klimaks disebut suksesi. Terjadinya suksesi dapat kita amati pada daerah yang baru saja mengalami letusan gunung berapi. Rangkaian suksesinya sebagai berikut.

Mula-mula daerah tersebut gersang dan tandus. Setelah beberapa saat tanah akan ditumbuhi oleh tumbuhan perintis, misalnya lumut kerak. Tumbuhan perintis ini akan menggemburkan tanah, sehingga tanah dapat ditumbuhi rumput-rumputan yang tahan kekeringan. Setelah rumput-rumput ini tumbuh dengan subur, tanah akan makin gembur karena akar-akar rumput dapat menembus dan melapukan tanah, juga karena rumput yang mati akan mengundang datangnya dekomposer (pengurai) untuk menguraikan sisa tumbuhan yang mati. Dengan semakin subur dan gemburnya tanah maka biji-biji semak yang terbawa dari luar daerah itu akan tumbuh, sehingga proses pelapukan akan semakin banyak. Dengan makin gemburnya tanah, pohon-pohon akan mulai tumbuh. Kehadiran pohon-pohon akan mendesak kehidupan rumput dan semak sehingga akhirnya tanah akan didominasi oleh pepohonan. Sejalan dengan perubahan vegetasi, hewan-hewan yang

menghuni daerah tersebut juga mengalami perubahan tergantung pada perubahan jenis vegetasi yang ada. Ada hewan yang datang dan ada hewan yang pergi. Komunitas klimaks yang terbentuk dapat berupa komunitas yang homogen, tapi dapat juga komunitas yang heterogen. Contoh komunitas klimaks homogen adalah hutan pinus, hutan jati. Contoh komunitas klimaks yang heterogen misalnya hutan hujan tropis.

2. Daur Unsur-unsur Kimia

a. Siklus Unsur Hara

b. Konsep Produktivitas dan Rantai Makanan

Suatu organisme hidup akan selalu membutuhkan organisme lain dan lingkungan hidupnya. Hubungan yang terjadi antara individu dengan lingkungannya sangat kompleks, bersifat saling mempengaruhi atau timbal balik. Hubungan timbal balik antara unsur-unsur hayati dengan nonhayati membentuk sistem ekologi yang disebut ekosistem. Di dalam ekosistem terjadi rantai makanan, aliran energi, dan siklus biogeokimia.

Rantai makanan adalah pengalihan energi dari sumbernya dalam tumbuhan melalui sederetan organisme yang makan dan yang dimakan. Para ilmuwan ekologi mengenal tiga macam rantai pokok, yaitu rantai pemangsa, rantai parasit, dan rantai saprofit.

1. Rantai Pemangsa

Rantai pemangsa landasan utamanya adalah tumbuhan hijau sebagai produsen. Rantai pemangsa dimulai dari hewan yang bersifat herbivora sebagai konsumen I, dilanjutkan dengan hewan karnivora yang memangsa herbivora sebagai konsumen ke-2 dan berakhir pada hewan pemangsa karnivora maupun herbivora sebagai konsumen ke-3.

2. Rantai Parasit

Rantai parasit dimulai dari organisme besar hingga organisme yang hidup sebagai parasit. Contoh organisme parasit antara lain cacing, bakteri, dan benalu.

3. Rantai Saprofit

Rantai saprofit dimulai dari organisme mati ke jasad pengurai. Misalnya jamur dan bakteri. Rantai-rantai di atas tidak berdiri sendiri tapi saling berkaitan satu dengan lainnya sehingga membentuk faring-faring makanan.

4. Rantai Makanan dan Tingkat Trofik

Salah satu cara suatu komunitas berinteraksi adalah dengan peristiwa makan dan dimakan, sehingga terjadi pemindahan energi, elemen kimia, dan komponen lain dari satu bentuk ke bentuk lain di sepanjang rantai makanan.

Organisme dalam kelompok ekologis yang terlibat dalam rantai makanan digolongkan dalam tingkat-tingkat trofik. Tingkat trofik tersusun dari seluruh

organisme pada rantai makanan yang bernomor sama dalam tingkat memakan.

Sumber asal energi adalah matahari. Tumbuhan yang menghasilkan gula lewat proses fotosintesis hanya memakai energi matahari dan CO₂ dari udara. Oleh karena itu, tumbuhan tersebut digolongkan dalam tingkat trofik pertama. Hewan herbivora atau organisme yang memakan tumbuhan termasuk anggota tingkat trofik kedua. Karnivora yang secara langsung memakan herbivora termasuk tingkat trofik ketiga, sedangkan karnivora yang memakan karnivora di tingkat trofik tiga termasuk dalam anggota tingkat trofik keempat.

5. Piramida Ekologi

Struktur trofik pada ekosistem dapat disajikan dalam bentuk piramida ekologi. Ada 3 jenis piramida ekologi, yaitu piramida jumlah, piramida biomassa, dan piramida energi.

a. Piramida jumlah

Organisme dengan tingkat trofik masing - masing dapat disajikan dalam piramida jumlah, seperti kita Organisme di tingkat trofik pertama biasanya paling melimpah, sedangkan organisme di tingkat trofik kedua, ketiga, dan selanjutnya makin berkurang. Dapat dikatakan bahwa pada kebanyakan komunitas normal, jumlah tumbuhan selalu lebih banyak daripada organisme herbivora. Demikian pula jumlah herbivora selalu lebih banyak daripada jumlah karnivora tingkat 1. Karnivora tingkat 1 juga selalu lebih banyak daripada karnivora tingkat 2. Piramida jumlah ini di dasarkan atas jumlah organisme di tiap tingkat trofik.

b. Piramida biomassa

Seringkali piramida jumlah yang sederhana kurang membantu dalam memperagakan aliran energi dalam ekosistem. Penggambaran yang lebih realistis dapat disajikan dengan piramida biomassa. Biomassa adalah ukuran berat materi hidup di waktu tertentu. Untuk mengukur biomassa di tiap tingkat trofik maka rata-rata berat organisme di tiap tingkat harus diukur kemudian barulah jumlah organisme di tiap tingkat diperkirakan.

Piramida biomassa berfungsi menggambarkan perpaduan massa seluruh organisme di habitat tertentu, dan diukur dalam gram.

Untuk menghindari kerusakan habitat maka biasanya hanya diambil sedikit sampel dan diukur, kemudian total seluruh biomassa dihitung. Dengan pengukuran seperti ini akan didapat informasi yang lebih akurat tentang apa yang terjadi pada ekosistem.

c. Piramida energi

Seringkali piramida biomassa tidak selalu memberi informasi yang kita butuhkan tentang ekosistem tertentu. Lain dengan Piramida energi yang dibuat berdasarkan observasi yang dilakukan dalam waktu yang lama.

Piramida energi mampu memberikan gambaran paling akurat tentang aliran energi dalam ekosistem.

Pada piramida energi terjadi penurunan sejumlah energi berturut-turut yang tersedia di tiap tingkat trofik. Berkurangnya energi yang terjadi di setiap trofik terjadi karena hal-hal berikut.

1. Hanya sejumlah makanan tertentu yang ditangkap dan dimakan oleh tingkat trofik selanjutnya.
 2. Beberapa makanan yang dimakan tidak bisa dicernakan dan dikeluarkan sebagai sampah.
 3. Hanya sebagian makanan yang dicerna menjadi bagian dari tubuh organisme, sedangkan sisanya digunakan sebagai sumber energi.
3. Hubungan antara Makhluk Hidup dan Lingkungan
4. Dasar-dasar Prinsip Energi dalam Ekosistem

Energi dapat diartikan sebagai kemampuan untuk melakukan kerja. Energi diperoleh organisme dari makanan yang dikonsumsi dan dipergunakan untuk aktivitas hidupnya.

Cahaya matahari merupakan sumber energi utama kehidupan. Tumbuhan berklorofil memanfaatkan cahaya matahari untuk berfotosintesis. Organisme yang menggunakan energi cahaya untuk merubah zat anorganik menjadi zat organik disebut *kemoautotrof*. Organisme yang menggunakan energi yang didapat dari reaksi kimia untuk membuat makanan disebut kemoautotrof.

Energi yang tersimpan dalam makanan inilah yang digunakan oleh konsumen untuk aktivitas hidupnya. Pembebasan energi yang tersimpan dalam makanan dilakukan dengan cara oksidasi (respirasi).

Golongan organisme autotrof merupakan makanan penting bagi organisme heterotrof, yaitu organisme yang tidak dapat membuat makanan sendiri misalnya manusia, hewan, dan bakteri tertentu. Makanan organisme heterotrof berupa bahan organik yang sudah jadi.

Aliran energi merupakan rangkaian urutan pemindahan bentuk energi satu ke bentuk energi yang lain dimulai dari sinar matahari lalu ke produsen, konsumen primer, konsumen tingkat tinggi, sampai ke saproba di dalam tanah. Siklus ini berlangsung dalam ekosistem.

Materi yang menyusun tubuh organisme berasal dari bumi. Materi yang berupa unsur-unsur terdapat dalam senyawa kimia yang merupakan materi dasar makhluk hidup dan tak hidup.

Siklus biogeokimia atau siklus organikanorganik adalah siklus unsur atau senyawa kimia yang mengalir dari komponen abiotik ke biotik dan kembali lagi ke komponen abiotik. Siklus unsur-unsur tersebut tidak hanya melalui organisme, tetapi juga melibatkan reaksi-reaksi kimia dalam lingkungan abiotik sehingga disebut siklus biogeokimia.

Siklus-siklus tersebut antara lain: siklus air, siklus oksigen, siklus karbon, siklus nitrogen, dan siklus sulfur. Di sini hanya akan dibahas 3 macam siklus, yaitu siklus nitrogen, siklus fosfor, dan siklus karbon.

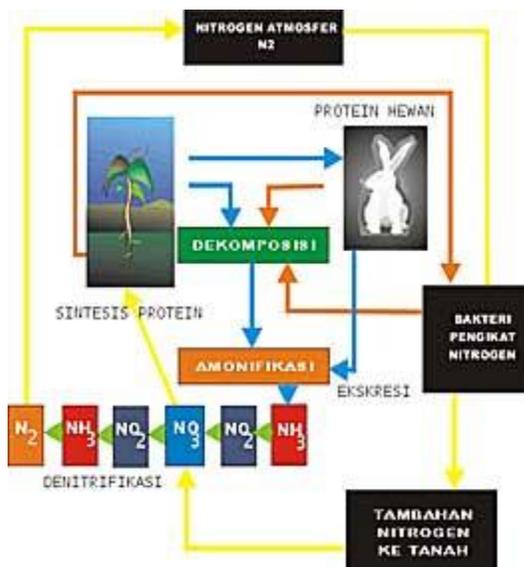
1. Siklus Nitrogen (N₂)

Gas nitrogen banyak terdapat di atmosfer, yaitu 80% dari udara. Nitrogen bebas dapat ditambah/difiksasi terutama oleh tumbuhan yang berbintil akar (misalnya jenis polongan) dan beberapa jenis ganggang. Nitrogen bebas juga dapat bereaksi dengan hidrogen atau oksigen dengan bantuan kilat/ petir.

Tumbuhan memperoleh nitrogen dari dalam tanah berupa amonia (NH₃), ion nitrit (NO₂⁻), dan ion nitrat (NO₃⁻).

Beberapa bakteri yang dapat menambat nitrogen terdapat pada akar Legum dan akar tumbuhan lain, misalnya *Marsiella crenata*. Selain itu, terdapat bakteri dalam tanah yang dapat mengikat nitrogen secara langsung, yakni *Azotobacter sp.* yang bersifat aerob dan *Clostridium sp.* yang bersifat anaerob. *Nostoc sp.* dan *Anabaena sp.* (ganggang biru) juga mampu menambat nitrogen.

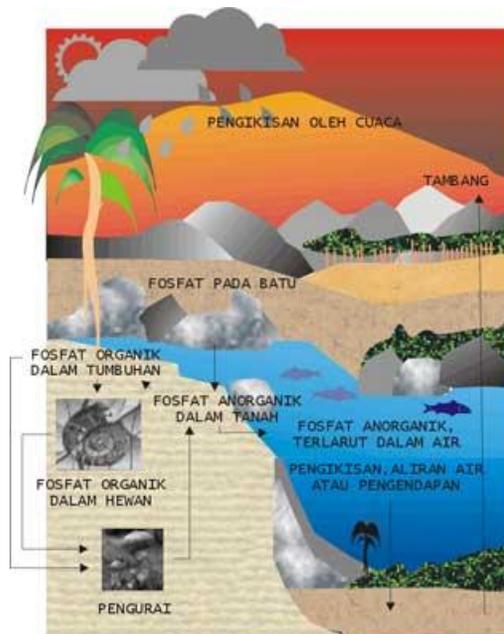
Nitrogen yang diikat biasanya dalam bentuk amonia. Amonia diperoleh dari hasil penguraian jaringan yang mati oleh bakteri. Amonia ini akan dinitrifikasi oleh bakteri nitrit, yaitu *Nitrosomonas* dan *Nitrosococcus* sehingga menghasilkan nitrat yang akan diserap oleh akar tumbuhan. Selanjutnya oleh bakteri denitrifikasi, nitrat diubah menjadi amonia kembali, dan amonia diubah menjadi nitrogen yang dilepaskan ke udara. Dengan cara ini siklus nitrogen akan berulang dalam ekosistem. Lihat Gambar.



2. Siklus Fosfor

Di alam, fosfor terdapat dalam dua bentuk, yaitu senyawa fosfat organik (pada tumbuhan dan hewan) dan senyawa fosfat anorganik (pada air dan tanah).

