

Prinsip Dasar Konservasi Sumber Daya Alam dan Lingkungan

Prof.Dr. Ir. H. Dede Setiadi, M.S.



PENDAHULUAN

Dalam modul ini Anda akan mempelajari Latar Belakang Sumber Daya Alam (SDA) dan Lingkungan, Pengertian, Sejarah Konservasi Sumber Daya Alam dan Lingkungan serta Prinsip Ekologi yang menjadi dasar dalam melakukan Kegiatan Konservasi SDA dan Lingkungan.

Setelah mempelajari modul ini Anda diharapkan memiliki kemampuan untuk dapat menjelaskan prinsip-prinsip dasar konservasi sumber daya alam dan lingkungan.

Secara lebih khusus, setelah mempelajari modul ini Anda diharapkan dapat menjelaskan:

1. latar belakang terjadinya penurunan sumber daya alam dan lingkungan secara global;
2. pengertian sumber daya alam dan lingkungan;
3. beberapa istilah yang sering digunakan dalam konservasi SDA dan lingkungan;
4. prinsip-prinsip ekologi yang menjadi dasar dalam pengelolaan kegiatan konservasi SDA dan lingkungan.

Agar Anda lebih berhasil dalam mempelajari Modul ini, ikuti petunjuk belajar sebagai berikut.

1. Bacalah dengan cermat bagian Pendahuluan modul ini sampai Anda memahami betul.
2. Bacalah seluruh bagian modul ini dan carilah konsep-konsep yang bersifat prinsip dan penting.
3. Pelajari pengertian-pengertian dari isi modul dengan baik.
4. Mantapkan pemahaman Anda melalui diskusi dengan teman atau dengan kelompok belajar Anda.

Selamat belajar, semoga Anda berhasil!

KEGIATAN BELAJAR 1

Pengertian dan Sejarah Konservasi Sumber Daya Alam dan Lingkungan

Menurunnya sumber daya alam dan lingkungan disebabkan karena 4 masalah lingkungan global yang utama, antara lain (1) pertumbuhan populasi manusia yang cepat, (2) pencemaran lingkungan, (3) konsumsi sumber daya alam yang berlebihan, (4) penurunan dan perusakan sumber daya lahan.

A. PERTUMBUHAN POPULASI MANUSIA YANG CEPAT

Informasi dari bidang kependudukan menunjukkan adanya peningkatan jumlah penduduk dari tahun 1980 yang berjumlah 4,2 miliar orang menjadi 6 miliar jiwa pada tahun 2000 dan diperkirakan pada tahun 2014 populasi manusia menjadi 8,2 miliar orang. Cepatnya pertumbuhan manusia ini akan menjadi ancaman terhadap planet bumi dan akan mengakibatkan krisis lingkungan secara global, kebutuhan akan sumber daya alam meningkat.

Indonesia sendiri saat ini (tahun 2004) berpenduduk 220 juta orang, nomor 4 setelah Cina, India, dan Amerika.

B. PENCEMARAN LINGKUNGAN

Akibat meningkatkan kegiatan industri di negara-negara yang sedang maju, mengakibatkan berbagai macam pencemaran lingkungan terhadap udara, air dan tanah. Limbah yang dihasilkan oleh kegiatan industri yang mencemari lingkungan ini juga menyebabkan terjadinya krisis lingkungan secara global. Adanya pencemaran udara berupa gas-gas CO, SO, NO, dapat menyebabkan perubahan iklim dunia secara global (*Climate Change Global*). Akibat pencemaran lingkungan global dan perubahan iklim ini menyebabkan kerusakan dan perubahan terhadap keanekaragaman hayati termasuk di dalamnya penurunan sumber daya alam.

C. KERUSAKAN DAN KONSUMSI SUMBER DAYA ALAM YANG BERLEBIHAN

Adanya peningkatan kegiatan industri dan pembangunan menyebabkan peningkatan penggunaan atau konsumsi sumber daya alam yang berlebihan. Penggunaan sumber daya alam yang berlebih ini mengakibatkan kerusakan terhadap SDA dan lingkungan. Antara lain terjadinya kerusakan hutan, penggusuran lahan, perubahan areal hutan menjadi non hutan. Sebagai contoh di daerah Afrika dan negara-negara tropis luas areal hutan yang menjadi non-hutan jumlahnya meningkat pesat. Diperkirakan kerusakan hutan tropis setiap tahun sebesar 4 juta hektar (Anonymous, 2004).

D. PERUSAKAN SUMBER DAYA LAHAN

Masalah perusakan sumber daya tanah ini terjadi sebagai akibat adanya kegiatan-kegiatan yang mengonversi dan mengeksploitasi sumber daya tanah secara berlebihan yang menyebabkan terjadinya perusakan sumber daya lahan. Lahan didefinisikan sebagai suatu lingkungan fisik yang meliputi tanah, iklim, relief, hidrologi, dan vegetasi di mana faktor-faktor tersebut saling mempengaruhi potensi penggunaannya (Hardjowigeno, 1994). Konversi areal hutan menjadi non-hutan, areal pertanian menjadi non-pertanian akan dapat menyebabkan terjadinya erosi tanah, penurunan kesuburan tanah dan hilangnya lahan-lahan subur menjadi daerah kawasan non-pertanian. Adanya penggunaan lahan untuk kegiatan pertanian tanpa melaksanakan upaya konservasi tanah juga menimbulkan penurunan dan perusakan sumber daya tanah.

Untuk mengurangi dan menghindari kerusakan sumber daya alam dan lingkungan itu, khususnya sumber daya lahan maka kita perlu melaksanakan upaya-upaya konservasi tanah, yang di berbagai sektor dan kegiatan di bidang pertanian, transmigrasi, pembukaan wilayah dan perubahan tata ruang dengan tujuan agar dapat tercapai optimalisasi dan efisiensi penggunaan sumber daya alam lahan. Penerapan dan pelaksanaan konservasi tanah ini harus dilakukan secara lintas sektoral.

Permasalahan konservasi sumber daya alam di Indonesia disebabkan karena beberapa hal, antara lain sebagai berikut.

1. Potensi Sumber Daya Alam yang Semakin Menurun

Indonesia memiliki sumber daya alam yang melimpah, seperti hutan, minyak, gas bumi dan tambang lain. Kegiatan pemanfaatan dilakukan terus-menerus dan semakin meningkat. Maka, sekarang dirasakan sumber daya alam tersebut semakin cepat berkurang baik kualitasnya maupun kuantitasnya.

Dikhawatirkan bahwa dalam waktu yang tidak begitu lama persediaan sumber daya alam tersebut akan menjadi langka sehingga diperlukan adanya kegiatan konservasi sumber daya alam.

2. Pertumbuhan Penduduk

Pertumbuhan penduduk di Indonesia masih cukup tinggi (sampai dengan tahun 1996 pertumbuhan penduduk Indonesia sebesar 1,3% per tahun) sehingga upaya pemenuhan kebutuhan pokok, seperti sandang, pangan, dan perumahan akan terus meningkat setiap tahun. Hal ini akan menyebabkan permintaan akan sumber daya alam semakin meningkat pula. Kebutuhan akan lahan, baik untuk pertanian dan perumahan, akan menyebabkan perubahan fungsi sumber daya lahan antara lain areal hutan dan lahan-lahan pertanian berubah menjadi areal pemukiman, transmigrasi dan kawasan industri. Berubahnya areal hutan menjadi areal lain akan mengakibatkan perubahan terhadap sumber daya lahan. Akibat pertambahan penduduk yang semakin meningkat akan menurunkan sumber daya alam dan lingkungan.

3. Perkembangan Ekonomi yang Tidak Berwawasan Lingkungan

Perkembangan ekonomi yang pesat telah mendorong berkembangnya industri yang menggunakan bahan baku yang berasal dari sumber daya alam (SDA). Akibatnya penggunaan sumber daya alam juga akan meningkat. Oleh karena itu, di masa datang penyediaan sumber daya alam sebagai bahan baku industri akan menjadi masalah bagi negara-negara yang mengelola sumber daya alamnya tidak baik.

Pengambilan sumber daya alam harus tidak merusak lingkungan. Pengambilan sumber daya alam harus memperhatikan prinsip kontinuitas keberadaan sumber daya alam tersebut dengan memperhatikan kepentingan generasi yang akan datang.

Akibat perkembangan ekonomi yang tidak berwawasan lingkungan akan mendorong perlunya tindakan konservasi dalam pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan.

4. Kemajuan Teknologi dan Pembangunan Harus Berwawasan Lingkungan

Kemajuan teknologi dalam pembangunan dapat meningkatkan eksploitasi sumber daya alam yang berlebihan. Hal ini akan menyebabkan perusakan sumber daya alam yang semakin cepat. Termasuk penggunaan alat-alat berat dalam kegiatan pembangunan akan dapat merusak sumber daya alam terutama tanah dan vegetasi hutan. Dalam rangka pembangunan yang berkesinambungan maka sumber daya alam ini harus selalu tersedia, oleh karenanya kegiatan konservasi perlu dilakukan dalam rangka menunjang kegiatan pembangunan yang menggunakan teknologi yang semakin tinggi. Kemajuan teknologi dalam pembangunan, harus berwawasan lingkungan.

Berdasarkan keempat permasalahan di atas maka disusunlah "strategi konservasi alam" di Indonesia agar dapat menjadi pedoman bagi para pengelola sumber daya alam dalam menggunakan dan memanfaatkan sumber daya alam tersebut untuk dapat memenuhi kebutuhan masyarakat dalam pembangunan guna kepentingan generasi masa kini dan masa datang.

Tujuan Konservasi Sumber daya Alam yang ingin dicapai di Indonesia adalah terjaminnya kebutuhan dasar material, spiritual dan budaya masyarakat, baik kualitas maupun kuantitasnya secara lestari dan berkesinambungan. Untuk mencapai tujuan konservasi tersebut maka harus dilakukan upaya-upaya sebagai berikut.

- a. Menjamin kelestarian manfaat dari sumber daya alam bagi masyarakat dalam pembangunan yang berkesinambungan.
- b. Menjamin terpeliharanya keanekaragaman jenis dan sumber plasma nutfah.
- c. Menjamin terpeliharanya kelangsungan proses-proses ekologi yang esensial dan sistem pendukung kehidupan.
- d. Meningkatkan peran serta masyarakat dalam upaya konservasi sumber daya alam.

E. DEFINISI DAN PENGERTIAN KONSERVASI

Konservasi berasal dari istilah *Conservation* yang artinya *pengawetan* atau *perlindungan*. Konservasi sumber daya alam dapat didefinisikan sebagai kegiatan yang meliputi perlindungan, pengawetan, pemeliharaan, rehabilitasi, introduksi, pelestarian, pemanfaatan dan pengembangan sumber daya alam (Anonim, 1985).

Selanjutnya dari pengertian di atas, yang dimaksud dengan konservasi sumber daya alam adalah suatu upaya pengelolaan sumber daya alam yang menjamin:

1. perlindungan terhadap proses-proses ekologis dan sistem penyangga kehidupan, seperti perlindungan terhadap siklus udara, siklus air, sistem hidrologis;
2. perlindungan sumber daya alam dan keanekaragaman sumber plasma nutfah, seperti pengawetan tanah, air, flora, fauna;
3. pemanfaatan secara lestari sumber daya alam dan lingkungan, seperti penggunaan lahan pertanian secara terus-menerus untuk suatu kegiatan produksi pertanian tanpa mengurangi potensinya.

Beberapa pengertian dasar dalam masalah konservasi sumber daya alam di Indonesia yang harus diketahui, antara lain sebagai berikut.

1. Sumber daya Alam, adalah unsur lingkungan alam baik fisik(non-hayati) maupun hayati yang diperlukan manusia untuk memenuhi kebutuhannya dan kesejahteraannya (Soerianegara, 1978). Sumber daya alam di Indonesia merupakan kekayaan alam Indonesia yang berdasarkan Undang-undang Dasar 1945 dikuasai oleh negara dan dipergunakan untuk kemakmuran rakyat. Sumber daya alam merupakan unsur dari ekosistem Indonesia.
2. Ekosistem adalah suatu tatanan kesatuan secara utuh menyeluruh antara segenap unsur lingkungan biotik dan abiotik yang saling mempengaruhi.
3. Lingkungan Hidup, sebagai ekosistem adalah suatu kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup termasuk di dalamnya manusia dan perilakunya yang mempengaruhi kelangsungan perilaku kehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lainnya. Lingkungan hidup Indonesia meliputi aspek sosial budaya, ekonomi dan fisik terdiri dari lingkungan alam hayati, lingkungan alam non-hayati, lingkungan buatan dan lingkungan sosial.
4. Sumber daya alam, terdiri dari sumber daya alam hayati, sumber daya alam non-hayati, dan sumber daya buatan.
5. Sumber daya alam hayati, merupakan sumber daya alam yang terdiri dari organisme hidup dan dapat diperbaharui, terdiri dari flora dan fauna.
6. Sumber daya alam non-hayati, antara lain tanah, air, udara, bahan tambang, minyak dan gas bumi, bentangan keindahan alam dan sinar matahari, merupakan sumber daya alam yang tidak hidup dan tidak dapat diperbaharui dengan cepat.

7. Sumber daya buatan adalah hasil pengembangan dari sumber daya alam hayati dan non-hayati yang ditujukan untuk meningkatkan kualitas, kuantitas dan atau kemampuan daya dukung, sebagai contoh: hutan buatan (hti), waduk, jenis unggul.
8. Konservasi Sumber daya alam hayati, meliputi kegiatan perlindungan, pengawetan, pemeliharaan, rehabilitasi, introduksi, pelestarian, pemanfaatan dan pengembangan.
9. Konservasi Sumber daya alam non-hayati, meliputi kegiatan pemanfaatan secara rasional dan bijaksana serta pengembangannya yang memperhatikan kepentingan generasi masa kini dan masa datang.
10. Konservasi Sumber daya buatan, meliputi kegiatan pemanfaatan secara lestari dan berkesinambungan serta pengembangan kemampuan daya dukung lingkungannya.

F. SEJARAH KEGIATAN KONSERVASI

Kegiatan konservasi di Indonesia lebih banyak dipengaruhi oleh kegiatan konservasi di Amerika, Belanda, dan Inggris. Untuk mendapatkan gambaran tentang kegiatan konservasi maka kita melihat perkembangan konservasi yang ada di Amerika, gerakan konservasinya dimulai pada awal abad ke-20 (Alikodra, 1990).

1. Di Amerika Serikat

Perkembangan kegiatan konservasi sumber daya alam pada garis besarnya dapat dikelompokkan ke dalam 3 periode.

- a. Periode I, yaitu pada tahun 1901-1909, di bawah kepemimpinan Theodore Roosevelt.
- b. Periode II, yaitu pada tahun 1933-1941, di bawah kepemimpinan Franklin D. Roosevelt.
- c. Periode III, yaitu antara tahun 1962-sekarang, yang dipelopori oleh kepemimpinan John F. Kennedy.

a. Periode 1 (1901-1909)

Pada tahun 1908, diadakan Konferensi Gedung Putih yang dihadiri oleh para Gubernur, ilmuwan, olahragawan dan pakar yang membahas masalah kelestarian sumber daya alam. Hasilnya dibentuk suatu Komisi Konservasi Nasional (*National Conservation Commission*) yang diketuai oleh Gifford

Pinchot. Komisi ini bertugas untuk melakukan kegiatan inventarisasi sumber daya alam secara terperinci. Berdasarkan hasil konferensi sumber daya alam tersebut, T. Roosevelt dapat melakukan langkah-langkah konkret antara lain melakukan alokasi penggunaan sumber daya alam yang lebih tepat. Mulai saat itu tumbuh kelompok-kelompok masyarakat pencinta alam, terutama dari golongan masyarakat yang bekerja di bidang kehutanan. Mereka bekerja sama mencari berbagai upaya untuk melindungi dan melestarikan sumber daya alam.

Pada Periode I ini diterbitkan peraturan perundangan yang menyangkut pengelolaan sumber daya alam. Dan pada periode ini pertama kali dikembangkan teori sumber daya alam yang dapat dipulihkan (*Renewable Resources*) dan mengembangkan pola pengelolaan untuk mendapatkan hasil yang lestari. Kemudian, ditetapkan sistem perlindungan sumber daya alam dan lingkungan nasional, salah satunya menetapkan luas hutan nasional di Amerika Serikat yang berkembang dari 17 juta ha pada tahun 1902 menjadi 70 juta ha pada tahun 1909.

b. Periode II (1933-1941)

Pada masa kepemimpinan, Franklin D. Roosevelt menciptakan pekerjaan dan memecahkan sejumlah masalah sumber daya alam dibentuk *Public Work Administration* (PWA) pada tahun 1933 yang bertujuan untuk mengembangkan sumber daya alam.

Salah satu program yang diprakarsai oleh PWA pada tahun 1934 adalah *Prairie State Forestry Project*, yang bertugas untuk membina *shelter belt* (pelindung) yang terdiri dari pohon-pohon dan alang-alang yang ditanam mulai dari *Texas Pan Handle* ke perbatasan dengan Kanada, yaitu Dakota Utara. Proyek ini berguna untuk mengurangi pengaruh angin yang merusak dataran pertanian. Pada tahun 1934, juga diselesaikan inventarisasi sumber daya alam nasional II dan melakukan tindakan-tindakan perbaikan sumber daya alam yang mengikutsertakan $\pm$ 2,5 juta anak muda dalam pekerjaan proyek-proyek konservasi. Dibuat barak-barak menempati hutan untuk bekerja membangun alat untuk mencegah timbul dan meluasnya kebakaran hutan, pengendalian hama dan menanam pohon-pohonan. Mereka juga melakukan perbaikan-perbaikan terhadap danau, sungai dan pengendalian banjir. Program ini berdampak positif bagi kelestarian sumber daya alam dan dapat memperbaiki persepsi masyarakat terhadap hutan dan sumber daya alam lainnya.