Fosfat organik dari hewan dan tumbuhan yang mati diuraikan oleh dekomposer (pengurai) menjadi fosfat anorganik. Fosfat anorganik yang terlarut di air tanah atau air laut akan terkikis dan mengendap di sedimen laut. Oleh karena itu, fosfat banyak terdapat di batu karang dan fosil. Fosfat dari batu dan fosil terkikis dan membentuk fosfat anorganik terlarut di air tanah dan laut. Fosfat anorganik ini kemudian akan diserap oleh akar tumbuhan lagi. Siklus ini berulang terus menerus. Lihat Gambar



Gbr. Siklus Fosfor di Alam

3. Siklus Karbon dan Oksigen

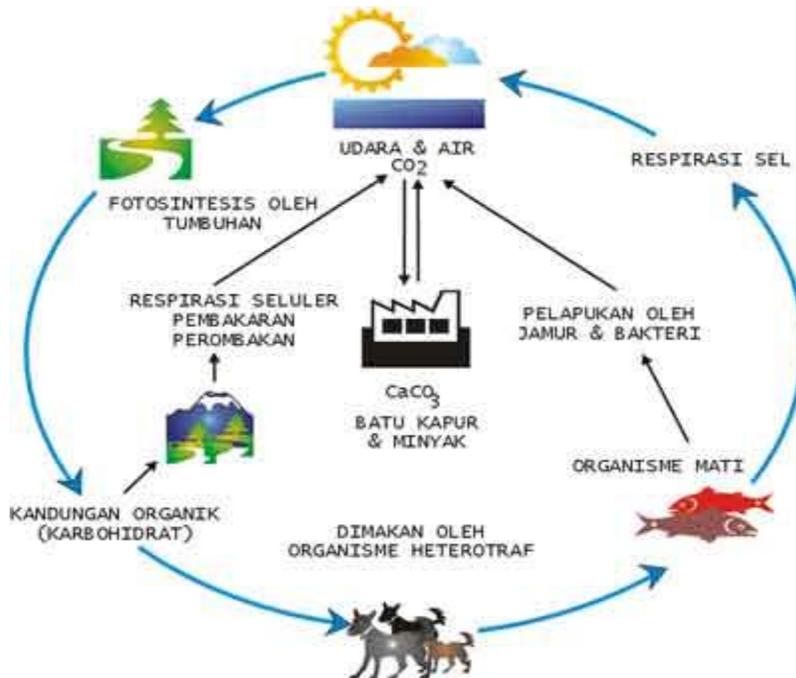
Di atmosfer terdapat kandungan CO₂ sebanyak 0.03%. Sumber-sumber CO₂ di udara berasal dari respirasi manusia dan hewan, erupsi vulkanik, pembakaran batubara, dan asap pabrik.

Karbon dioksida di udara dimanfaatkan oleh tumbuhan untuk berfotosintesis dan menghasilkan oksigen yang nantinya akan digunakan oleh manusia dan hewan untuk berespirasi.

Hewan dan tumbuhan yang mati, dalam waktu yang lama akan membentuk batubara di dalam tanah. Batubara akan dimanfaatkan lagi sebagai bahan bakar yang juga menambah kadar CO₂ di udara.

Di ekosistem air, pertukaran CO₂ dengan atmosfer berjalan secara tidak langsung. Karbon dioksida berikatan dengan air membentuk asam karbonat yang akan terurai menjadi ion bikarbonat. Bikarbonat adalah sumber karbon bagi alga yang memproduksi makanan untuk diri mereka sendiri dan organisme heterotrof lain. Sebaliknya, saat organisme air berespirasi, CO₂

yang mereka keluarkan menjadi bikarbonat. Jumlah bikarbonat dalam air adalah seimbang dengan jumlah CO₂ di air. Lihat Gambar



SUKSESI

Komunitas yang terdiri dari berbagai populasi bersifat dinamis dalam interaksinya yang berarti dalam ekosistem mengalami perubahan sepanjang masa. Perkembangan ekosistem menuju kedewasaan dan keseimbangan dikenal sebagai *suksesi ekologis* atau *suksesi*.

Suksesi terjadi sebagai akibat dari modifikasi lingkungan fisik dalam komunitas atau ekosistem. Proses suksesi berakhir dengan sebuah komunitas atau *ekosistem klimaks* atau telah tercapai keadaan seimbang (*homeostatis*).

Di alam ini terdapat dua macam suksesi, yaitu suksesi primer dan suksesi sekunder.

1. Suksesi primer

Suksesi primer terjadi bila komunitas asal terganggu. Gangguan ini mengakibatkan hilangnya komunitas asal tersebut secara total sehingga di tempat komunitas asal terbentuk habitat baru. Gangguan ini dapat terjadi secara alami, misalnya tanah longsor, letusan gunung berapi, endapan Lumpur yang baru di muara sungai, dan endapan pasir di pantai. Gangguan dapat pula karena perbuatan manusia misalnya penambangan timah, batubara, dan minyak bumi. Contoh yang terdapat di Indonesia adalah terbentuknya suksesi di Gunung Krakatau yang pernah meletus pada tahun

1883. Di daerah bekas letusan gunung Krakatau mula-mula muncul pioner berupa lumut kerak (liken) serta tumbuhan lumut yang tahan terhadap penyinaran matahari dan kekeringan. Tumbuhan perintis itu mulai mengadakan pelapukan pada daerah permukaan lahan, sehingga terbentuk tanah sederhana. Bila tumbuhan perintis mati maka akan mengundang datangnya pengurai. Zat yang terbentuk karna aktivitas penguraian bercampur dengan hasil pelapukan lahan membentuk tanah yang lebih kompleks susunannya. Dengan adanya tanah ini, biji yang datang dari luar daerah dapat tumbuh dengan subur. Kemudian rumput yang tahan kekeringan tumbuh. Bersamaan dengan itu tumbuhan herba pun tumbuh menggantikan tanaman pioner dengan menaunginya. Kondisi demikian tidak menjadikan pioner subur tapi sebaliknya.

Sementara itu, rumput dan belukar dengan akarnya yang kuat terns mengadakan pelapukan lahan. Bagian tumbuhan yang mati diuraikan oleh jamur sehingga keadaan tanah menjadi lebih tebal. Kemudian semak tumbuh. Tumbuhan semak menaungi rumput dan belukar maka terjadilah kompetisi. Lama kelamaan semak menjadi dominan kemudian pohon mendesak tumbuhan belukar sehingga terbentuklah hutan. Saat itulah ekosistem disebut mencapai kesetimbangan atau dikatakan ekosistem mencapai klimaks, yakni perubahan yang terjadi sangat kecil sehingga tidak banyak mengubah ekosistem itu. Lihat Gambar 7.11.

2. Suksesi Sekunder

Suksesi sekunder terjadi bila suatu komunitas mengalami gangguan, baik secara alami maupun buatan. Gangguan tersebut tidak merusak total tempat tumbuh organisme sehingga dalam komunitas tersebut substrat lama dan kehidupan masih ada. Contohnya, gangguan alami misalnya banjir, gelombang taut, kebakaran, angin kencang, dan gangguan buatan seperti penebangan hutan dan pembakaran padang rumput dengan sengaja.

Contoh komunitas yang menimbulkan suksesi di Indonesia antara lain tegalan-tegalan, padang alang-alang, belukar bekas ladang, dan kebun karet yang ditinggalkan tak terurus. Lihat Gambar 7.12.

Ekosistem merupakan suatu interaksi yang kompleks dan memiliki penyusun yang beragam. Di bumi ada bermacam-macam ekosistem.

1. Susunan Ekosistem

Dilihat dari susunan dan fungsinya, suatu ekosistem tersusun atas komponen sebagai berikut.

a. Komponen autotrof (Auto = sendiri dan *trophikos* = menyediakan makan). Autotrof adalah organisme yang mampu menyediakan/mensintesis makanan sendiri yang berupa bahan organik dari bahan anorganik dengan bantuan energi seperti matahari dan kimia. Komponen autotrof berfungsi sebagai produsen, contohnya tumbuh-tumbuhan hijau.

b. Komponen heterotrof (*Heteros* = berbeda, *trophikos* = makanan). Heterotrof merupakan organisme yang memanfaatkan bahan-bahan organik

sebagai makanannya dan bahan tersebut disediakan oleh organisme lain. Yang tergolong heterotrof adalah manusia, hewan, jamur, dan mikroba.

c. *Bahan tak hidup (abiotik)* Bahan tak hidup yaitu komponen fisik dan kimia yang terdiri dari tanah, air, udara, sinar matahari. Bahan tak hidup merupakan medium atau substrat tempat berlangsungnya kehidupan, atau lingkungan tempat hidup.

d. *Pengurai (dekomposer)* Pengurai adalah organisme heterotrof yang menguraikan bahan organik yang berasal dari organisme mati (bahan organik kompleks). Organisme pengurai menyerap sebagian hasil penguraian tersebut dan melepaskan bahan-bahan yang sederhana yang dapat digunakan kembali oleh produsen. Termasuk pengurai ini adalah bakteri dan jamur.

2. Macam-macam Ekosistem

Secara garis besar ekosistem dibedakan menjadi ekosistem darat dan ekosistem perairan. Ekosistem perairan dibedakan atas ekosistem air tawar dan ekosistem air Laut.

a. Ekosistem darat

Ekosistem darat ialah ekosistem yang lingkungan fisiknya berupa daratan. Berdasarkan letak geografisnya (garis lintangnya), ekosistem darat dibedakan menjadi beberapa bioma, yaitu sebagai berikut.

1. Bioma gurun

Beberapa Bioma gurun terdapat di daerah tropika (sepanjang garis balik) yang berbatasan dengan padang rumput. Ciri-ciri bioma gurun adalah gersang dan curah hujan rendah (25 cm/tahun). Suhu siang hari tinggi (bisa mencapai 45°C) sehingga penguapan juga tinggi, sedangkan malam hari suhu sangat rendah (bisa mencapai 0°C). Perbedaan suhu antara siang dan malam sangat besar. Tumbuhan semusim yang terdapat di gurun berukuran kecil. Selain itu, di gurun dijumpai pula tumbuhan menahun berdaun seperti duri contohnya kaktus, atau tak berdaun dan memiliki akar panjang serta mempunyai jaringan untuk menyimpan air. Hewan yang hidup di gurun antara lain rodentia, ular, kadal, katak, dan kalajengking.

2. Bioma padang rumput

Bioma ini terdapat di daerah yang terbentang dari daerah tropik ke subtropik. Ciri-cirinya adalah curah hujan kurang lebih 25-30 cm per tahun dan hujan turun tidak teratur. Porositas (peresapan air) tinggi dan drainase (aliran air) cepat. Tumbuhan yang ada terdiri atas tumbuhan terna (herbs) dan rumput yang keduanya tergantung pada kelembapan. Hewannya antara lain: bison, zebra, singa, anjing liar, serigala, gajah, jerapah, kangguru, serangga, tikus dan ular

3. Bioma Hutan Basah

Bioma Hutan Basah terdapat di daerah tropika dan subtropik. Ciri-cirinya adalah, curah hujan 200-225 cm per tahun. Species pepohonan relatif banyak, jenisnya berbeda antara satu dengan yang lainnya tergantung letak geografisnya. Tinggi pohon utama antara 20-40 m, cabang-cabang pohon tinggi dan berdaun lebat hingga membentuk tudung (kanopi). Dalam hutan basah terjadi perubahan iklim mikro (iklim yang langsung terdapat di sekitar organisme). Daerah tudung cukup mendapat sinar matahari. Variasi suhu dan kelembapan tinggi/besar; suhu sepanjang hari sekitar 25°C. Dalam hutan basah tropika sering terdapat tumbuhan khas, yaitu liana (rotan), kaktus, dan anggrek sebagai epifit. Hewannya antara lain, kera, burung, badak, babi hutan, harimau, dan burung hantu.

4. *Bioma hutan gugur*

Bioma hutan gugur terdapat di daerah beriklim sedang, Ciri-cirinya adalah curah hujan merata sepanjang tahun. Terdapat di daerah yang mengalami empat musim (dingin, semi, panas, dan gugur). Jenis pohon sedikit (10 s/d 20) dan tidak terlalu rapat. Hewannya antara lain rusa, beruang, rubah, bajing, burung pelatuk, dan rakoon (sebangsa luwak).

5. *Bioma taiga*

Bioma taiga terdapat di belahan bumi sebelah utara dan di pegunungan daerah tropik. Ciri-cirinya adalah suhu di musim dingin rendah. Biasanya taiga merupakan hutan yang tersusun atas satu spesies seperti konifer, pinus, dan sejenisnya. Semak dan tumbuhan basah sedikit sekali. Hewannya antara lain moose, beruang hitam, ajag, dan burung-burung yang bermigrasi ke selatan pada musim gugur.

6. *Bioma tundra*

Bioma tundra terdapat di belahan bumi sebelah utara di dalam lingkaran kutub utara dan terdapat di puncak-puncak gunung tinggi. Pertumbuhan tanaman di daerah ini hanya 60 hari. Contoh tumbuhan yang dominan adalah *Sphagnum*, liken, tumbuhan biji semusim, tumbuhan kayu yang pendek, dan rumput. Pada umumnya, tumbuhannya mampu beradaptasi dengan keadaan yang dingin.

Hewan yang hidup di daerah ini ada yang menetap dan ada yang datang pada musim panas, semuanya berdarah panas. Hewan yang menetap memiliki rambut atau bulu yang tebal, contohnya muskox, rusa kutub, beruang kutub, dan insekta terutama nyamuk dan lalat hitam.

b. Ekosistem Air Tawar

Ciri-ciri ekosistem air tawar antara lain variasi suhu tidak menyolok, penetrasi cahaya kurang, dan terpengaruh oleh iklim dan cuaca. Macam tumbuhan yang terbanyak adalah jenis ganggang, sedangkan lainnya tumbuhan biji. Hampir semua filum hewan terdapat dalam air tawar.