Pada tahun 1933, Roosevelt juga mendirikan *Soil Erosion Service* yang pada tahun 1935 diganti menjadi *Soil Conservation Service* (SCS). SCS ini

mengadakan demonstrasi percobaan tentang teknik pengendalian erosi. Pada tahun 1936 diadakan seminar membahas pelestarian sumber daya satwa liar, dengan tujuan:

- 1) survei sumber daya satwa liar;
- 2) mengetahui perkembangan usaha-usaha konservasi;
- 3) mengetahui teknik dan kebijaksanaan yang digunakan untuk memecahkan masalah konservasi.

Selanjutnya selama Perang Dunia II, kegiatan pertanian ditinggalkan, karena lebih memusatkan usaha untuk memenangkan perang maka mulai muncul lagi masalah pencemaran udara, erosi tanah, kepunahan satwa liar, pengelolaan hutan yang salah.

c. Periode III (1962-Sekarang)

Periode ini diawali oleh kepemimpinan John F. Kennedy (1961). Pada tahun 1962 diadakan Konferensi Gedung Putih yang dihadiri oleh 500 pakar/ahli dari berbagai negara. Dalam konferensi itu dikemukakan mengenai program konservasi sumber daya alam yang meliputi:

- 1) pengawetan daerah hutan rimba;
- 2) pengembangan sumber daya kelautan;
- 3) pencadangan pantai yang digunakan untuk umum;
- 4) perluasan daerah rekreasi;
- 5) peningkatan penyediaan air tawar melalui desalinisasi;
- 6) melakukan program tata ruang daerah metropolis;
- 7) merumuskan rencana pengembangan sumber daya air dari seluruh daerah aliran sungai;
- 8) meningkatkan pencegahan semua bentuk pencemaran;
- 9) mengorganisasi perkumpulan konservasi untuk dapat melakukan berbagai program.

Program konservasi tersebut dilanjutkan oleh pengganti John F. Kennedy, antara lain oleh Lyndon B. Johnson, Februari 1965. Johnson mengusulkan kepada kongres untuk melakukan pencegahan lebih lanjut terhadap memburuknya lingkungan, antara lain:

- 1) program peningkatan sumber daya manusia;
- 2) pengawasan pencemaran udara dan air;
- 3) pengawetan daerah-daerah hutan rimba beserta lingkungan.

Dua fungsi dari konservasi sumber daya alam dan pemeliharaan serta peningkatan lingkungan hidup manusia dilaksanakan secara baik di bawah pemerintahan Nixon, Ford, Carter dan Reagan. Salah satu usaha dari konservasi sumber daya alam dan pemeliharaan serta peningkatan lingkungan hidup manusia yang dikerjakan pada waktu pemerintahan Nixon adalah membentuk organisasi Badan Perlindungan Lingkungan (EPA = *Environmental Protection Agency*), yang antara lain terdiri dari:

- 1) Badan Pengawasan Pencemaran Udara Nasional (*National Air Pollution Control Agency*); penelitian mengenai pengaruh pencemaran udara; peningkatan kualitas udara.
- 2) Badan Pengawas Mutu Air Federal (*Federal Water Quality Administration*); Penelitian pengaruh pencemaran air terhadap kesehatan, meningkatkan dan menetapkan kualitas air.
- 3) Departemen Dalam Negeri (*Department of Interior*); melakukan penelitian pengaruh pestisida sangat beracun dan sedikit beracun terhadap ikan, satwa liar, binatang-binatang yang kulitnya berbulu serta burung-burung yang suka menyanyi.
- 4) Badan Pengawas Obat dan Makanan (*Food and Drug Administration*); pengawas residu pestisida dalam makanan.
- 5) Badan Pengawas Lingkungan (*Environmental Control Administration*); melaksanakan program pengelolaan limbah padat.
- 6) Program Baku Radiasi Lingkungan (*Environmental Radiation Standard Program*); bertanggung jawab untuk mencegah kerusakan-kerusakan tanaman, satwa liar, ternak dan manusia oleh radiasi sebagai akibat percobaan bom nuklir atau bekerjanya pabrik nuklir.

EPA telah berhasil mengkoordinasi program-program di atas, dan menghapuskan berbagai program duplikasi sehingga penggunaan dana lebih efisien, dan dapat menghapuskan pertikaian antar badan melalui pengadilan. Sejak embargo minyak oleh negara-negara Arab tahun 1973-1974, bangsa Amerika telah menyadari betapa sulitnya perekonomian mereka, sumber energi tradisional (kecuali batu bara) benar-benar sangat terbatas. Pengaruhnya meluas dan sangat serius baik terhadap keadaan ekonomi, maupun politik dan militer.

2. Di Indonesia

Kegiatan konservasi di Indonesia dimulai pada permulaan abad ke-19, diawali dengan berdirinya perkumpulan penggemar alam (*Nederlands-Indische*

Vereniging voor Naturbescherming) yang diketuai oleh Dr. S. H. Koorders. Kegiatan perkumpulan penggemar alam ini menghasilkan bermacam-macam peraturan dan usulan ditetapkannya beberapa kawasan konservasi alam. Di antaranya tahun 1889, hutan Cibodas dilarang diganggu gugat dan kemudian dikenal sebagai Cagar Alam Cibodas, dan terakhir statusnya diubah menjadi Taman Nasional. Tahun 1912 diusulkan lagi beberapa kawasan konservasi alam, salah satu diantaranya yang terpenting adalah Ujung kulon. Sebelumnya telah banyak dilakukan ekspedisi, diantaranya ahli botani yang terkenal F. Junghuhn pada bulan Mei 1846 mengunjungi Ujung kulon. Kemudian, ahli botani dan konservasi alam Dr. S. H. Koorders mengunjungi Ujung kulon pada tahun 1892. Pada bulan September 1864, di Jakarta telah didirikan suatu perkumpulan pencinta flora dan fauna yang dinamakan *Vereniging Platen en Dierentuin Batavia*.

Pada tahun 1990 dibentuk persatuan pemburu satwa liar yang diberi nama *Venatoria*. Kegiatan *Venatoria* selain mengadakan kunjungan sambil melakukan perburuan satwa liar besar, juga sering kali mengajukan usul kepada persatuan penggemar alam yang diketuai Dr. S. H. Koorders untuk menetapkan kawasan-kawasan konservasi. Misalnya, tahun 1921 *Venatoria* mengajukan petisi untuk menetapkan Ujung kulon, seluas 300 km², sebagai suaka alam.

Dalam sejarah konservasi alam di Indonesia, selain Dr. S. H. Koorders sebagai orang pertama, juga dikenal A. Hoogerwerf yang pada tahun 1937 menjabat Asisten Direktur pada Museum Zoologi dan Kebun Raya di Bogor. Di samping pekerjaannya sebagai asisten direktur, A. Hoogerwerf juga menaruh perhatian yang sangat besar terhadap bidang perlindungan alam dan pengelolaan satwa liar. Dalam tahun 1932-1957 sering melakukan penelitian di kawasan-kawasan konservasi alam, salah satu di antaranya yang mendapat perhatian serius adalah Ujung kulon. Bukunya yang sangat terkenal adalah Ujung kulon: *The Land of the Last Javan Rhinoceros*, diterbitkan tahun 1970. Setelah zaman Hoogerwerf perhatian bangsa asing terhadap konservasi alam di Indonesia semakin meningkat. Walaupun masih sangat terbatas, peneliti-peneliti Indonesia juga mulai tertarik untuk mendalami masalah-masalah konservasi satwa liar. Pada mulanya artikel yang ditulis oleh bangsa Indonesia dapat dikatakan hampir tidak ada. Pada tahun 1955, F.J. Appelman seorang rimbawan senior Indonesia menulis artikel tentang konservasi alam di Indonesia dalam majalah kehutanan *Tectona*.

Perhatian pemerintah mulai timbul lagi sejak tahun 1974, diawali oleh kegiatan Direktorat Perlindungan dan Pengawetan Alam yang berhasil

menyusun rencana pengembangan kawasan-kawasan konservasi di Indonesia dengan bantuan FAO/UNDP (*Food and Agriculture Organization/United Nation Development Program*), dan usaha penyelamatan satwa liar yang diancam kepunahan dengan bantuan WWF (*World Wildlife Fund*). WWF adalah badan internasional yang bertugas mencari, menghimpun dan menyalurkan dana untuk kepentingan penyelamatan flora dan fauna yang terancam kepunahan.