Organisme yang hidup di air tawar pada umumnya telah beradaptasi. Adaptasi organisme air tawar adalah sebagai berikut.

Adaptasi tumbuhan

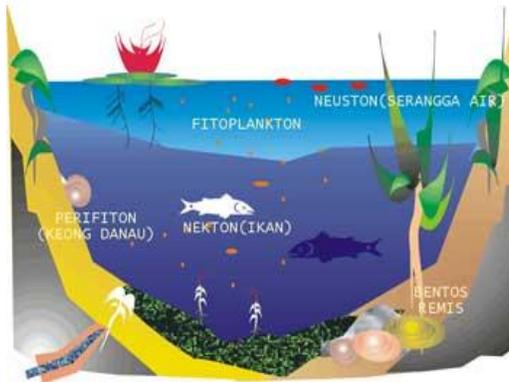
Tumbuhan yang hidup di air tawar biasanya bersel satu dan dinding selnya kuat seperti beberapa alga biru dan alga hijau. Air masuk ke dalam sel hingga maksimum dan akan berhenti sendiri. Tumbuhan tingkat tinggi, seperti teratai (*Nymphaea gigantea*), mempunyai akar jangkar (akar sulur). Hewan dan tumbuhan rendah yang hidup di habitat air, tekanan osmosisnya sama dengan tekanan osmosis lingkungan atau isotonis.

Adaptasi hewan

Ekosistem air tawar dihuni oleh nekton. Nekton merupakan hewan yang bergerak aktif dengan menggunakan otot yang kuat. Hewan tingkat tinggi yang hidup di ekosistem air tawar, misalnya ikan, dalam mengatasi perbedaan tekanan osmosis melakukan osmoregulasi untuk memelihara keseimbangan air dalam tubuhnya melalui sistem ekskresi, insang, dan pencernaan.

Habitat air tawar merupakan perantara habitat laut dan habitat darat. Penggolongan organisme dalam air dapat berdasarkan aliran energi dan kebiasaan hidup.

1. Berdasarkan aliran energi, organisme dibagi menjadi **autotrof (tumbuhan)**, dan **heterotrof (makrokonsumen)**, yaitu karnivora predator, parasit, dan saprotrof atau organisme yang hidup pada substrat sisa-sisa organisme.
2. Berdasarkan kebiasaan hidup, organisme dibedakan sebagai berikut.
 - a. *Plankton*; terdiri atas fitoplankton dan zooplankton; biasanya melayang-layang (bergerak pasif) mengikuti gerak aliran air.
 - b. *Nekton*; hewan yang aktif berenang dalam air, misalnya ikan.
 - c. *Neuston*; organisme yang mengapung atau berenang di permukaan air atau bertempat pada permukaan air, misalnya serangga air.
 - d. *Perifiton*; merupakan tumbuhan atau hewan yang melekat/bergantung pada tumbuhan atau benda lain, misalnya keong.
 - e. *Bentos*; hewan dan tumbuhan yang hidup di dasar atau hidup pada endapan. Bentos dapat sessil (melekat) atau bergerak bebas, misalnya cacing dan remis. Lihat Gambar.



Gbr. Berbagai Organisme Air Tawar Berdasarkan Cara Hidupnya

Ekosistem air tawar digolongkan menjadi air tenang dan air mengalir. Termasuk ekosistem air tenang adalah danau dan rawa, termasuk ekosistem air mengalir adalah sungai.

1. Danau

Danau merupakan suatu badan air yang menggenang dan luasnya mulai dari beberapa meter persegi hingga ratusan meter persegi. Di danau terdapat pembagian daerah berdasarkan penetrasi cahaya matahari. Daerah yang dapat ditembus cahaya matahari sehingga terjadi fotosintesis disebut daerah *fitik*. Daerah yang tidak tertembus cahaya matahari disebut daerah *afotik*. Di danau juga terdapat daerah perubahan temperatur yang drastis atau *termoklin*. Termoklin memisahkan daerah yang hangat di atas dengan daerah dingin di dasar.

Komunitas tumbuhan dan hewan tersebar di danau sesuai dengan kedalaman dan jaraknya dari tepi. Berdasarkan hal tersebut danau dibagi menjadi 4 daerah sebagai berikut.

a. Daerah litoral

Daerah ini merupakan daerah dangkal. Cahaya matahari menembus dengan optimal. Air yang hangat berdekatan dengan tepi. Tumbuhannya merupakan tumbuhan air yang berakar dan daunnya ada yang mencuat ke atas permukaan air.

Komunitas organisme sangat beragam termasuk jenis-jenis ganggang yang melekat (khususnya diatom), berbagai siput dan remis, serangga, krustacea, ikan, amfibi, reptilia air dan semi air seperti kura-kura dan ular, itik dan angsa, dan beberapa mamalia yang sering mencari makan di danau.

b. Daerah limnetik

Daerah ini merupakan daerah air bebas yang jauh dari tepi dan masih dapat ditembus sinar matahari. Daerah ini dihuni oleh berbagai fitoplankton, termasuk ganggang dan sianobakteri. Ganggang berfotosintesis dan bereproduksi dengan kecepatan tinggi selama musim panas dan musim semi.

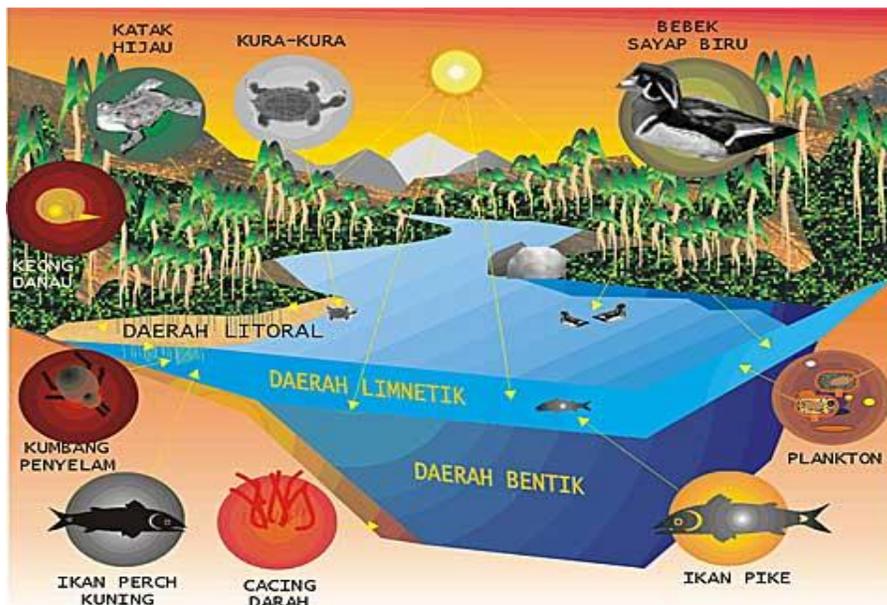
Zooplankton yang sebagian besar termasuk Rotifera dan udang-udangan kecil memangsa fitoplankton. Zooplankton dimakan oleh ikan-ikan kecil. Ikan kecil dimangsa oleh ikan yang lebih besar, kemudian ikan besar dimangsa ular, kura-kura, dan burung pemakan ikan.

c. Daerah profundal

Daerah ini merupakan daerah yang dalam, yaitu daerah afotik danau. Mikroba dan organisme lain menggunakan oksigen untuk respirasi seluler setelah mendekomposisi detritus yang jatuh dari daerah limnetik. Daerah ini dihuni oleh cacing dan mikroba.

d. Daerah bentik

Daerah ini merupakan daerah dasar danau tempat terdapatnya bentos dan sisa-sisa organisme mati.



Gbr. Empat Daerah Utama Pada Danau Air Tawar

Danau juga dapat dikelompokkan berdasarkan produksi materi organiknya, yaitu sebagai berikut :

a. Danau Oligotropik

Oligotropik merupakan sebutan untuk danau yang dalam dan kekurangan makanan, karena fitoplankton di daerah limnetik tidak produktif. Ciricirinya, airnya jernih sekali, dihuni oleh sedikit organisme, dan di dasar air banyak terdapat oksigen sepanjang tahun.

b. Danau Eutropik

Eutropik merupakan sebutan untuk danau yang dangkal dan kaya akan kandungan makanan, karena fitoplankton sangat produktif. Ciri-cirinya adalah airnya keruh, terdapat bermacam-macam organisme, dan oksigen terdapat di daerah profundal.

Danau oligotrofik dapat berkembang menjadi danau eutrofik akibat adanya materi-materi organik yang masuk dan endapan. Perubahan ini juga dapat dipercepat oleh aktivitas manusia, misalnya dari sisa-sisa pupuk buatan pertanian dan timbunan sampah kota yang memperkaya danau dengan buangan sejumlah nitrogen dan fosfor. Akibatnya terjadi peledakan populasi ganggang atau *blooming*, sehingga terjadi produksi detritus yang berlebihan yang akhirnya menghabiskan suplai oksigen di danau tersebut.

Pengkayaan danau seperti ini disebut "*eutrofikasi*". Eutrofikasi membuat air tidak dapat digunakan lagi dan mengurangi nilai keindahan danau.

2. Sungai

Sungai adalah suatu badan air yang mengalir ke satu arah. Air sungai dingin dan jernih serta mengandung sedikit sedimen dan makanan. Aliran air dan gelombang secara konstan memberikan oksigen pada air. Suhu air bervariasi sesuai dengan ketinggian dan garis lintang.

Komunitas yang berada di sungai berbeda dengan danau. Air sungai yang mengalir deras tidak mendukung keberadaan komunitas plankton untuk berdiam diri, karena akan terbawa arus. Sebagai gantinya terjadi fotosintesis dari ganggang yang melekat dan tanaman berakar, sehingga dapat mendukung rantai makanan.

Komposisi komunitas hewan juga berbeda antara sungai, anak sungai, dan hilir. Di anak sungai sering dijumpai Man air tawar. Di hilir sering dijumpai ikan kucing dan gurame. Beberapa sungai besar dihuni oleh berbagai kura-kura dan ular. Khusus sungai di daerah tropis, dihuni oleh buaya dan lumba-lumba.

Organisme sungai dapat bertahan tidak terbawa arus karena mengalami adaptasi evolusioner. Misalnya bertubuh tipis dorsoventral dan dapat melekat pada batu.

Beberapa jenis serangga yang hidup di sisi-sisi hilir menghuni habitat kecil yang bebas dari pusaran air.

c. Ekosistem air laut

Ekosistem air laut dibedakan atas lautan, pantai, estuari, dan terumbu karang.

1. Laut

Habitat laut (oseanik) ditandai oleh salinitas (kadar garam) yang tinggi dengan ion Cl⁻ mencapai 55% terutama di daerah laut tropik, karena suhunya tinggi dan penguapan besar. Di daerah tropik, suhu laut sekitar 25°C. Perbedaan suhu bagian atas dan bawah tinggi. Batas antara lapisan air yang panas di bagian atas dengan air yang dingin di bagian bawah disebut daerah *termoklin*.

Di daerah dingin, suhu air laut merata sehingga air dapat bercampur, maka daerah permukaan laut tetap subur dan banyak plankton serta ikan. Gerakan air dari pantai ke tengah menyebabkan air bagian atas turun ke bawah dan sebaliknya, sehingga memungkinkan terbentuknya rantai makanan yang berlangsung baik. Habitat laut dapat dibedakan berdasarkan kedalamannya dan wilayah permukaannya secara horizontal.

1. Menurut kedalamannya, ekosistem air laut dibagi sebagai berikut.
 - a. *Litoral* merupakan daerah yang berbatasan dengan darat.
 - b. *Neretik* merupakan daerah yang masih dapat ditembus cahaya matahari sampai bagian dasar dalamnya \pm 300 meter.
 - c. *Batial* merupakan daerah yang dalamnya berkisar antara 200-2500 m
 - d. *Abisal* merupakan daerah yang lebih jauh dan lebih dalam dari pantai (1.500-10.000 m).
2. Menurut wilayah permukaannya secara horizontal, berturut-turut dari tepi laut semakin ke tengah, laut dibedakan sebagai berikut.
 - a. *Epipelagik* merupakan daerah antara permukaan dengan kedalaman air sekitar 200 m.
 - b. *Mesopelagik* merupakan daerah dibawah epipelagik dengan kedalaman 200-1000 m. Hewannya misalnya ikan hiu.
 - c. *Batiopelagik* merupakan daerah lereng benua dengan kedalaman 200-2.500 m. Hewan yang hidup di daerah ini misalnya gurita.
 - d. *Abisalpelagik* merupakan daerah dengan kedalaman mencapai 4.000m; tidak terdapat tumbuhan tetapi hewan masih ada. Sinar matahari tidak mampu menembus daerah ini.
 - e. *Hadal pelagik* merupakan bagian laut terdalam (dasar). Kedalaman lebih dari 6.000 m. Di bagian ini biasanya terdapat lele laut dan ikan Taut yang dapat mengeluarkan cahaya. Sebagai produsen di tempat ini adalah bakteri yang bersimbiosis dengan karang tertentu.

Di laut, hewan dan tumbuhan tingkat rendah memiliki tekanan osmosis sel yang hampir sama dengan tekanan osmosis air laut. Hewan tingkat tinggi beradaptasi dengan cara banyak minum air, pengeluaran urin sedikit, dan pengeluaran air dengan cara osmosis melalui insang. Garam yang berlebihan diekskresikan melalui insang secara aktif.

2. Ekosistem pantai

Ekosistem pantai letaknya berbatasan dengan ekosistem darat, laut, dan daerah pasang surut.