Pangeran Benhard sebagai pendiri WWF memberikan perhatian yang sangat besar dan terus mendorong WWF bagi program pelestarian satwa liar Indonesia, seperti Badak Sumatra (*Dirhinocheros sumatrensis*), Badak Jawa (*Rhinoceros sondaicus*), Mawas (*Pongo pygmaeus*) dan Bekantan (*Nasalis larvaeus*). Untuk memperlancar bantuan WWF bagi pelestarian satwa liar di Indonesia, dibentuk IWF (*Indonesian Wildlife Fund*) yang pertama kali diketuai oleh Hamengkubuwono IX.

Pada waktu pertemuan teknis IUCN (*International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources*), suatu badan internasional yang bergerak dalam bidang konservasi alam) ke-7 di New Delhi, India tanggal 25-28 November 1969, Indonesia mengirimkan beberapa orang utusan, di antaranya Ir. Hasan Basjrudin dan Dr. Ir. Rudy C. Tarumingkeng. Pada konferensi tersebut wakil dari Indonesia menyampaikan makalahnya dengan judul "Suaka Alam dan Taman Nasional di Indonesia. "Keadaan dan Permasalahannya" (*Nature Reserves and National Parks in Indonesia: Present Situation and Problems*), dan "Pendidikan Konservasi Alam di Indonesia" (*Nature Conservation Education in Indonesia*). Kedua makalah tersebut mendapat tanggapan positif dari para peserta konferensi sehingga perhatian dunia luar terhadap kegiatan konservasi alam di Indonesia semakin meningkat.

Selama periode 1974-1982, bidang konservasi alam di Indonesia mengalami kemajuan yang pesat. Perhatian para peneliti sudah mulai timbul dan tenaga-tenaga ahli Indonesia yang bekerja di bidang konservasi alam semakin meningkat jumlahnya. Pada tahun 1982, di Bali diadakan Kongres Taman Nasional Sedunia ke-3 yang menghasilkan Deklarasi Bali.

Terpilihnya Bali sebagai tempat kongres mempunyai dampak yang positif bagi pengelolaan Hutan Suaka Alam dan Taman Nasional di Indonesia. Perkembangan kawasan konservasi terus meningkat, hingga tahun 1986 luas kawasan perlindungan dan pelestarian alam mencapai 18,7 juta hektar. Di samping itu, dilakukan pula program perlindungan dan pelestarian terhadap satwa liar dan tumbuhan alam yang keadaan populasi serta penyebarannya mengkhawatirkan ditinjau dari segi kelestariannya. Pada tahun 1978 tercatat

tidak kurang dari 104 jenis telah dinyatakan sebagai satwa liar yang dilindungi. Sampai dengan tahun 1985, keadaan berubah menjadi 95 jenis mamalia, 372 jenis burung, 28 jenis reptil, 6 jenis ikan dan 20 jenis serangga yang dilindungi.

Kemajuan dan kegiatan konservasi alam di Indonesia juga banyak dirangsang oleh adanya *World Conservation Strategy* (Strategi Konservasi Alam Sedunia), SKAS yang telah disetujui pada waktu sidang umum Perserikatan Bangsa-Bangsa pada tanggal 15 Maret 1979. Pemerintah Indonesia menyambut positif SKAS tersebut, yang dituangkan dalam tanggapan dan petunjuk Presiden Republik Indonesia pada waktu sidang kabinet tanggal 5 Maret 1980, sebagai berikut (Anonim, 1985).

- a. Pemerintah Indonesia mendukung SKAS, seperti disepakati Sidang Umum Perserikatan Bangsa-Bangsa.
- b. Menugaskan setiap menteri menggunakan SKAS sebagai bahan masukan dalam merencanakan dan melaksanakan program pemerintah sesuai dengan Garis-garis Besar Haluan Negara.
- c. Menyebarluaskan SKAS terhadap masyarakat luas untuk diketahui dan dilaksanakan sesuai dengan semangat dan ideologi Pancasila.

Upaya para cendekiawan merupakan pangkal tolak pengembangan kegiatan konservasi di Indonesia. Melalui upaya pembinaan cinta alam, jiwa gerakan konservasi secara berangsur-angsur mulai tertanam di masyarakat Indonesia terutama golongan masyarakat pendidik, pelajar, mahasiswa, seniman dan wartawan. Muncullah berbagai organisasi pencinta alam terutama yang dipelopori oleh mahasiswa, dan lembaga-lembaga swadaya masyarakat pun mulai memberikan perhatian yang besar terhadap kegiatan konservasi sumber daya alam. Pada tahun 1974 dibentuk ke pengurusan dari kelompok mitra satwa penyu (*Marine Turtle Specialist Group*), yang berdiri sejak tahun 1945.

Pada tahun 1983 dibentuk Departemen Kehutanan sehingga Direktorat Perlindungan dan Pengawetan Alam statusnya diubah menjadi Direktorat Jenderal Perlindungan Hutan dan Pelestarian Alam (PHPA) yang wawasan tugas dan tanggung jawabnya semakin luas. Di samping itu, kegiatan koordinasi yang menyangkut permasalahan lingkungan hidup, termasuk satwa liar, secara aktif dilakukan oleh Kantor Menteri Negara dan Kependudukan Lingkungan Hidup (KLH) misalnya *Operasi Tata Liman* pada tahun 1982, berhasil menggiring $\pm$ 240 ekor gajah dari Lebong Hitam ke Padangsugihan (Sumatra Selatan).

Dari segi undang-undang dan peraturan tentang perlindungan alam juga mengalami banyak kemajuan, beberapa undang-undang dan peraturan peninggalan pemerintah Hindia Belanda telah dicabut dan diganti dengan UU No. 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya. Dalam kaitannya dengan pengelolaan lingkungan hidup telah dikeluarkan Undang-Undang Republik Indonesia No. 4 Tahun 1982 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup yang selanjutnya direvisi menjadi Undang-Undang Republik Indonesia No. 23 Tahun 1997. Di samping itu Undang-undang No. 5 Tahun 1967 tentang *Ketentuan Pokok di Bidang Kehutanan* masih tetap dipakai sebagai pegangan para pengelola kawasan konservasi yang selanjutnya direvisi menjadi UU No. 49 Tahun 1999. Perhatian pemerintah terhadap pelestarian sumber daya alam dan lingkungan semakin besar dengan dikeluarkannya Peraturan Pemerintah No. 29 Tahun 1986 tentang *Analisis Mengenai Dampak Lingkungan* (PP. AMDAL) yang selanjutnya disempurnakan dengan Peraturan Pemerintah No. 51 Tahun 1993 dan direvisi lebih lanjut menjadi Peraturan Pemerintah No. 27 Tahun 1999. Terbit-nya PP AMDAL ini diharapkan akan mempunyai peranan yang sangat besar bagi penyelamatan tumbuhan dan satwa liar dari ancaman kepunahan. Di Sumatra telah dilakukan beberapa studi tentang AMDAL satwa liar, misalnya dampak eksploitasi minyak terhadap satwa liar di Suaka Margasatwa Danau Pulau Besar dan Danau Bawah (Riau) (Alikodra, 1985) dan studi AMDAL gajah untuk lingkungan PIR (Perkebunan Inti Rakyat) Takseleri kelapa sawit di PT Perkebunan VI Kabupaten Kampar (Riau) (Anonim, 1987). Beberapa studi AMDAL yang banyak membahas pelestarian dan perlindungan satwa liar telah dilakukan.

Pertumbuhan Kebun Binatang, Taman Burung dan Taman Safari di Indonesia sangat membantu program perlindungan dan pelestarian satwa liar. Oleh karena selain fungsinya sebagai tempat rekreasi dan koleksi binatang, Taman Safari dan Taman Burung juga mempunyai peranan dalam usaha melindungi dan melestarikan satwa liar. Beberapa kebun binatang di Indonesia telah berhasil mengembangkan satwa liar, misalnya Komodo, Jalak Bali dan Anoa. Di samping itu, Kebun Binatang dan Taman Safari secara terbatas juga dapat menampung satwa liar sebagai titipan dari instansi PHPA, misalnya gajah Sumatra atau hewan hasil sitaan. Organisasi Kebun Binatang, Taman dan Taman Safari seluruh Indonesia bersatu di bawah satu perhimpunan, yaitu Perhimpunan Kebun Binatang Se-Indonesia (PKBSI).