Ekosistem pantai dipengaruhi oleh siklus harian pasang surut laut. Organisme yang hidup di pantai memiliki adaptasi struktural sehingga dapat melekat erat di substrat keras.

Daerah paling atas pantai hanya terendam saat pasang naik tinggi. Daerah ini dihuni oleh beberapa jenis ganggang, moluska, dan remis yang menjadi konsumsi bagi kepiting dan burung pantai.

Daerah tengah pantai terendam saat pasang tinggi dan pasang rendah. Daerah ini dihuni oleh ganggang, porifera, anemon laut, remis dan kerang, siput herbivora dan karnivora, kepiting, landak laut, bintang laut, dan ikan-ikan kecil.

Daerah pantai terdalam terendam saat air pasang maupun surut. Daerah ini dihuni oleh beragam invertebrata dan ikan serta rumput laut.

Komunitas tumbuhan berturut-turut dari daerah pasang surut ke arah darat dibedakan sebagai berikut.

1. Formasi *pes caprae*

Dinamakan demikian karena yang paling banyak tumbuh di gundukan pasir adalah tumbuhan *Ipomoea pes caprae* yang tahan terhadap hempasan gelombang dan angin; tumbuhan ini menjalar dan berdaun tebal. Tumbuhan lainnya adalah *Spinifex littorius* (rumput angin), *Vigna*, *Euphorbia atoto*, dan *Canavalia maritima*. Lebih ke arah darat lagi ditumbuhi *Crinum asiaticum* (bakung), *Pandanus tectorius* (pandan), dan *Scaevola frutescens* (babakoan).

2. Formasi *baringtonia*

Daerah ini didominasi tumbuhan *baringtonia*, termasuk di dalamnya *Wedelia*, *Thespesia*, *Terminalia*, *Guettarda*, dan *Erythrina*.

Bila tanah di daerah pasang surut berlumpur, maka kawasan ini berupa hutan bakau yang memiliki akar napas. Akar napas merupakan adaptasi tumbuhan di daerah berlumpur yang kurang oksigen. Selain berfungsi untuk mengambil oksigen, akar ini juga dapat digunakan sebagai penahan dari pasang surut gelombang. Yang termasuk tumbuhan di hutan bakau antara lain *Nypa*, *Acathus*, *Rhizophora*, dan *Cerbera*.

Jika tanah pasang surut tidak terlalu basah, pohon yang sering tumbuh adalah: *Heritica*, *Lumnitzera*, *Acgicras*, dan *Cylocarpus*.

3. Estuari

Estuari (muara) merupakan tempat bersatunya sungai dengan laut. Estuari sering dipagari oleh lempengan lumpur intertidal yang luas atau rawa garam. Salinitas air berubah secara bertahap mulai dari daerah air tawar ke laut. Salinitas ini juga dipengaruhi oleh siklus harian dengan pasang surut airnya. Nutrien dari sungai memperkaya estuari.

Komunitas tumbuhan yang hidup di estuari antara lain rumput rawa garam, ganggang, dan fitoplankton. Komunitas hewannya antara lain berbagai cacing, kerang, kepiting, dan ikan. Bahkan ada beberapa invertebrata laut dan ikan laut yang menjadikan estuari sebagai tempat kawin atau bermigrasi untuk menuju

habitat air tawar. Estuari juga merupakan tempat mencari makan bagi vertebrata semi air, yaitu unggas air.

4. Terumbu karang

Di laut tropis, pada daerah neritik, terdapat suatu komunitas yang khusus yang terdiri dari karang batu dan organisme-organisme lainnya. Komunitas ini disebut terumbu karang. Daerah komunitas ini masih dapat ditembus cahaya matahari sehingga fotosintesis dapat berlangsung.

Terumbu karang didominasi oleh karang (koral) yang merupakan kelompok Cnidaria yang mensekresikan kalsium karbonat. Rangka dari kalsium karbonat ini bermacam-macam bentuknya dan menyusun substrat tempat hidup karang lain dan ganggang. Hewan-hewan yang hidup di karang memakan organisme mikroskopis dan sisa organik lain. Berbagai invertebrata, mikro organisme, dan ikan, hidup di antara karang dan ganggang. Herbivora seperti siput, landak laut, ikan, menjadi mangsa bagi gurita, bintang laut, dan ikan karnivora.

5. Populasi dan Komunitas

A. Populasi

Kumpulan individu sejenis yang hidup pada suatu daerah dan waktu tertentu disebut *populasi*. Misalnya, populasi pohon kelapa dikelurahan Tegakan pada tahun 1989 berjumlah 2552 batang.

Ukuran populasi berubah sepanjang waktu. Perubahan ukuran dalam populasi ini disebut *dinamika populasi*. Perubahan ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus perubahan jumlah dibagi waktu. Hasilnya adalah kecepatan perubahan dalam populasi. Misalnya, tahun 1980 populasi Pinus di Tawangmangu ada 700 batang. Kemudian pada tahun 1990 dihitung lagi ada 500 batang pohon Pinus. Dari fakta tersebut kita lihat bahwa selama 10 tahun terjadi pengurangan pohon pinus sebanyak 200 batang pohon. Untuk mengetahui kecepatan perubahan maka kita membagi jumlah batang pohon yang berkurang dengan lamanya waktu perubahan terjadi :

$$\frac{700 - 500}{1990 - 1980} = \frac{200 \text{ batang}}{10 \text{ tahun}}$$

$$= 20 \text{ batang/tahun}$$

Dari rumus hitungan di atas kita dapatkan kesimpulan bahwa rata-rata berkurangnya pohon tiap tahun adalah 20 batang. Akan tetapi, perlu diingat bahwa penyebab kecepatan rata-rata dinamika populasi ada berbagai hal. Dari

alam mungkin disebabkan oleh bencana alam, kebakaran, serangan penyakit, sedangkan dari manusia misalnya karena tebang pilih. Namun, pada dasarnya populasi mempunyai karakteristik yang khas untuk kelompoknya yang tidak dimiliki oleh masing-masing individu anggotanya. Karakteristik iniantara lain: kepadatan (*densitas*), laju kelahiran (*natalitas*), laju kematian (*mortalitas*), potensi biotik, penyebaran umur, dan bentuk pertumbuhan. Natalitas dan mortalitas merupakan penentu utama pertumbuhan populasi.

Dinamika populasi dapat juga disebabkan imigrasi dan emigrasi. Hal ini khusus untuk organisme yang dapat bergerak, misalnya hewan dan manusia. *Imigrasi* adalah perpindahan satu atau lebih organisme ke daerah lain atau peristiwa didatanginya suatu daerah oleh satu atau lebih organisme; di daerah yang didatangi sudah terdapat kelompok dari jenisnya. Imigrasi ini akan meningkatkan populasi.

Emigrasi adalah peristiwa ditinggalkannya suatu daerah oleh satu atau lebih organisme, sehingga populasi akan menurun. Secara garis besar, imigrasi dan natalitas akan meningkatkan jumlah populasi, sedangkan mortalitas dan emigrasi akan menurunkan jumlah populasi. Populasi hewan atau tumbuhan dapat berubah, namun perubahan tidak selalu menyolok. Pertambahan atau penurunan populasi dapat menyolok bila ada gangguan drastis dari lingkungannya, misalnya adanya penyakit, bencana alam, dan wabah hama.

B. Komunitas

Komunitas ialah kumpulan dari berbagai populasi yang hidup pada suatu waktu dan daerah tertentu yang saling berinteraksi dan mempengaruhi satu sama lain. Komunitas memiliki derajat keterpaduan yang lebih kompleks bila dibandingkan dengan individu dan populasi. Dalam komunitas, semua organisme merupakan bagian dari komunitas dan antara komponennya saling berhubungan melalui keragaman interaksinya.

C. Ekosistem

Antara komunitas dan lingkungannya selalu terjadi interaksi. Interaksi ini menciptakan kesatuan ekologi yang disebut ekosistem. Komponen penyusun ekosistem adalah produsen (tumbuhan hijau), konsumen (herbivora, karnivora, dan omnivora), dan dekomposer/pengurai (mikroorganisme).

Faktor Abiotik

Faktor abiotik adalah faktor tak hidup yang meliputi faktor fisik dan kimia. Faktor fisik utama yang mempengaruhi ekosistem adalah sebagai berikut.

a. Suhu

Suhu berpengaruh terhadap ekosistem karena suhu merupakan syarat yang diperlukan organisme untuk hidup. Ada jenis-jenis organisme yang hanya dapat hidup pada kisaran suhu tertentu.

b. Sinar matahari

Sinar matahari mempengaruhi ekosistem secara global karena matahari menentukan suhu. Sinar matahari juga merupakan unsur vital yang dibutuhkan oleh tumbuhan sebagai produsen untuk berfotosintesis.

c. Air

Air berpengaruh terhadap ekosistem karena air dibutuhkan untuk kelangsungan hidup organisme. Bagi tumbuhan, air diperlukan dalam pertumbuhan, perkecambahannya, dan penyebaran biji; bagi hewan dan manusia, air diperlukan sebagai air minum dan sarana hidup lain, misalnya transportasi bagi manusia, dan tempat hidup bagi ikan. Bagi unsur abiotik lain, misalnya tanah dan batuan, air diperlukan sebagai pelarut dan pelapuk.

d. Tanah

Tanah merupakan tempat hidup bagi organisme. Jenis tanah yang berbeda menyebabkan organisme yang hidup didalamnya juga berbeda. Tanah juga menyediakan unsur-unsur penting bagi pertumbuhan organisme, terutama tumbuhan.

e. Ketinggian

Ketinggian tempat menentukan jenis organisme yang hidup di tempat tersebut, karena ketinggian yang berbeda akan menghasilkan kondisi fisik dan kimia yang berbeda.

f. Angin

Angin selain berperan dalam menentukan kelembapan juga berperan dalam penyebaran biji tumbuhan tertentu.

g. Garis lintang

Garis lintang yang berbeda menunjukkan kondisi lingkungan yang berbeda pula. Garis lintang secara tak langsung menyebabkan perbedaan distribusi organisme di permukaan bumi. Ada organisme yang mampu hidup pada garis lintang tertentu saja.

Interaksi antarkomponen ekologi dapat merupakan interaksi antarorganisme, antarpopulasi, dan antarkomunitas.

A. Interaksi antar organisme

Semua makhluk hidup selalu bergantung kepada makhluk hidup yang lain. Tiap individu akan selalu berhubungan dengan individu lain yang sejenis atau lain jenis, baik individu dalam satu populasinya atau individu-individu dari populasi lain. Interaksi demikian banyak kita lihat di sekitar kita. Interaksi antar organisme dalam komunitas ada yang sangat erat dan ada yang kurang erat. Interaksi antarorganisme dapat dikategorikan sebagai berikut.

a. Netral

Hubungan tidak saling mengganggu antarorganisme dalam habitat yang sama yang bersifat tidak menguntungkan dan tidak merugikan kedua belah pihak, disebut netral. Contohnya : antara capung dan sapi.

b. Predasi

Predasi adalah hubungan antara mangsa dan pemangsa (predator). Hubungan ini sangat erat sebab tanpa mangsa, predator tak dapat hidup. Sebaliknya, predator juga berfungsi sebagai pengontrol populasi mangsa. Contoh : Singa dengan mangsanya, yaitu kijang, rusa, dan burung hantu dengan tikus.

c. Parasitisme

Parasitisme adalah hubungan antarorganisme yang berbeda spesies, bila salah satu organisme hidup pada organisme lain dan mengambil makanan dari hospes/inangnya sehingga bersifat merugikan inangnya. contoh : *Plasmodium* dengan manusia, *Taeniasaginata* dengan sapi, dan benalu dengan pohon inang. Perhatikan Gambar 6.15

d. Komensalisme

Komensalisme merupakan hubungan antara dua organisme yang berbeda spesies dalam bentuk kehidupan bersama untuk berbagi sumber makanan; salah satu spesies diuntungkan dan spesies lainnya tidak dirugikan. Contohnya anggrek dengan pohon yang ditumpanginya.

e. Mutualisme

Mutualisme adalah hubungan antara dua organisme yang berbeda spesies yang saling menguntungkan kedua belah pihak. Contoh, bakteri *Rhizobium* yang hidup pada bintil akar kacang-kacangan.

B. Interaksi Antarpopulasi

Antara populasi yang satu dengan populasi lain selalu terjadi interaksi secara langsung atau tidak langsung dalam komunitasnya. Contoh interaksi antarpopulasi adalah sebagai berikut.

Alelopati merupakan interaksi antarpopulasi, bila populasi yang satu menghasilkan zat yang dapat menghalangi tumbuhnya populasi lain. Contohnya, di sekitar pohon walnut (*Juglans*) jarang ditumbuhi tumbuhan lain karena tumbuhan ini menghasilkan zat yang bersifat toksik. Pada mikroorganisme istilah alelopati dikenal sebagai *anabiosa*. Contoh, jamur *Penicillium sp.* dapat menghasilkan antibiotika yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri tertentu.

Kompetisi merupakan interaksi antarpopulasi, bila antarpopulasi terdapat kepentingan yang sama sehingga terjadi persaingan untuk mendapatkan apa yang diperlukan. Contoh, persaingan antara populasi kambing dengan populasi sapi di padang rumput.

C. Interaksi Antar Komunitas

Komunitas adalah kumpulan populasi yang berbeda di suatu daerah yang sama dan saling berinteraksi. Contoh komunitas, misalnya komunitas sawah dan sungai. Komunitas sawah disusun oleh bermacam-macam organisme, misalnya padi, belalang, burung, ular, dan gulma. Komunitas sungai terdiri dari ikan, ganggang, zooplankton, fitoplankton, dan dekomposer. Antara komunitas sungai dan sawah terjadi interaksi dalam bentuk peredaran nutrien dari air sungai ke sawah dan peredaran organisme hidup dari kedua komunitas tersebut.

Interaksi antarkomunitas cukup kompleks karena tidak hanya melibatkan organisme, tapi juga aliran energi dan makanan. Interaksi antarkomunitas dapat kita amati, misalnya pada daur karbon. Daur karbon melibatkan ekosistem yang berbeda misalnya laut dan darat. Lihat Gambar 6.16.

D. Interaksi Antarkomponen Biotik dengan Abiotik

Interaksi antara komponen biotik dengan abiotik membentuk ekosistem. Hubungan antara organisme dengan lingkungannya menyebabkan terjadinya aliran energi dalam sistem itu. Selain aliran energi, di dalam ekosistem terdapat juga struktur atau tingkat trofik, keanekaragaman biotik, serta siklus materi. Dengan adanya interaksi-interaksi tersebut, suatu ekosistem dapat mempertahankan keseimbangannya. Pengaturan untuk menjamin terjadinya keseimbangan ini merupakan ciri khas suatu ekosistem. Apabila keseimbangan ini tidak diperoleh maka akan mendorong terjadinya dinamika perubahan ekosistem untuk mencapai keseimbangan baru.

Ekologi Manusia dan Kesadaran Individu dalam Pengelolaan Lingkungan

Definisi Ekologi Manusia, menurut Amos H Hawley (1950:67) dikatakan, "Human ecology may be defined, therefore, in terms that have already been used, as the study of the form and the development of the community in human population." (Ekologi manusia, dengan demikian bisa diartikan, dalam istilah yang biasa digunakan, sebagai studi yang mempelajari bentuk dan perkembangan komunitas dalam sebuah populasi manusia). Frederick Steiner (2002:3) mengatakan, "This new human ecology emphasizes complexity over-reductionism, focuses on changes over stable states, and expands ecological concepts beyond the study of plants and animals to include people. This view differs from the environmental determinism of the early twentieth century." (Ekologi Manusia Baru menekankan pada over-reduksionisme yang cukup rumit, memfokuskan pada perubahan negara yang stabil, dan memperluas konsep ekologi melebihi studi tentang tumbuh-tumbuhan dan hewan menuju keterlibatan manusia. Pandangan ini berbeda dari determinisme lingkungan pada awal-awal abad ke-20). Menurut Gerald L Young (1994:339) dikatakan, "Human ecology, then, is "an attempt to understand the inter-relationships between the human species and its environment" (Dengan demikian ekologi manusia, adalah suatu pandangan yang mencoba memahami keterkaitan antara spesies manusia dan lingkungannya).

Persamaan dari ketiga definisi yang dikemukakan di atas adalah bahwa pengertian "Ekologi Manusia" merujuk pada suatu ilmu (oikos = rumah/tempat tinggal ; logos = ilmu) dan mempelajari interaksi lingkungan dengan manusia sebagai perluasan dari konsep ekologi pada umumnya.

Perbedaan dari ketiga definisi tersebut adalah pada titik tekan (emphasizes) para pakar dalam mendefinisikan "Ekologi Manusia", yang masing-masing sebagai berikut. Hawley menekankan pada studi tentang bentuk dan perkembangan komunitas dalam sebuah populasi manusia (masyarakat) –dalam kaitannya dengan lingkungan. Steiner menekankan pada era baru ilmu "Ekologi Manusia" yang memperluas dari ekologi yang hanya mempelajari lingkungan tumbuhan dan hewan menuju keterlibatan manusia secara kompleks). Young menekankan pada keterkaitan (interaksi) antara manusia dan lingkungannya saja.

Ruang lingkup Ekologi Manusia menurut Hawley (1950): "Human Ecology, like plant and animal ecology, represents a special application of the general viewpoint to a particular class of living things. It involves both a recognition of the fundamental unity of animate nature and an awareness that there is differentiation within that unity. Man, as we have seen, not only occupies a niche in nature's web of life, he also develops among his fellows an elaborate community of relations comparable in many important respects to the more inclusive biotic community." Jadi ruang lingkup Ekologi Manusia menurut Hawley adalah sebagaimana pernyataannya, "Ekologi Manusia, sebagaimana ekologi tumbuh-tumbuhan dan manusia, merepresentasikan penerapan khusus dari

pandangan umum pada sebuah kelas khusus dalam sebuah kehidupan. Ini meliputi dua kesadaran kesatuan mendasar dari lingkungan hidup dan kesadaran bahwa ada perbedaan dalam kesatuan tersebut. Manusia, sebagaimana kita tahu, tidak hanya bekerja dalam sebuah tempat jaringan kehidupan, melainkan dia juga mengembangkan di antara anggota-anggotanya sebuah pengalaman hubungan lingkungan yang sebanding dalam tanggungjawab pentingnya atas lingkungan hidup yang lebih terbuka.”

Steiner (2002) menyatakan bahwa ruang lingkup ekologi manusia adalah meliputi: (1) Set of connected stuff (sekelompok hal yang saling terkait); (2) Integrative traits (ciri-ciri yang integratif); (3) Scaffolding of place and change (Perancah tempat dan perubahan).

Kesadaran Individu dalam Masyarakat

Kesadaran individu dalam masyarakat mengenai lingkungan hidup dan kelestariannya merupakan hal yang amat penting dewasa ini di mana pencemaran dan perusakan lingkungan merupakan hal yang sulit dihindari. Kesadaran masyarakat yang terwujud dalam berbagai aktifitas lingkungan maupun aktifitas kontrol lainnya adalah hal yang sangat diperlukan untuk mendukung apa yang dilakukan pemerintah melalui kebijakan-kebijakan penyelamatan lingkungannya.

Kesadaran terhadap lingkungan tidak hanya bagaimana menciptakan suatu yang indah atau bersih saja, akan tetapi ini sudah masuk pada kewajiban manusia untuk menghormati hak-hak orang lain. Hak orang lain tersebut adalah untuk menikmati dan merasakan keseimbangan alam secara murni. Sehingga kegiatan-kegiatan yang sifatnya hanya merusak saja, sebaiknya dihindari dalam perspektif ini. Oleh karena itu, tindakan suatu kelompok yang hanya ingin menggapai keuntungan pribadi saja sebaiknya juga harus meletakkan rasa toleransi ini.

Dengan begitu kita bisa mengatakan bahwa kesadaran masyarakat akan lingkungannya adalah suatu bentuk dari toleransi ini. Toleransi atau sikap tenggang rasa adalah bagian dari konsekuensi logis dari kita hidup bersama sebagai makhluk sosial. Melanggar konsekuensi ini juga berarti melanggar etika berkehidupan bersama. Seperti dikatakan Plato bahwa manusia adalah makhluk sosial yang perlu menghargai satu dan lainnya. Demikian juga halnya dengan perspektif lingkungan, hal yang sama juga berlaku di sini.

Kondisi senyatanya dari masyarakat kita mengenai kesadaran lingkungan hidup ini nampaknya masih tercermin seperti apa yang dikatakan P. Joko Subagyo seperti berikut ini, bahwa ada beberapa hal yang perlu kita perhatikan:

1. Rasa tepo seliro yang cukup tinggi, dan tidak terlalu ingin mengganggu.
2. Tidak memikirkan akibat yang akan terjadi, sepanjang kehidupan saat ini masih berjalan dengan normal.
3. Kesadaran melapor (jika ada hal-hal yang tidak berkenan dan dianggap sebagai melawan hukum lingkungan) nampaknya masih kurang. Hal ini dirasakan akan mengakibatkan masalah lingkungan semakin panjang.
4. Tanggungjawab mengenai kelestarian alam masih perlu diperbaiki dan ditingkatkan kembali.

Untuk membahas hal ini, maka dalam bab ini kita akan membahas pada salah satu jenis perusakan lingkungan, yakni pencemaran lingkungan –baik udara maupun air– dan sekaligus membahas mengenai cara menanggulangnya, sebagai bentuk usaha kuratif maupun preventif.

Pencemaran Lingkungan

Umumnya ahli lingkungan membagi kriteria lingkungan hidup dalam tiga (3) golongan besar, yakni:

1. Lingkungan Fisik: segala sesuatu di sekitar kita sebagai benda mati.
2. Lingkungan biologis: segala sesuatu di sekitar kita sebagai benda hidup.
3. Lingkungan sosial, adalah manusia yang hidup secara bermasyarakat.

Keberadaan lingkungan tersebut pada hakekatnya mesti dijaga dari kerusakan yang parah. Suatu kehidupan lingkungan akan sangat tergantung pada ekosistemnya. Oleh karena itu, masyarakat secara terus-menerus harus didorong untuk mencintai, memelihara dan bertanggungjawab terhadap kerusakan lingkungan. Sebab untuk menjaga semuanya itu tidak ada lagi yang bisa dimintai pertanggungjawaban kecuali manusia sebagai pemakai / pengguna itu sendiri. Kerusakan suatu lingkungan akan berakibat pada manusia itu sendiri, dan demikian pula sebaliknya. Lingkungan merupakan unsur penentu dari kehidupan mendatang. Lingkungan alam merupakan prasyarat pokok mengapa dan bagaimana pembangunan itu diselenggarakan. Bagi program pembangunan itu sendiri, apabila pelaksanaannya sesuai dengan program yang telah dijalankan, maka orientasi untuk menjaga lingkungan semesta pun akan bisa dilakukan. Sebaliknya, jika pembangunan dilakukan hanya digunakan untuk mencapai tingginya tingkat pertumbuhan ekonomi semata, maka hal itu akan menimbulkan kerusakan lingkungan yang cukup serius. Salah satu produk dari kerusakan lingkungan itu adalah pencemaran, baik air, tanah maupun udara.

Pencemaran air misalnya, bisa dikategorikan melalui ukuran zat pencemar yang diizinkan dibuang pada suatu jangka waktu tertentu. Misalnya satuan berat unsur atau senyawa kimia setiap hari. Atau tingkat konsentrasi zat pencemar dalam air

buangan. Misalnya, maksimum ppm. unsur senyawa kimia yang diizinkan. Kemudian jumlah maksimum yang dapat dibuang dalam setiap unit produksi. Misalnya dalam produksi setiap ton kertas tidak diperbolehkan sekian kilogram zat padat dan lain sebagainya. Dengan demikian, di samping perkiraan atas pengaruh yang bersifat kimia, fisis dan biologis, maka dituntut perkiraan mengenai biaya keseluruhan teknologi lingkungannya, usianya, semua fasilitas yang digunakan, teknik penggunaannya, metode operasinya, dan lain-lain.

Pencemaran lingkungan yang berdampak pada berubahnya tatanan lingkungan karena kegiatan manusia atau oleh proses alam berakibat lingkungan kurang berfungsi. Pencemaran berakibat kualitas lingkungan menurun, sehingga menjadi fatal jika hal itu tak bisa dimanfaatkan sebagaimana fungsi sebenarnya. Ini disadari, keadaan lingkungan yang ditata sebaik-baiknya untuk menjaga kehidupan kini dan mendatang. Perubahan ini bukannya menunjukkan perkembangan yang optimis dan mengarah pada tuntutan zaman, namun malahan sebaliknya.

Kemunduran yang seperti itu dimulai dari sebuah gejala pencemaran dan kerusakan lingkungan yang belum begitu nampak. Pencemaran itu lebih banyak terjadi karena limbah pabrik yang masih murni, dan mereka belum melalui proses waste water treatment atau pengolahan. Dampaknya pada lingkungan secara umum, jelas sangat merusak dan berakibat fatal bagi lingkungan secara keseluruhan. Oleh karena itu perlu adanya kesadaran bahwa setiap kegiatan pada dasarnya menimbulkan dampak terhadap lingkungan hidup. Kita perlu memperkirakan pada perencanaan awal suatu pembangunan yang akan kita lakukan. Sehingga dengan cara demikian maka dapat dipersiapkan dapat dipersiapkan pencegahan maupun penanggulangan dampak negatifnya dan mengupayakan dalam bentuk pengembangan positif dari kegiatan pembangunan yang dilakukan tersebut.

Kebijaksanaan lingkungan ditujukan kepada pencegahan pencemaran. Sarana utama yang diterapkan adalah pengaturan dan instrumen ekonomik. Sarana pengaturan sifatnya tradisional dan biasanya berupa izin serta persyaratan pemakaian teknologi pencemaran. Instrumen ekonomik merupakan hal yang relatif baru. Contohnya: pungutan (charges) pencemaran udara dan air serta uang jaminan pengembalian kaleng atau botol bekas (deposit fees). Mulanya pencemaran diakibatkan dampak teknologi buatan manusia atau hasil produksi yang sudah tidak bisa dimanfaatkan. Akibat pengembangan industri, sistem transportasi, permukiman akan menimbulkan sisa buangan, gas, cair dan padat yang jika dibuang ke lingkungan hidup akan menimbulkan dampak yang besar terhadap kehidupan manusia.

Proses perkembangan teknologi, pembangunan dan peningkatan populasi (jumlah banyaknya penduduk) selama dekade-dekade terakhir mengakibatkan berlipatnya aktivitas manusia dalam upaya pemenuhan kebutuhan pokok kehidupannya. Aktivitas manusia itu sendiri merupakan sumber pencemaran yang sangat potensial. Di samping adanya sumberdaya alam, alam air dan tanah, udara adalah sumberdaya alam yang mengalami pencemaran sebagai akibat sampingan dari aktivitas manusia itu. Selain dari aktifitas manusia, proses alami, seperti misalnya kegiatan gunung berapi, tiupan angin terhadap lahan gundul berdebu dan lain sebagainya juga merupakan sumber dari pencemaran udara.