Perhatian dunia Internasional terhadap kepentingan perlindungan satwa liar juga sangat besar. Pada saat ini telah ada perjanjian-perjanjian internasional yang membahas masalah konservasi sumber daya alam antara lain (IUCN, 1986):

- a. CITES, *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*. Perjanjian ini telah diterima sejak tahun 1973 pada konferensi internasional di Washington D.C., Amerika Serikat. Perjanjian ini mulai diperkenalkan untuk mendapatkan anggotanya sejak tahun 1975. Sampai saat ini anggota CITES telah mencapai 90 negara, termasuk Indonesia. Tujuan CITES adalah untuk mengendalikan perdagangan kehidupan liar yang terancam kepunahan. Di dalam lampiran CITES terdapat lebih dari 2000 spesies fauna dan flora yang terancam kepunahan.
- b. CMA, *Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals*. Perjanjian ini telah diterima pada tahun 1979 pada konferensi internasional di Bonn, Republik Federasi Jerman. Perjanjian ini baru dapat dikembangkan sejak tahun 1983 hingga 1985 yang anggotanya telah mencapai 19 negara. Tujuannya adalah untuk mengembangkan mekanisme kerja sama internasional dalam rangka konservasi dan pengelolaan spesies-spesies yang melakukan migrasi dan untuk melakukan identifikasi adanya spesies-spesies migrasi yang memerlukan perhatian khusus. Perjanjian ini juga berusaha untuk menghimpun dana dan mendistribusikan dana, teknik dan mengembangkan pendidikan serta latihan untuk kepentingan konservasi spesies-spesies migrasi.
- c. Ramsar *Convention on Wetland of International Importance Especially as Waterfowl Habitat*. Perjanjian Ramsar diterima sejak tahun 1971, bertujuan untuk menahan kehilangan daerah rawa-rawa dan melindunginya karena fungsinya yang sangat penting bagi proses-proses ekologi di samping kekayaan flora dan fauna yang tinggi. Sampai dengan tahun 1985 telah terdaftar 300 tempat yang mencapai luas 20 juta hektar sebagai daerah rawa yang mempunyai kepentingan internasional ditinjau dari segi ekologi, botani, zoology, limnologi ataupun hidrologi.
- d. ICRW (*International Convention for the Regulation of Whaling*) atau disebut *Washington Convention* 1946. Perjanjian ini bertujuan untuk melindungi jenis-jenis ikan Paus yang langka dan terancam kepunahan sehingga diperlukan suatu kebijakan, meliputi mengatur beroperasinya kapal-kapal penangkapan ikan Paus, pabrik pengolahan dan cara-cara penangkapan.



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Jelaskan masalah lingkungan global yang menyebabkan menurunnya sumber daya alam dan lingkungan!
- 2) Konservasi SDA dan lingkungan di Indonesia dilandasi oleh kepentingan dan masalah lingkungan apa saja? Jelaskan yang dimaksud dengan pertumbuhan penduduk Indonesia merupakan salah satu penyebab penurunan SDA dan lingkungan!
- 3) Apakah tujuan Konservasi Sumber Daya Alam yang ingin di capai Indonesia?
- 4) Apa yang dimaksud dengan pengertian
 - a) Sumber daya alam hayati
 - b) Sumber daya alam non-hayati
 - c) Sumber daya buatan
 - d) Lingkungan hidup
- 5) Kenapa Anda perlu mempelajari sejarah konservasi di Amerika? Dan ceritakan juga sejarah konservasi yang ada di Indonesia!

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Untuk menjawab pertanyaan ini, Anda baca dan perhatikan lagi latar belakang kenapa perlu adanya kegiatan Konservasi SDA dan lingkungan tersebut!
- 2) Coba Anda lihat kembali latar belakang kegiatan konservasi di Indonesia!
- 3) Anda lihat kembali apa yang dimaksud dengan Strategi Konservasi Alam di Indonesia!
- 4) Anda lihat lagi definisi dan batasan dari istilah-istilah tersebut!
- 5) Untuk menjawab pertanyaan tersebut Anda harus melihat bagaimana sejarah kegiatan konservasi!



RANGKUMAN

Menurunnya kualitas SDA dan Lingkungan disebabkan karena masalah lingkungan global, yaitu pertumbuhan populasi manusia yang cepat, pencemaran lingkungan, konversi fungsi hutan yang berlebihan, penurunan dan perusakan sumber daya tanah.

Konservasi SDA dan Lingkungan dilakukan karena potensi SDA yang semakin menurun, pertumbuhan penduduk yang terlalu cepat, perkembangan ekonomi yang tidak berwawasan lingkungan, kemajuan teknologi dan pembangunan yang tidak berwawasan lingkungan.

Tujuan konservasi alam di Indonesia adalah terjaminnya kebutuhan dasar material, spiritual dan budaya masyarakat baik kualitas maupun kuantitas secara lestari dan berkesinambungan.

Konservasi SDA dan Lingkungan adalah upaya pengelolaan SDA yang menjamin:

- a. perlindungan terhadap proses-proses ekologis dan sistem penyangga kehidupan, seperti perlindungan terhadap siklus udara, siklus air, sistem hidrologis;
- b. perlindungan sumber daya alam dan keanekaragaman sumber plasma nutfah, seperti pengawetan tanah, air, flora, dan fauna;
- c. pemanfaatan secara lestari sumber daya alam dan lingkungan, seperti penggunaan lahan pertanian secara terus-menerus untuk suatu kegiatan produksi pertanian tanpa mengurangi potensinya.

Kegiatan konservasi di Indonesia lebih banyak dipengaruhi oleh kegiatan konservasi di Amerika, Belanda dan Inggris.

Kegiatan Konservasi SDA dan Lingkungan di Amerika Serikat garis besarnya dapat dikelompokkan ke dalam 3 periode, sedangkan di Indonesia kegiatan konservasi telah dimulai pada awal abad ke-19.



TES FORMATIF 1

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Menurunnya SDA dan Lingkungan yang disebabkan oleh 4 masalah lingkungan global yang terdiri dari
 - A. pertumbuhan populasi manusia yang terlalu cepat; pencemaran lingkungan; konversi SDA hutan yang berlebihan; penurunan dan perusakan sumber daya tanah

- B. peningkatan populasi manusia; penggunaan teknologi yang tidak berwawasan lingkungan, pengambilan SDA yang berlebih, penurunan dan perusakan sumber daya tanah
 - C. pertumbuhan populasi manusia, penggunaan SDA berlebih, pencemaran lingkungan, pemanfaatan SDA berlebihan
 - D. peningkatan populasi manusia, pencemaran lingkungan, penggunaan SDA yang berlebih, pengambilan sumber daya tanah
- 2) Pencemar udara yang menyebabkan pencemaran lingkungan adalah
- A. CO, SO, NO
 - B. SO₂, CO, NO_x
 - C. NO₂, CO₂, SO₂
 - D. NO, CO, SO
- 3) Tatanan kesatuan secara utuh menyeluruh antara segenap unsur lingkungan biotik dan abiotik yang saling mempengaruhi disebut
- A. lingkungan
 - B. ekologi
 - C. ekosistem
 - D. ekotipe
- 4) Sumber daya alam yang terdiri dari organisme hidup dan dapat diperbaharui dan terdiri dari flora dan fauna disebut sumber daya
- A. alam non-hayati
 - B. alam hayati
 - C. alam buatan
 - D. alam
- 5) Hasil pengembangan sumber daya alam hayati dan non-hayati yang ditujukan untuk meningkatkan kualitas, kuantitas dan/atau kemampuan daya dukung lingkungan disebut sumber daya
- A. alam non-hayati
 - B. alam hayati
 - C. alam buatan
 - D. alam
- 6) Periode konservasi yang ke-1 di Amerika terjadi pada saat pemerintahan
- A. Theodore Roosevelt
 - B. Franklin D Roosevelt
 - C. John F Kennedy
 - D. Jimmy Carter

- 7) Konferensi Gedung Putih pada tahun 1962, yang membahas program konservasi sumber daya alam terjadi pada
- A. Periode I
 - B. Periode II
 - C. Periode III
 - D. Periode IV
- 8) Kegiatan konservasi berupa kegiatan perkumpulan penggemar alam di Indonesia dimulai pada abad ke-
- A. 17
 - B. 18
 - C. 19
 - D. 20
- 9) Orang yang pertama kali menjadi ketua dalam kegiatan perkumpulan penggemar alam di Indonesia
- A. Junghuhn
 - B. Koorders
 - C. Hoogerwert
 - D. F.J. Appehnan
- 10) Undang-undang Konservasi SDA Hayati dan Ekosistemnya yang digunakan sebagai pedoman dalam kegiatan konservasi di Indonesia, yaitu
- A. UU No. 23 Tahun 1997
 - B. UU No. 5 Tahun 1990
 - C. UU No. 4 Tahun 1982
 - D. Peraturan Pemerintah No. 27 Tahun 1999

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 1 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali
80 - 89% = baik
70 - 79% = cukup
< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 2. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

KEGIATAN BELAJAR 2

Prinsip Ekologi sebagai Dasar Konservasi Sumber Daya Alam(SDA)

A. PRINSIP EKOLOGI

1. Ekologi Sebagai Dasar dalam Kegiatan Konservasi SDA dan Lingkungan

Keseimbangan antara kebutuhan sumber daya alam bagi manusia dan sumber daya alam yang ada di alam merupakan prinsip ekologi yang menjadi dasar dalam upaya pengelolaan konservasi SDA dan lingkungan. Kebijakan pemerintah dalam memperhatikan masalah pengelolaan SDA dan lingkungan didasarkan kepada:

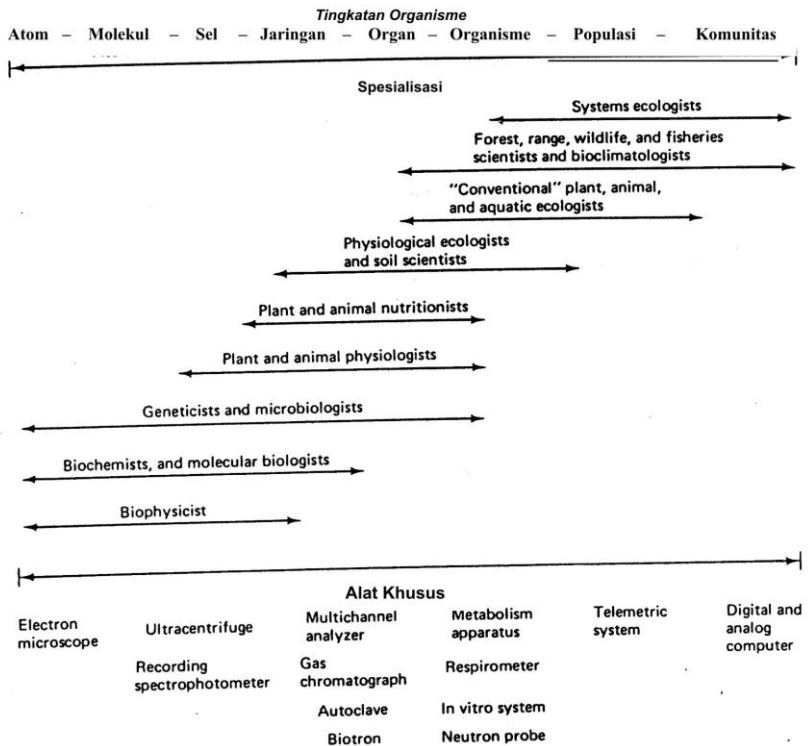
- a. kebutuhan masyarakat akan SDA dan lingkungan;
- b. kepentingan Pemerintah dalam pengelolaan SDA dan lingkungan;
- c. manfaat dari setiap Sumber daya Alam bagi manusia;
- d. inventarisasi penyebaran dan proyeksi penggunaan sumber daya alam dan lingkungan yang ada;
- e. hubungan keterkaitan sumber daya alam yang satu dengan yang lainnya.

Hubungan antara masyarakat dengan sumber daya alam dan lingkungan ini merupakan salah satu kegiatan penting yang dibahas dalam ilmu ekologi. Ekologi dapat didefinisikan sebagai *suatu ilmu yang mempelajari hubungan keterkaitan timbal balik antara organisme dengan organisme lain dan atau antara organisme dengan lingkungannya*. Prinsip dasar ekologi tidak hanya menjadi dasar dalam mengembangkan, memperhatikan atau memecahkan permasalahan lingkungan bagi para *conservationist* dan *environmentalist*, tetapi juga bagi para praktisi, ahli strategi dan ahli hukum untuk menyelesaikan dan mengatasi permasalahan dalam bidang lingkungan.

2. Tingkatan Organisasi Biologi yang Dipelajari dalam Ekologi

Pengetahuan biologi digunakan sebagai dasar untuk mempelajari kehidupan suatu organisme. Di dalamnya mempelajari tingkatan organisasi dari suatu organisme, meliputi atom, molekul, sel, jaringan, organ, sistem organ dan organisme individu. Sedangkan dalam ekologi, cakupan tingkatan organisasinya

di atas organisme, antara lain populasi, komunitas dan sistem ekologi atau ekosistem. Tingkat organisasi biologi dengan spesialisasi keilmuan dan peralatan yang digunakan dalam pekerjaan atau penelitiannya dapat digambarkan seperti pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1
Tingkatan Organisasi Biologi Dalam Kaitannya dengan Spesialisasi Keilmuannya serta Peralatan yang Digunakan dalam Penelitian

Secara terperinci pengertian dari populasi, komunitas dan ekosistem seperti di bawah ini.

a. *Populasi*

Populasi adalah kumpulan dari individu-individu yang sejenis yang ada pada suatu tempat dan waktu tertentu. Contoh: populasi rusa di Kebun Raya Bogor

Populasi rusa yang ada di Kebun Raya Bogor ada 2450 ekor, populasi pohon *Pinus sp* di hutan Darmaga ada 10.800 pohon.

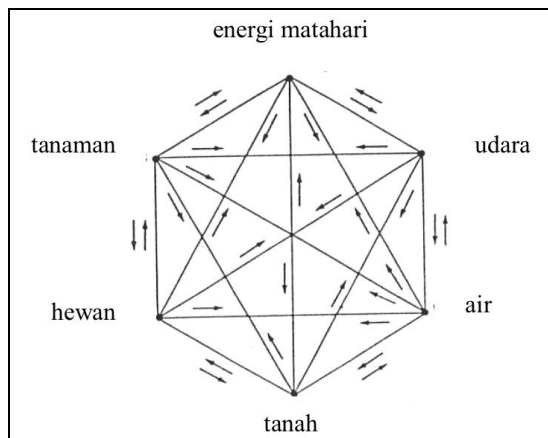
b. *Komunitas*

Komunitas adalah kumpulan dari berbagai populasi-populasi organisme yang ada di suatu tempat pada waktu dan tempat yang tertentu. Contohnya: komunitas hutan, komunitas danau, komunitas gurun, komunitas prairie. Pada komunitas-komunitas tersebut di dalamnya terdapat berbagai populasi berbagai jenis organisme. Contoh: di dalam komunitas hutan di Darmaga terdapat pohon pinus, hewan burung, serangga, ular, dan lain-lain.

Dalam suatu komunitas, populasi organisme yang dijumpai dapat terdiri dari berbagai jenis dengan jumlah yang beraneka ragam .

c. *Ekosistem*

Kumpulan dari komunitas yang saling berinteraksi satu sama lain dengan lingkungan biotik dan abiotik membentuk suatu sistem disebut *Ekosistem* seperti tersebut pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2
Ekosistem

B. PRINSIP-PRINSIP EKOLOGI

Prinsip-prinsip ekologi yang sering digunakan sebagai dasar dalam pengelolaan kegiatan konservasi, antara lain berikut ini.

1. Siklus Biogeokimia

Sebagai siklus/daur unsur-unsur kimia yang berada di lingkungan alam yang pada waktu tertentu berada dalam organisme hidup (bio), kemudian berada di dalam tanah (geo) dan berulang-ulang selanjutnya terjadi seperti itu membuat siklus yang konstan. Unsur-unsur kimia, termasuk unsur hara, cenderung untuk bersirkulasi dalam biosfer dengan pola tertentu, dari lingkungan ke organisme dan kembali lagi ke lingkungan. Pola ini kurang lebih berbentuk lingkaran dan dikenal sebagai *siklus biogeokimia*. Pergerakan unsur-unsur kimia dan senyawa anorganiknya sangat penting bagi kehidupan organisme (tumbuhan, hewan, mikroorganisme manusia).

Berdasarkan sumbernya di alam, siklus biogeokimia dapat dibagi dalam 2 golongan (tipe), antara lain: (1) tipe gas, di mana sebagai sumber utama dari unsur kimia yang paling besar adalah atmosfer dan lautan (hidrosfer). Contoh: siklus C, H₂O; N dan O₂. (2) tipe sedimen, di mana sumber utama dari unsur tersebut adalah batuan bumi. *Contoh*: siklus P, Ca. Berikut ini contoh.

2. Siklus Tipe Gas

a. Siklus Nitrogen

Siklus Nitrogen (Gambar 1.3) adalah salah satu contoh dari siklus tipe gas yang agak kompleks. Sumber utama nitrogen adalah atmosfer, 80% dari udara mengandung nitrogen, nitrogen dalam bentuk gas oleh kebanyakan organisme tidak dapat dipergunakan sebagai unsur hara, tetapi beberapa jenis jasad renik (beberapa bakteri tertentu dan ganggang biru hijau) dapat memanfaatkan gas nitrogen dari atmosfer tanah. Banyak dari organisme ini hidup bebas dalam tanah. Lainnya adalah bakteri yang bersimbiosis dengan tanaman tertentu (*legume*). Bakteri-bakteri ini terdapat dalam bentuk bintil-bintil pada akar tanaman.