Menurut sifat penyebaran bahan pencemarannya, sumber pencemar udara dapat dikelompokkan ke dalam, sumber pencemar udara dikelompokkan ke dalam tiga kelompok besar, yaitu sumber titik, sumber area, sumber bergerak. Sumber titik dan area dapat dijadikan satu kelompok, sehingga pengelompokannya menjadi dua, yakni sumber stationer dan sumber bergerak. Termasuk ke dalam sumber stationer adalah kegiatan rumah tangga, industri, pembakaran sampah, letusan gunung berapi. Sedangkan sumber bergerak adalah kendaraan angkutan.

Konsentrasi bahan pencemar yang terkandung dalam udara bebas dipengaruhi banyak faktor, yaitu konsentrasi dan volume bahan pencemar yang dihasilkan suatu sumber, sifat khas bahan pencemar, kondisi meteorologi, klimatologi, topografi dan geografi. Sehingga tingkat pencemaran udara sangat bervariasi baik terhadap tempat maupun waktu. Bahan pencemar udara digolongkan dalam dua golongan dasar, yaitu partikel dan gas. Dari banyak jenis gas yang berperan dalam masalah udara adalah SO₂, NO₂, CO, Oksidan, Hydrocarbon, NH₃ dan H₂. Dalam konsentrasi yang berlebih, gas-gas tersebut sangat berbahaya bagi manusia dan hewan, tanaman dan material, dan berbagai gangguan lain. Melihat kondisi pencemaran itu, adalah penting bagi kita untuk menyadari bahwa ini ancaman yang serius bagi manusia. Karenanya pengetahuan lingkungan perlu ditingkatkan guna mencapai kesadaran masyarakat.

Pengendalian Pencemaran

Salah satu akibat yang paling pasti dari adanya pencemaran adalah perubahan tatanan lingkungan alam atau ekosistem yang sebelumnya secara alami telah terjadi. Akibat lainnya adalah tidak atau kurang berfungsi satu atau beberapa elemen lingkungan dikarenakan kegiatan manusia yang mengakibatkan pencemaran tersebut. Akibat lain, dan ini barangkali yang paling fatal adalah, menurunnya kualitas sumberdaya dan kemudian tidak bisa dimanfaatkan lagi.

Dengan akibat-akibat seperti itu maka sudah tidak bisa ditunda lagi bahwa pencemaran haruslah, tidak sekedar dihindari, akan tetapi diperlukan juga

tindakan-tindakan preventif atau pencegahan. Pencegahan terhadap pencemaran merupakan upaya yang sangat besar bagi penyelamatan masa depan bumi, air dan udara di dunia ini. Sebelumnya, pencemaran memang sudah banyak sekali terjadi. Tidak hanya di negara maju di mana industrialisasi sudah mencapai puncaknya, namun juga di negara-negara yang sedang berkembang di mana proses dan praktek industrialisasi mulai diterapkan. Dengan demikian, industrialisasi yang tidak memenuhi standar kebijaksanaan lingkungan hidup adalah faktor utama mengapa pencemaran terjadi.

Dengan menyadari bahwa setiap kegiatan pada dasarnya menimbulkan dampak terhadap lingkungan hidup, maka perlu dengan perkiraan pada perencanaan awal, sehingga dengan cara demikian dapat dipersiapkan langkah pencegahan maupun penanggulangan dampak negatifnya dan mengupayakan pengembangan dampak positif dari kegiatan tersebut. Sehubungan dengan itu, maka diperlukan analisis mengenai dampak lingkungan sebagai proses dalam pengambilan keputusan tentang pelaksanaan rencana kegiatan.

Pencemaran pada sungai misalnya, harus dihindari dan dicegah karena sungai merupakan sarana untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Terlebih lagi karena sungai adalah sumber air yang digunakan untuk makan dan minum bagi makhluk hidup. Di samping itu, sungai sebagai sumber air, sangat penting fungsinya dalam pemenuhan kebutuhan masyarakat dan sebagai sarana penunjang utama dalam pembangunan nasional. Karena itu pemerintah hendaknya memperhatikan pelestarian sungai. Pelestarian sungai dari pencemaran meliputi perlindungan, pengembangan, penggunaan dan pengendalian atas kerusakan dari sifat aslinya. Misalnya dengan dikeluarkannya PP No. 35 tahun 1991 tentang sungai, sebagai pelaksanaan UU No 11/1974 tentang pengairan, maka peraturan itu bisa digunakan sebagai pedoman dalam rangka menjalankan aktivitas yang pada akhirnya mengancam bahaya kelestarian sungai. Hal ini berpedoman pada prinsip bahwa air dalam sungai akan bisa menjadi sumber malapetaka.

Pencemaran akibat industri misalnya, merupakan hal yang harus dihindari karena, baik polusi udara yang diakibatkannya maupun buangan limbah hasil proses pengolahan barang mentahnya sangat berbahaya bagi makhluk hidup. Jika industrialisasi merupakan proyek pembangunan yang tak bisa dihindari guna kemajuan manusia, maka setidaknya harus ada landasan bagaimana industriaisasi yang tak merugikan. Pencegahan pencemaran industri dimulai dari tahap perencanaan pembangunan maupun pengoperasian industri. Hal tersebut meliputi pemilihan lokasi yang dikaitkan dengan rencana tata ruang; studi yang menyangkut pengaruh dari pemilihan industri terhadap kemungkinan pencemaran dengan melalui prosedur AMDAL maupun ANDAL; pemilihan teknologi yang akan digunakan dalam proses produksi; dan yang lebih penting lagi adalah pemilihan teknologi yang tepat guna proses pengolahan limbah

industri termasuk daur ulang dari limbah tersebut. Hal ini penting mengingat kebutuhan kelestarian lingkungan yang ada di sekitarnya.

Dalam UU No. 23/1997 tentang Pokok-pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup (UUPLH) pasal 14 ayat 2 dinyatakan bahwa di samping ketentuan tentang baku mutu lingkungan hidup, ketentuan mengenai pencegahan dan penanggulangan pencemaran serta pemulihan daya tampungnya diatur dengan PP. Mengenai pencegahan dan penanggulangan pencemaran, dalam pasal 17 UULH dinyatakan bahwa: Ketentuan tentang pencegahan dan penanggulangan kerusakan dan pencemaran lingkungan hidup beserta pengawasannya yang dilakukan secara menyeluruh dan atau secara sektoral ditetapkan dengan Peraturan Perundangan. Dengan melihat kepedulian pemerintah dalam hal penyelamatan lingkungan hidup, maka masyarakat pun harus mendukung sekaligus mengontrol dari pelaksanaan berbagai kebijakan itu. Sebab yang demikian inilah yang disebut sebagai partisipasi dari kesadaran masyarakat.

POLUSI

Polusi atau pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya 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 menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Undang-undang Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup No. 4 Tahun 1982).

Zat atau bahan yang dapat mengakibatkan pencemaran disebut polutan. Syarat-syarat suatu zat disebut polutan bila keberadaannya dapat menyebabkan kerugian terhadap makhluk hidup. Contohnya, karbon dioksida dengan kadar 0,033% di udara berfaedah bagi tumbuhan, tetapi bila lebih tinggi dari 0,033% dapat memberikan efek merusak.

Suatu zat dapat disebut polutan apabila:

1. jumlahnya melebihi jumlah normal
2. berada pada waktu yang tidak tepat
3. berada pada tempat yang tidak tepat



Sifat polutan *adalah*:

1. merusak untuk sementara, tetapi bila telah bereaksi dengan zat lingkungan tidak merusak lagi
2. merusak dalam jangka waktu lama. Contohnya Pb tidak merusak bila konsentrasinya rendah. Akan tetapi dalam jangka waktu yang lama, Pb dapat terakumulasi dalam tubuh sampai tingkat yang merusak.

Macam-macam Pencemaran

Macam-macam pencemaran dapat dibedakan berdasarkan pada tempat terjadinya, macam bahan pencemarnya, dan tingkat pencemaran.

a. Menurut tempat terjadinya

Menurut tempat terjadinya, pencemaran dapat digolongkan menjadi tiga, yaitu pencemaran udara, air, dan tanah.

1. Pencemaran udara

Pencemar udara dapat berupa gas dan partikel. Contohnya sebagai berikut.

- a. Gas H₂S. Gas ini bersifat racun, terdapat di kawasan gunung berapi, bisa juga dihasilkan dari pembakaran minyak bumi dan batu bara.

- b. Gas CO dan CO₂. Karbon monoksida (CO) tidak berwarna dan tidak berbau, bersifat racun, merupakan hasil pembakaran yang tidak sempurna dari bahan buangan mobil dan mesin letup. Gas CO₂ dalam udara murni berjumlah 0,03%. Bila melebihi toleransi dapat mengganggu pernapasan. Selain itu, gas CO₂ yang terlalu berlebihan di bumi dapat mengikat panas matahari sehingga suhu bumi panas. Pemanasan global di bumi akibat CO₂ disebut juga sebagai efek rumah kaca.
- c. *Partikel SO₂* dan NO₂. Kedua partikel ini bersama dengan partikel cair membentuk embun, membentuk awan dekat tanah yang dapat mengganggu pernapasan. Partikel padat, misalnya bakteri, jamur, virus, bulu, dan tepung sari juga dapat mengganggu kesehatan.
- d. *Batu bara* yang mengandung sulfur melalui pembakaran akan menghasilkan sulfur dioksida. Sulfur dioksida bersama dengan udara serta oksigen dan sinar matahari dapat menghasilkan asam sulfur. Asam ini membentuk kabut dan suatu saat akan jatuh sebagai hujan yang disebut hujan asam. Hujan asam dapat menyebabkan gangguan pada manusia, hewan, maupun tumbuhan. Misalnya gangguan pernapasan, perubahan morfologi pada daun, batang, dan benih.

Sumber polusi udara lain dapat berasal dari radiasi bahan radioaktif, misalnya, nuklir. Setelah peledakan nuklir, materi radioaktif masuk ke dalam atmosfer dan jatuh di bumi. Materi radioaktif ini akan terakumulasi di tanah, air, hewan, tumbuhan, dan juga pada manusia. Efek pencemaran nuklir terhadap makhluk hidup, dalam taraf tertentu, dapat menyebabkan mutasi, berbagai penyakit akibat kelainan gen, dan bahkan kematian.

Pencemaran udara dinyatakan dengan ppm (part per million) yang artinya jumlah cm³ polutan per m³ udara.

2. Pencemaran air

Polusi air dapat disebabkan oleh beberapa jenis pencemar sebagai berikut.

- a. Pembuangan limbah industri, sisa insektisida, dan pembuangan sampah domestik, misalnya, sisa detergen mencemari air. Buangan industri seperti Pb, Hg, Zn, dan CO, dapat terakumulasi dan bersifat racun.
- b. Sampah organik yang dibusukkan oleh bakteri menyebabkan O₂ di air berkurang sehingga mengganggu aktivitas kehidupan organisme air.
- c. Fosfat hasil pembusukan bersama H₂O dan pupuk pertanian terakumulasi dan menyebabkan *eutrofikasi*, yaitu penimbunan mineral yang menyebabkan pertumbuhan yang cepat pada alga (*Blooming alga*). Akibatnya, tanaman di dalam air tidak dapat berfotosintesis karena sinar matahari terhalang.

Salah satu bahan pencemar di laut ada lah tumpahan minyak bumi, akibat kecelakaan kapal tanker minyak yang sering terjadi. Banyak organisme akuatik yang mati atau keracunan karenanya. (Untuk membersihkan kawasan tercemar diperlukan koordinasi dari berbagai pihak dan dibutuhkan biaya yang mahal. Bila terlambat penanggulangannya, kerugian manusia semakin banyak. Secara ekologis, dapat mengganggu ekosistem laut.

Bila terjadi pencemaran di air, maka terjadi akumulasi zat pencemar pada tubuh organisme air. Akumulasi pencemar ini semakin meningkat pada organisme pemangsa yang lebih besar.

3. Pencemaran tanah

Pencemaran tanah disebabkan oleh beberapa jenis pencemaran berikut ini :

- a. sampah-sampah pla.stik yang sukar hancur, botol, karet sintesis, pecahan kaca, dan kaleng
- b. detergen yang bersifat *non bio degradable* (secara alami sulit diuraikan)
- c. zat kimia dari buangan pertanian, misalnya insektisida.

4. Polusi suara

Polusi suara disebabkan oleh suara bising kendaraan bermotor, kapal terbang, deru mesin pabrik, radio/tape recorder yang berbunyi keras sehingga mengganggu pendengaran.

b. Menurut macam bahan pencemar

Macam bahan pencemar adalah sebagai berikut.

1. Kimiawi; berupa zat radio aktif, logam (Hg, Pb, As, Cd, Cr dan Hi), pupuk anorganik, pestisida, detergen dan minyak.
2. Biologi; berupa mikroorganisme, misalnya *Escherichia coli*, *Entamoeba coli*, dan *Salmonella thyposa*.
3. Fisik; berupa kaleng-kaleng, botol, plastik, dan karet.

c. Menurut tingkat pencemaran

Menurut WHO, tingkat pencemaran didasarkan pada kadar zat pencemar dan waktu (lamanya) kontak. Tingkat pencemaran dibedakan menjadi 3, yaitu sebagai berikut :

1. Pencemaran yang mulai mengakibatkan iritasi (gangguan) ringan pada panca indra dan tubuh serta telah menimbulkan kerusakan pada ekosistem lain. Misalnya gas buangan kendaraan bermotor yang menyebabkan mata pedih.
2. Pencemaran yang sudah mengakibatkan reaksi pada faal tubuh dan menyebabkan sakit yang kronis. Misalnya pencemaran Hg (air raksa) di Minamata Jepang yang menyebabkan kanker dan lahirnya bayi cacat.
3. Pencemaran yang kadar zat-zat pencemarnya demikian besarnya sehingga menimbulkan gangguan dan sakit atau kematian dalam lingkungan. Misalnya pencemaran nuklir.

2. Parameter Pencemaran

Dengan mengetahui beberapa parameter yang ada pada daerah/kawasan penelitian akan dapat diketahui tingkat pencemaran atau apakah lingkungan itu sudah terkena pencemaran atau belum. Parameterparameter yang merupakan indikator terjadinya pencemaran adalah sebagai berikut :

a. Parameter kimia

Parameter kimia meliputi CO₂, pH, alkalinitas, fosfor, dan logam-logam berat.

b. Parameter biokimia

Parameter biokimia meliputi BOD (Biochemical Oxygen Demand), yaitu jumlah oksigen dalam air. Cara pengukurannya adalah dengan menyimpan sampel air yang telah diketahui kandungan oksigennya selama 5 hari. Kemudian kadar oksigennya diukur lagi. BOD digunakan untuk mengukur banyaknya pencemar organik.

Menurut menteri kesehatan, kandungan oksigen dalam air minum atau BOD tidak boleh kurang dari 3 ppm.

c. Parameter fisik

Parameter fisik meliputi temperatur, warna, rasa, bau, kekeruhan, dan radioaktivitas.

d. Parameter biologi

Parameter biologi meliputi ada atau tidaknya mikroorganisme, misalnya, bakteri coli, virus, bentos, dan plankton.

PERUBAHAN LINGKUNGAN

Perubahan lingkungan mempengaruhi berbagai aspek kehidupan. Perubahan yang terjadi pada lingkungan hidup manusia menyebabkan adanya gangguan terhadap keseimbangan karena sebagian dari komponen lingkungan menjadi berkurang fungsinya. Perubahan lingkungan dapat terjadi karena campur tangan manusia dan dapat pula karena faktor alami. Dampak dari perubahannya belum tentu sama, namun akhirnya manusia juga yang mesti memikul serta mengatasinya.

1. Perubahan Lingkungan karena Campur Tangan Manusia

Perubahan lingkungan karena campur tangan manusia contohnya penebangan hutan, pembangunan pemukiman, dan penerapan intensifikasi pertanian.

Penebangan hutan yang liar mengurangi fungsi hutan sebagai penahan air. Akibatnya, daya dukung hutan menjadi berkurang. Selain itu, penggundulan hutan dapat menyebabkan terjadi banjir dan erosi. Akibat lain adalah munculnya harimau, babi hutan, dan ular di tengah pemukiman manusia karena semakin sempitnya habitat hewan-hewan tersebut. **Lihat Gambar 8.8.**

Pembangunan pemukiman pada daerah-daerah yang subur merupakan salah satu tuntutan kebutuhan akan pangan. Semakin padat populasi manusia, lahan yang semula produktif menjadi tidak atau kurang produktif.

Pembangunan jalan kampung dan desa dengan cara betonisasi mengakibatkan air sulit meresap ke dalam tanah. Sebagai akibatnya, bila hujan lebat memudahkan terjadinya banjir. Selain itu, tumbuhan di sekitarnya menjadi kekurangan air sehingga tumbuhan tidak efektif melakukan fotosintesis. Akibat lebih lanjut, kita merasakan pangs akibat tumbuhan tidak secara optimal memanfaatkan CO₂, peran tumbuhan sebagai produsen terhambat.

Penerapan intensifikasi pertanian dengan cara panca usaha tani, di satu sisi meningkatkan produksi, sedangkan di sisi lain bersifat merugikan. Misalnya, penggunaan pupuk dan pestisida dapat menyebabkan pencemaran. Contoh lain pemilihan bibit unggul sehingga dalam satu kawasan lahan hanya ditanami satu macam tanaman, disebut pertanian *tipe monokultur*, dapat mengurangi keanekaragaman sehingga keseimbangan ekosistem sulit untuk diperoleh. Ekosistem dalam keadaan tidak stabil. Dampak yang lain akibat penerapan tipe ini adalah terjadinya ledakan hama.

2. Perubahan Lingkungan karena Faktor Alam

Perubahan lingkungan secara alami disebabkan oleh bencana alam. Bencana alam seperti kebakaran hutan di musim kemarau menyebabkan kerusakan dan matinya organisme di hutan tersebut. Selain itu, terjadinya letusan gunung menjadikan kawasan di sekitarnya rusak.

Sehubungan dengan pemanfaatan sumber daya alam, agar lingkungan tetap lestari, harus diperhatikan tatanan/tata cara lingkungan itu sendiri. Dalam hal ini manusia yang paling tepat sebagai pengelolanya karena manusia memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan organisme lain. Manusia mampu merombak, memperbaiki, dan mengkondisikan lingkungan seperti yang dikehendakinya, seperti:

1. manusia mampu berpikir serta meramalkan keadaan yang akan datang
2. manusia memiliki ilmu dan teknologi
3. manusia memiliki akal dan budi sehingga dapat memilih hal-hal yang baik.

Pengelolaan lingkungan hidup adalah upaya terpadu dalam pemanfaatan, penataan, pemeliharaan, pengawasan, pengendalian, pemulihan, dan pengembangan lingkungan hidup.

Pengelolaan ini mempunyai tujuan sebagai berikut.

1. Mencapai kelestarian hubungan manusia dengan lingkungan hidup sebagai tujuan membangun manusia seutuhnya.
2. Mengendalikan pemanfaatan sumber daya secara bijaksana.
3. Mewujudkan manusia sebagai pembina lingkungan hidup.
4. Melaksanakan pembangunan berwawasan lingkungan untuk kepentingan generasi sekarang dan mendatang.

Melindungi negara terhadap dampak kegiatan di luar wilayah negara yang menyebabkan kerusakan dan pencemaran lingkungan. Melalui penerapan pengelolaan lingkungan hidup akan terwujud kedinamisan dan harmonisasi antara manusia dengan lingkungannya. Untuk mencegah dan menghindari tindakan manusia yang bersifat kontradiksi dari hal-hal tersebut di atas, pemerintah telah menetapkan kebijakan melalui Undang-undang Lingkungan Hidup.

Undang-undang lingkungan hidup

Undang-undang tentang ketentuan-ketentuan pokok pengelolaan lingkungan hidup disahkan oleh Presiden Republik Indonesia pada tanggal 11 Maret 1982. Undang-undang ini berisi 9 Bab terdiri dari 24 pasal. Undang-undang lingkungan hidup bertujuan mencegah kerusakan lingkungan, meningkatkan kualitas

lingkungan hidup, dan menindak pelanggaran-pelanggaran yang menyebabkan rusaknya lingkungan.

Undang-undang lingkungan hidup antara lain berisi hak, kewajiban, wewenang dan ketentuan pidana yang meliputi berikut ini.

1. Setiap orang mempunyai hak atas lingkungan hidup yang baik dan sehat.
2. Setiap orang berkewajiban memelihara lingkungan dan mencegah serta menanggulangi kerusakan dan pencemaran lingkungan
3. Setiap orang mempunyai hak untuk berperan serta dalam rangka pengelolaan lingkungan hidup. Peran serta tersebut diatur dengan perundang-undangan.
4. Barang siapa yang dengan sengaja atau karena kelalaiannya melakukan perbuatan yang menyebabkan rusaknya lingkungan hidup atau tercemarnya lingkungan hidup diancam pidana penjara atau denda.

Upaya pengelolaan yang telah digalakkan dan undang-undang yang telah dikeluarkan belumlah berarti tanpa didukung adanya kesadaran manusia akan arti penting lingkungan dalam rangka untuk meningkatkan kualitas lingkungan serta kesadaran bahwa lingkungan yang ada saat ini merupakan titipan dari generasi yang akan datang.

Upaya pengelolaan limbah yang saat ini tengah digalakkan adalah pendaurulangan atau **recycling**. Dengan daur ulang dimungkinkan pemanfaatan sampah, misalnya plastik, aluminium, dan kertas menjadi barang-barang yang bermanfaat.

Usaha lain dalam mengurangi polusi adalah memanfaatkan tenaga surya. Tenaga panas matahari disimpan dalam sel-sel solar untuk kemudian dimanfaatkan dalam keperluan memasak, memanaskan ruangan, dan tenaga gerak. Tenaga surya ini tidak menimbulkan polusi.

Selain tenaga surya, tenaga angin dapat pula digunakan sebagai sumber energi dengan menggunakan kincir-kincir angin.

Di beberapa negara maju telah banyak dilakukan pemisahan sampah organik dan anorganik untuk keperluan daur ulang. Dalam tiap rumah tangga terdapat tempat sampah yang berwarna-warni sesuai peruntukannya.

Alam pada dasarnya mempunyai sifat yang beraneka ragam, namun serasi dan seimbang. Oleh karena itu, perlindungan dan pengawetan alam harus terus dilakukan untuk mempertahankan keserasian dan keseimbangan itu.

Semua kekayaan bumi, baik biotik maupun abiotik, yang dapat dimanfaatkan untuk kesejahteraan manusia merupakan sumber daya alam. Tumbuhan, hewan, manusia, dan mikroba merupakan sumber daya alam hayati, sedangkan faktor abiotik lainnya merupakan sumber daya alam nonhayati. Pemanfaatan sumber daya alam harus diikuti oleh pemeliharaan dan pelestarian karena sumber daya alam bersifat terbatas.

Sumber daya alam ialah semua kekayaan bumi, baik biotik maupun abiotik yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan manusia dan kesejahteraan manusia, misalnya: tumbuhan, hewan, udara, air, tanah, bahan tambang, angin, cahaya matahari, dan mikroba (jasad renik).

Menurut urutan kepentingan, kebutuhan hidup manusia, dibagi menjadi dua sebagai berikut.

1. Kebutuhan Dasar.

Kebutuhan ini bersifat mutlak diperlukan untuk hidup sehat dan aman.

Yang termasuk kebutuhan ini adalah sandang, pangan, papan, dan udara bersih.

2. Kebutuhan sekunder.

Kebutuhan ini merupakan segala sesuatu yang diperlukan untuk lebih menikmati hidup, yaitu rekreasi, transportasi, pendidikan, dan hiburan.

Mutu lingkungan

Pandangan orang dalam memenuhi kebutuhan hidupnya memang berbeda-beda karena antara lain dipengaruhi oleh faktor ekonomi, pertimbangan kebutuhan, sosial budaya, dan waktu.

Semakin meningkat pemenuhan kebutuhan untuk kelangsungan hidup, maka semakin baik pula mutu hidup. Derajat pemenuhan kebutuhan dasar manusia dalam kondisi lingkungan disebut mutu lingkungan.

Daya dukung lingkungan

Ketersediaan sumber daya alam untuk memenuhi kebutuhan dasar, dan tersedianya cukup ruang untuk hidup pada tingkat kestabilan sosial tertentu disebut *daya dukung lingkungan*. Singkatnya, daya dukung lingkungan ialah kemampuan lingkungan untuk mendukung perikehidupan semua makhluk hidup.

Di bumi ini, penyebaran sumber daya alam tidak merata letaknya. Ada bagianbagian bumi yang sangat kaya akan mineral, ada pula yang tidak. Ada yang baik untuk pertanian ada pula yang tidak. Oleh karena itu, agar pemanfaatannya dapat berkesinambungan, maka tindakan eksploitasi sumber daya alam harus disertai dengan tindakan perlindungan. Pemeliharaan dan pengembangan lingkungan hidup harus dilakukan dengan cara yang rasional antara lain sebagai berikut :

1. Memanfaatkan sumber daya alam yang dapat diperbaharui dengan hati-hati dan efisien, misalnya: air, tanah, dan udara.
2. Menggunakan bahan pengganti, misalnya hasil metalurgi (campuran).
3. Mengembangkan metoda menambang dan memproses yang efisien, serta daurulangan (recycling).
4. Melaksanakan etika lingkungan berdasarkan falsafah hidup secara damai dengan alam.

1. Macam-macam sumber Daya Alam

Sumber daya alam dapat dibedakan berdasarkan sifat, potensi, dan jenisnya.

a. Berdasarkan sifat

Menurut sifatnya, sumber daya alam dapat dibagi 3, yaitu sebagai berikut :

1. *Sumber daya alam yang terbarukan (renewable)*, misalnya: hewan, tumbuhan, mikroba, air, dan tanah. Disebut ter barukan karena dapat melakukan reproduksi dan memiliki daya regenerasi (pulih kembali).
2. *Sumber daya alam yang tidak terbarukan (nonrenewable)*, misalnya: minyak tanah, gas bumf, batu tiara, dan bahan tambang lainnya.
3. *Sumber daya alam yang tidak habis*, misalnya, udara, matahari, energi pasang surut, dan energi laut.

b. Berdasarkan potensi

Menurut potensi penggunaannya, sumber daya alam dibagi beberapa macam, antara lain sebagai berikut.

1. *Sumber daya alam materi*; merupakan sumber daya alam yang dimanfaatkan dalam bentuk fisiknya. Misalnya, batu, besi, emas, kayu, serat kapas, rosela, dan sebagainya.
2. *Sumber daya alam energi*; merupakan sumber daya alam yang dimanfaatkan energinya. Misalnya batu bara, minyak bumi, gas bumi, air terjun, sinar matahari, energi pasang surut laut, kincir angin, dan lain-lain.

3. *Sumber daya alam ruang*; merupakan sumber daya alam yang berupa ruang atau tempat hidup, misalnya area tanah (daratan) dan angkasa.

c. Berdasarkan jenis

Menurut jenisnya, sumber daya alam dibagi dua sebagai berikut :

1. *Sumber daya alam nonhayati (abiotik)*; disebut juga sumber daya alam fisik, yaitu sumber daya alam yang berupa benda-benda mati. Misalnya : bahan tambang, tanah, air, dan kincir angin.

2. *Sumber daya alam hayati (biotik)*; merupakan sumber daya alam yang berupa makhluk hidup. Misalnya: hewan, tumbuhan, mikroba, dan manusia. Uraian di sini hanya akan ditekankan pada sumber daya alam hayati, termasuk di dalamnya sumber daya manusia (SDM).

2. Sumber Daya Tumbuhan

Berbicara tentang sumber daya alam tumbuhan kita tidak dapat menyebutkan jenis tumbuhannya, melainkan kegunaannya. Misalnya berguna untuk pangan, sandang, papan, dan rekreasi. Akan tetapi untuk bunga-bunga tertentu, seperti melati, anggrek bulan, dan ***Rafflesia arnoldi*** merupakan pengecualian karena ketiga tanaman bunga tersebut sejak tanggal 9 Januari 1993 telah ditetapkan dalam Keppres No. 4 tahun 1993 sebagai bunga nasional dengan masing-masing gelar sebagai berikut.

1. Melati sebagai bunga bangsa.
2. Anggrek bulan sebagai bunga pesona.
3. *Rafflesia arnoldi* sebagai bunga langka.

Tumbuhan memiliki kemampuan untuk menghasilkan oksigen dan tepung melalui proses fotosintesis. Oleh karena itu, tumbuhan merupakan produsen atau penyusun dasar rantai makanan.

Eksplorasi tumbuhan yang berlebihan dapat mengakibatkan kerusakan dan kepunahan, dan hal ini akan berkaitan dengan rusaknya rantai makanan.

Kerusakan yang terjadi karena punahnya salah satu faktor dari rantai makanan akan berakibat punahnya konsumen tingkat di atasnya. Jika suatu spesies organisme punah, maka spesies itu tidak pernah akan muncul lagi. Dipandang dari segi ilmu pengetahuan, hal itu merupakan suatu kerugian besar.

Selain telah adanya sumber daya tumbuhan yang punah, beberapa jenis tumbuhan langka terancam pula oleh kepunahan, misalnya *Rafflesia arnoldi* (di Indonesia) dan pohon raksasa kayu merah (Giant Redwood di Amerika). Dalam mengeksploitasi sumber daya tumbuhan, khususnya hutan, perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut.

- a. Tidak melakukan penebangan pohon di hutan dengan semena-mena (tebang habis).
- b. Penebangan kayu di hutan dilaksanakan dengan terencana dengan sistem tebang pilih (penebangan selektif). Artinya, pohon yang ditebang adalah pohon yang sudah tua dengan ukuran tertentu yang telah ditentukan.
- c. Cara penebangannya pun harus dilaksanakan sedemikian rupa sehingga tidak merusak pohon-pohon muda di sekitarnya.
- d. Melakukan reboisasi (reforestasi), yaitu menghutankan kembali hutan yang sudah terlanjur rusak.
- e. Melaksanakan aforestasi, yaitu menghutankan daerah yang bukan hutan untuk mengganti daerah hutan yang digunakan untuk keperluan lain.
- f. Mencegah kebakaran hutan.

Kerusakan hutan yang paling besar dan sangat merugikan adalah kebakaran hutan. Diperlukan waktu yang lama untuk mengembalikannya menjadi hutan kembali.

Hal-hal yang sering menjadi penyebab kebakaran hutan antara lain sebagai berikut :

- a. Musim kemarau yang sangat panjang.
- b. Meninggalkan bekas api unggun yang membara di hutan.
- c. Pembuatan arang di hutan.
- d. Membuang puntung rokok sembarangan di hutan.

Untuk mengatasi kebakaran hutan diperlukan hal-hal berikut ini.

- a. Menara pengamat yang tinggi dan alat telekomunikasi.
- b. Patroli hutan untuk mengantisipasi kemungkinan kebakaran.
- c. Sistem transportasi mobil pemadam kebakaran yang siap digunakan.

Pemadaman kebakaran hutan dapat dilakukan dengan dua cara seperti berikut ini :

- a. Secara langsung dilakukan pada api kecil dengan penyemprotan air.

b. Secara tidak langsung pada api yang telah terlanjur besar, yaitu melokalisasi api dengan membakar daerah sekitar kebakaran, dan mengarahkan api ke pusat pembakaran. Biasanya dimulai dari daerah yang menghambat jalannya api, seperti: sungai, danau, jalan, dan puncak bukit.

Pengelolaan hutan seperti di atas sangat penting demi pengawetan maupun pelestariannya karena banyaknya fungsi hutan seperti berikut ini :

1. Mencegah erosi; dengan adanya hutan, air hujan tidak langsung jatuh ke permukaan tanah, dan dapat diserap oleh akar tanaman.
2. Sumber ekonomi; melalui penyediaan kayu, getah, bunga, hewan, dan sebagainya.
3. Sumber plasma nutfah; keanekaragaman hewan dan tumbuhan di hutan memungkinkan diperolehnya keanekaragaman gen.
4. Menjaga keseimbangan air di musim hujan dan musim kemarau. Dengan terbentuknya humus di hutan, tanah menjadi gembur. Tanah yang gembur mampu menahan air hujan sehingga meresap ke dalam tanah, resapan air akan ditahan oleh akar-akar pohon. Dengan demikian, di musim hujan air tidak berlebihan, sedangkan di musim kemarau, danau, sungai, sumur dan sebagainya tidak kekurangan air.

3. Sumber Daya Hewan

Seperti pada ketiga macam bunga nasional, sejak tanggal 9-1-1995, ditetapkan pula tiga satwa nasional sebagai berikut :

1. Komodo (*Varanus komodoensis*) sebagai satwa nasional darat.
2. Ikan Solera merah sebagai satwa nasional air.
3. Elang jawa sebagai satwa nasional udara.

Selain ketiga satwa nasional di atas, masih banyak satwa Indonesia yang langka dan hampir punah. Misalnya Cendrawasih, Maleo, dan badak bercula satu.

Untuk mencegah kepunahan satwa langka, diusahakan pelestarian secara *in situ* dan *ex situ*. *Pelestarian in situ* adalah pelestarian yang dilakukan di habitat asalnya, sedangkan *pelestarian ex situ* adalah pelestarian satwa langka dengan memindahkan satwa langka dari habitatnya ke tempat lain.

Sumber daya alam hewan dapat berupa hewan liar maupun hewan yang sudah dibudidayakan. Termasuk sumber daya alam satwa liar adalah penghuni hutan, penghuni padang rumput, penghuni padang ilalang, penghuni steppa, dan

penghuni savana. Misalnya badak, harimau, gajah, kera, ular, babi hutan, bermacam-macam burung, serangga, dan lainnya.

Termasuk sumber daya alam hewan piaraan antara lain adalah lembu, kuda, domba, kelinci, anjing, kucing, bermacam-macam unggas, ikan hias, ikan lele dumbo, ikan lele lokal, kerang, dan siput.

Terhadap hewan peliharaan itulah sifat terbarukan dikembangkan dengan baik. Selain memungut hasil dari peternakan dan perikanan, manusia juga melakukan persilangan untuk mencari bibit unggul guna menambah keanekaragaman ternak.

Dipandang dari peranannya, hewan dapat digolongkan sebagai berikut :

- a. Sumber pangan, antara lain sapi, kerbau, ayam, itik, lele, dan mujaer.
- b. Sumber sandang, antara lain bulu domba dan ulat sutera.
- c. Sumber obat-obatan, antara lain ular kobra dan lebah madu.
- d. Piaraan, antara lain kucing, burung, dan ikan hias.

Untuk menjaga kelestarian satwa Langka, maka penangkapan hewan-hewan dan juga perburuan haruslah mentaati peraturan tertentu seperti berikut ini :

1. Para pemburu harus mempunyai lisensi (surat izin berburu).
2. Senjata untuk berburu harus tertentu macamnya.
3. Membayar pajak dan mematuhi undang-undang perburuan.
4. Harus menyerahkan sebagian tubuh yang diburunya kepada petugas sebagai trophy, misalnya tanduknya.
5. Tidak boleh berburu hewan-hewan langka.
6. Ada hewan yang boleh ditangkap hanya pada bulan-bulan tertentu saja. Misalnya, ikan salmon pada musim berbiak di sungai tidak boleh ditangkap, atau kura-kura pada musim akan bertelur.
7. Harus melakukan konvensi dengan baik. Konvensi ialah aturan-aturan yang tidak tertulis tetapi harus sudah diketahui oleh si pemburu dengan sendirinya. Misalnya, tidak boleh menembak hewan buruan yang sedang bunting, dan tidak boleh membiarkan hewan buas buruannya lepas dalam keadaan terluka.

Akan tetapi, seringkali peraturan-peraturan tersebut tidak ditaati bahkan ada yang diam-diam memburu satwa langka untuk dijadikan bahan komoditi yang berharga. Satwa yang sering diburu untuk diambil kulitnya antara lain macan, beruang, dan ular, sedangkan gajah diambil gadingnya.

Sumber Daya Mikroba

Di samping sumber daya alam hewan dan tumbuhan terdapat sumber daya alam hayati yang bersifat mikroskopis, yaitu mikroba. Selain berperan sebagai dekomposer (pengurai) di dalam ekosistem, mikroba sangat penting artinya dalam beberapa hal seperti berikut ini :

- a. sebagai bahan pangan atau mengubah bahan pangan menjadi bentuk lain, seperti tape, sake, tempe, dan oncom
- b. penghasil obat-obatan (antibiotik), misalnya, penisilin
- c. membantu penyelesaian masalah pencemaran, misalnya pembuatan biogas dan daur ulang sampah
- d. membantu membasmi hama tanaman, misalnya *Bacillus thuringiensis*
- e. untuk rekayasa genetika, misalnya, pencangkakan gen virus dengan gen sel hewan untuk menghasilkan interferon yang dapat melawan penyakit karena virus.

Rekayasa genetika dimulai Tahun **1970 oleh Dr. Paul Berg. Rekayasa genetika** adalah penganekaragaman genetik dengan memanfaatkan fungsi materi genetik dari suatu organisme. Cara-cara rekayasa genetika tersebut antara lain: kultur jaringan, mutasi buatan, persilangan, dan pencangkakan gen. Rekayasa genetika dapat dimanfaatkan untuk tujuan berikut ini :

1. mendapatkan produk pertanian baru, seperti "pomato", merupakan persilangan dari *potato* (kentang) dan *tomato* (tomat)
2. mendapatkan temak yang berkadar protein lebih tinggi
3. mendapatkan temak atau tanaman yang tahan hama
4. mendapatkan tanaman yang mampu menghasilkan insektisida sendiri.

Akhir-akhir ini tampak bahwa penggunaan sumber daya alam cenderung naik terus, karena:

- a. penambahan penduduk yang cepat
- b. perkembangan peradaban manusia yang didukung oleh kemajuan sains dan teknologi.

Oleh karena itu, agar sumber daya alam dapat bermanfaat dalam waktu yang panjang maka hal-hal berikut sangat perlu dilaksanakan.

1. Sumber daya alam harus dikelola untuk mendapatkan manfaat yang maksimal, tetapi pengelolaan sumber daya alam harus diusahakan agar produktivitasnya tetap berkelanjutan.

2. Eksploitasinya harus di bawah batas daya regenerasi atau asimilasi sumber daya alam.
3. Diperlukan kebijaksanaan dalam pemanfaatan sumber daya alam yang ada agar dapat lestari dan berkelanjutan dengan menanamkan pengertian sikap serasi dengan lingkungannya.
4. Di dalam pengelolaan sumber daya alam hayati perlu adanya pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :
 - a. Teknologi yang dipakai tidak sampai merusak kemampuan sumber daya untuk pembaruannya.
 - b. Sebagian hasil panen harus digunakan untuk menjamin pertumbuhan sumber daya alam hayati.
 - c. Dampak negatif pengelolaannya harus ikut dikelola, misalnya dengan daur ulang.
 - d. Pengelolaannya harus secara serentak disertai proses pembaruannya.

5. Sumber Daya Manusia

Manusia dibedakan dari sumber daya alam hayati lainnya karena manusia memiliki kebudayaan, akal, dan budi yang tidak dimiliki oleh tumbuhan maupun hewan. Meskipun paling tinggi derajatnya, namun dalam ekosistem, manusia juga berinteraksi dengan lingkungannya, mempengaruhi dan dipengaruhi lingkungannya sehingga termasuk dalam salah satu faktor saling ketergantungan. Berbeda dengan sumber daya hayati lainnya, penggunaan sumber daya manusia dibagi dua, yaitu sebagai berikut :

a. Manusia sebagai sumber daya fisik

Dengan energi yang tersimpan dalam ototnya manusia dapat bekerja dalam berbagai bidang, antara lain: bidang perindustrian, transportasi, perkebunan, perikanan, perhutanan, dan peternakan.

b. Manusia sebagai sumber daya mental

Kemampuan berpikir manusia merupakan suatu sumber daya alam yang sangat penting, karena berfikir merupakan landasan utama bagi kebudayaan. Manusia sebagai makhluk hidup berbudaya, mampu mengolah sumber daya alam untuk kepentingan hidupnya dan mampu mengubah keadaan sumber daya alam berkat kemajuan ilmu dan teknologinya. Dengan akal dan budinya, manusia menggunakan sumber daya alam dengan penuh kebijaksanaan. Oleh karena itu, manusia tidak dilihat hanya sebagai sumber energi, tapi yang terutama ialah sebagai sumber daya cipta (sumber daya mental) yang sangat penting bagi perkembangan kebudayaan manusia.