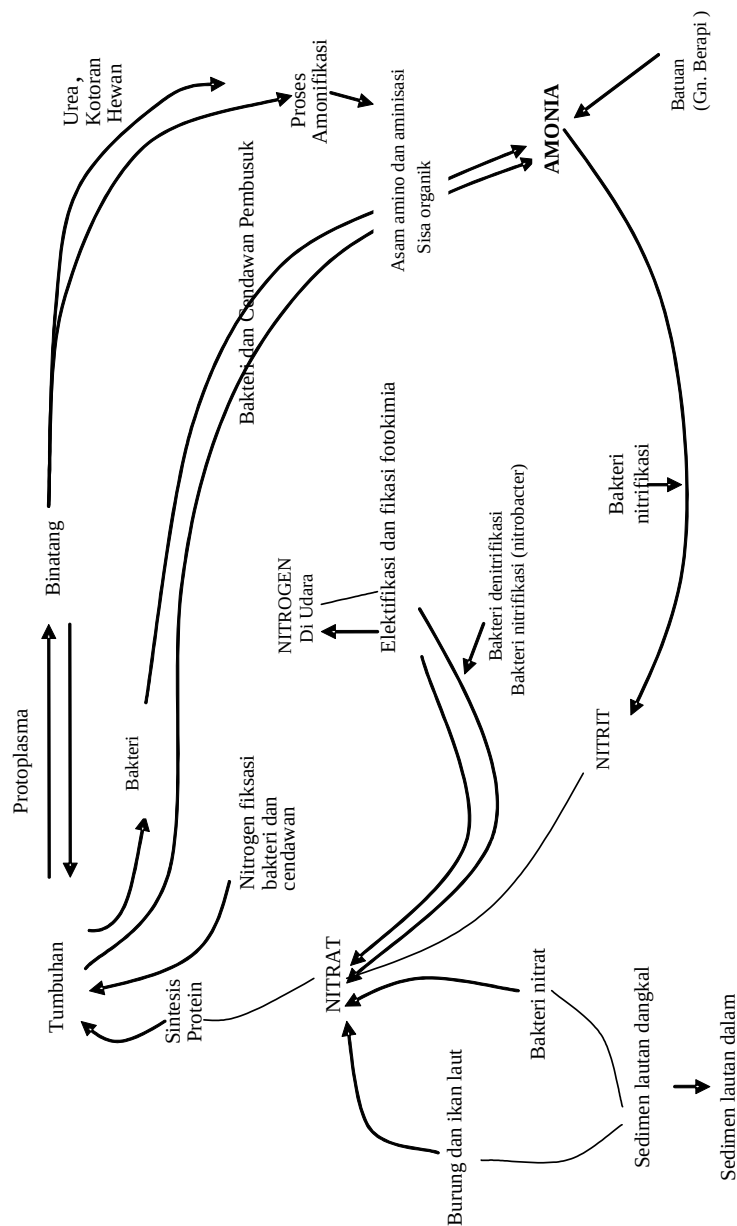
Jadi, nitrogen masuk ke bagian "hidup" dari ekosistem melalui dua cara (1) nitrogen dari atmosfer melalui fiksasi jasad renik; (2) nitrat atau kadang-kadang amonia tersedia dalam tanah sebagai hasil dari suatu kerja bakteri dekomposer. Nitrat adalah bentuk akhir dari nitrogen dan tersedia bagi tumbuhan. Di samping melalui fiksasi jasad renik, nitrogen dari atmosfer dapat juga masuk ke dalam sistem karena halilintar (kilat).

Perubahan nitrogen dari protein (bahan organik mati) menjadi ammonia (NH_3) dilakukan oleh bakteri dan cendawan pembusuk. Dari ammonia ke bentuk nitrit dilakukan oleh bakteri *Nitrosomonas*. Nitrit ini kemudian dioksidasi menjadi nitrat oleh bakteri dari genus *Nitrobacter*. Kedua langkah terakhir (bentuk ammonia ke bentuk nitrat) disebut *nitrifikasi*.

Beberapa jenis jasad renik yang dapat mengikat nitrogen dari udara adalah sebagai berikut.

- 1) Bakteri yang hidup bebas, antara lain *Azotobacter* (aerobik) dan *Clostridium* (anaerobik).
- 2) Bakteri yang bersimbiosis membentuk bintil pada tanaman legume, antara lain *Rhizobium*.
- 3) Ganggang biru, ganggang hijau, antara lain *Anabaena*, *Nostoc*, dan beberapa anggota dari ordo Nostocales.

Melalui kegiatan bakteri denitrifikasi nitrat diuraikan kembali menjadi nitrogen dan bebas ke dalam atmosfer atau tercuci ke dalam larutan dan hilang dari peredaran (sistem) karena terikat sebagai sedimen di dalam lautan.



Gambar 1.3
Siklus Nitrogen

Nitrogen yang terdapat di dalam tanah terikat dalam senyawa NO_3 , karena adanya proses nitrifikasi oleh bakteri nitrifikasi akan berubah menjadi N_2 dan lepas ke atmosfer. Nitrogen tersebut juga diserap oleh tumbuhan untuk membentuk protein di tumbuhan. Selanjutnya tumbuhan akan dimakan oleh herbivora dan nitrogennya digunakan untuk membuat protein herbivora dan herbivora dimakan oleh karnivora. Di dalam tubuh karnivora, nitrogennya diubah untuk membuat protein di tubuhnya. Kalau bagian tumbuhan ada yang mati, dalam bentuk serasah ataupun tumbuhan tersebut mati, hewan herbivora dan karnivora juga membuang kotorannya ke tanah, begitu juga bila mati. Selanjutnya organisme tumbuhan atau hewan yang mati tersebut akan di dekomposisi oleh dekomposer. Selanjutnya oleh bakteri amonifikasi, nitrogen hasil dekomposisi ini akan diubah menjadi amonium (NH_4) dan akan diubah lagi oleh bakteri nitrifikasi menjadi nitrit (NO_2) dan oleh bakteri nitrifikasi menjadi nitrat (NO_3) dan NO_3 ini akan kembali dilepas ke tanah. Sebagian nitrogen dari atmosfer juga akan kembali ke tanah pada saat terjadi halilintar di musim hujan, begitu juga nitrogen dari atmosfer akan kembali ke tanah karena di fiksasi oleh bakteri pengikat nitrogen terutama yang dilakukan oleh akar-akar jenis tumbuhan legume yang dapat mengikat N_2 dari atmosfer.

Nitrogen di lautan dapat berasal dari nitrat (NO_3) yang ada di dalam tanah terbawa aliran permeabilitas masuk ke lautan dan akan tersimpan dalam bentuk endapan di dasar laut. Nitrogen yang berada di dasar laut ini akan difiksasi oleh ganggang hijau biru yang selanjutnya ganggang hijau biru ini akan dimakan ikan dan ikannya akan dimakan burung laut. Selanjutnya kotoran dan sekresi dari burung laut yang mengandung nitrogen ini dapat kembali lagi ke lautan.

Nitrogen dalam lautan juga dapat berasal dari N yang ada di udara yang ikut terbawa ke dalam air laut pada saat terjadi hujan.

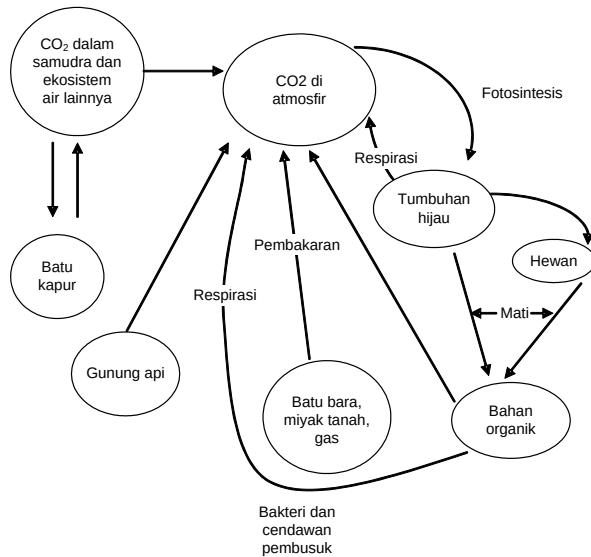
Siklus nitrogen yang ada di alam ini akan terjadi terus-menerus seperti digambarkan pada Gambar 1.3.

b. Siklus Karbon

Kandungan Karbon (C) di atmosfer dalam senyawa CO_2 jumlahnya 0.03%. Karbon yang ada di atmosfer ini hanya dapat diikat oleh tumbuhan dalam proses fotosintesis $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{SM}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{energi}$ dan unsur karbon (C) akan diikat dalam bentuk Karbohidrat ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$). Selanjutnya, karbon tersebut akan dilepaskan lagi oleh tumbuhan melalui proses respirasi kembali ke atmosfer:



Selanjutnya, karbon (C) dalam bentuk karbohidrat dari tumbuhan akan masuk ke dalam organisme herbivora (hewan, manusia) dalam proses makan memakan akan disimpan dalam bentuk lemak. Selanjutnya, akan dilepaskan lagi dalam proses respirasi kembali ke atmosfer dan sebagian lagi akan hilang melalui kotoran dan apabila organisme herbivora tersebut mati. Kotoran dan sisa organ yang mati itu akan didekomposisi kembali masuk ke dalam tanah. Begitu pula sebagian dari CO_2 yang terlarut ke dalam air akan dimanfaatkan oleh rumput laut dan ganggang menjadi karbohidrat. Sebagian dari karbon tersebut akan masuk ke tubuh ikan, rumput laut, ganggang, fitoplanktonnya dimakan oleh ikan. Sebagian dari karbon (C) juga akan kembali lagi ke atmosfer dalam proses penguapan dari laut. Selanjutnya, karbon yang berasal dari rumput laut, ikan dan ganggang yang mati akan masuk ke dasar laut, begitu juga yang masuk ke tanah. Karbon tersebut akan membentuk bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil ini (minyak tanah, premium, batu bara) akan digunakan untuk kebutuhan industri, seperti bahan bakar kendaraan bermotor dan melalui proses pembakaran kembali lagi ke atmosfer dalam bentuk senyawa CO_2 . Begitulah siklus terjadi terus-menerus seperti tersebut pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4
Siklus Karbon

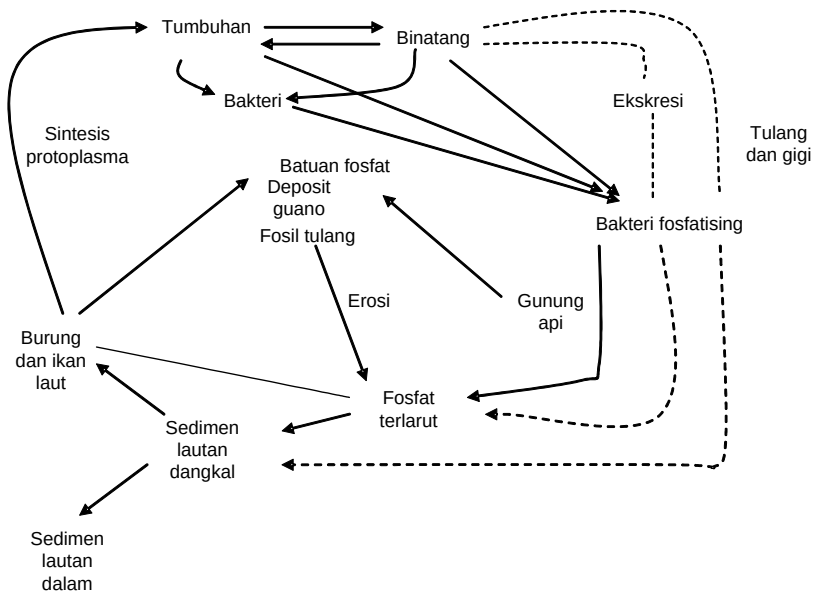
Seperti siklus nitrogen, siklus karbon CO_2 adalah tipe gas. Karbon harus dalam bentuk gas CO_2 untuk dapat dipergunakan oleh tanaman. Melalui proses fotosintesis gas ini diubah menjadi senyawa organik yang dapat dipergunakan oleh organisme lainnya sebagai pemberi karbon, dan karbon kembali lagi ke atmosfer atau air sebagai gas CO_2 melalui proses metabolisme dari kehidupan organik.

3. Siklus Tipe Sedimen

a. Siklus Phosphor(P)

Merupakan salah satu contoh tipe sedimen, dibandingkan dengan siklus atau daur Nitrogen (N), daur phosphor lebih sederhana. Phosphor sebagai bagian penting dari protoplasma cenderung bersirkulasi melalui proses dekomposisi oleh bakteri, senyawa organik diuraikan menjadi phosphat di dalam tanah menjadi tersedia bagi tumbuhan. Sumber utama phosphor adalah batuan dan deposit lainnya yang telah terbentuk lama di dalam tanah. Melalui erosi tanah phosphor dilepaskan ke ekosistem dan sebagian lagi diendapkan dalam sedimen dangkal dan sebagian lagi masuk ke sedimen dalam. Banyaknya

phosphor yang hilang ke laut dalam tidak seimbang dengan yang kembali lagi ke dalam ekosistem, pengembalian phosphor dan unsur hara lain melalui burung-burung di dalam, seperti tempat burung laut bersarang di Guano dan daratan masih berlangsung tetapi secepat proses pencuciannya. Kegiatan pertanian yang dilakukan cenderung mempercepat hilangnya phosphor dari ekosistem pertanian, sehingga kalau hanya mengandalkan kepada daur/siklus phosphor alami cenderung tidak seimbang antara penggunaan dengan pengadaannya kembali ke ekosistem, karena itu para petani harus selalu melakukan pemupukan phosphor (P). Demikian pula halnya dengan mineral-mineral lain yang termasuk siklus tipe sedimen seperti sulfur (S), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), dan Kalium (K).



Gambar 1.5
Siklus Phosphor (P)

C. HUKUM THERMODINAMIKA

Energi dinyatakan sebagai kemampuan untuk melakukan kerja. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi yang dapat berubah menjadi bentuk energi lain, antara lain menjadi energi panas, energi potensial, energi

kimia. Perlakuan energi di alam diatur oleh suatu Hukum Thermodinamika, antara lain berikut ini.

1. Hukum Thermodinamika I (Hukum Kekekalan Energi)

Energi dapat berubah bentuk dari bentuk yang satu menjadi bentuk lainnya, tetapi tidak pernah dapat hilang, dihancurkan atau diciptakan. (Energi cahaya → energi potensial → energi kimia → energi panas) Energi yang masuk ke dalam organisme, populasi, komunitas ataupun ekosistem dapat dianggap sebagai energi yang tersimpan atau terlepas.

Contoh:

Energi matahari yang berupa *energi cahaya* yang sampai ke permukaan bumi (tanah dan vegetasi/tumbuhan) sebagian besar akan dipantulkan atau dilepaskan lagi ke atmosfer sebagai *energi panas*, sebagian kecil digunakan dalam proses fotosintesis sebagai energi kimia dan akan disimpan dalam bentuk *energi potensial* di dalam karbohidrat sebagai hasil proses fotosintesis.

2 Hukum Thermodinamika II

Tidak ada sistem perubahan energi yang betul-betul efisien. Setiap terjadi perubahan energi, pasti terjadi degradasi energi.

Contoh:

Energi matahari yang jatuh ke bumi, digunakan oleh tumbuhan hanya ± 1 persen saja, yang lainnya akan masuk ke dalam tanah, dan dipantulkan lagi ke atmosfer. Selanjutnya energi yang tersimpan di dalam tumbuhan sebagai hasil fotosintesis, yang akan tersimpan di dalam tubuh herbivora yang memakan tumbuhan akan lebih kecil lagi. Hal ini seperti ditunjukkan pada Tabel 1.1 sistem aliran energi dalam ekosistem daratan.

Tabel 1.1
Aliran Energi dalam Ekosistem Daratan

Komponen Ekosistem	Jumlah energi λ (kalori)	Respirasi (Ri) (kalori)	Ri/a. Per hektar	Efisiensi per tahun
Matahari	47.1×10^6 (energi matahari yang tiba di bumi)			
Vegetasi	58.3×10^6	8.76×10^6	0.150	0.012
Herbivora	250×10^3	170×10^3	0.680	0.004
Karnivora	5824	5434	0.933	0.023

Sumber: Haeruman, 1979

D. RANTAI MAKANAN

Pada rantai makanan dalam suatu ekosistem, organisme yang ada di dalam ekosistem tersebut dikelompokkan ke dalam beberapa tingkatan berdasarkan fungsinya antara lain Produsen, Konsumen (tingkat I, II, III, dan seterusnya atau herbivora, karnivora tingkat I, II, III, top karnivora), dekomposer atau mikroorganisme pengurai. Masing-masing kelompok ini mempunyai jarak transfer makanan tertentu dari sumber energi yang masuk ke ekosistem.

Produsen merupakan organisme yang dapat membentuk bahan organik dari CO_2 dan air dengan bantuan energi matahari dalam proses fotosintesis. Termasuk produsen adalah tumbuhan yang berklorofil (berhijau daun).

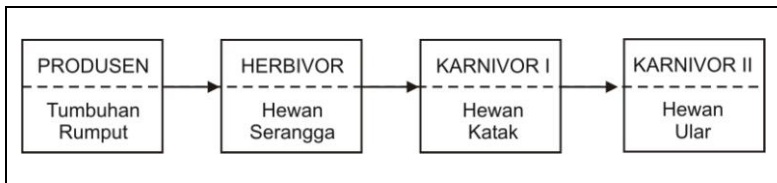
Konsumen merupakan organisme yang menggunakan bahan organik yang telah dibentuk oleh produsen untuk makanannya. Termasuk konsumen adalah organisme yang tidak bisa membuat makanannya sendiri, dan bukan tumbuhan (hewan, manusia, mikroorganisme).

Dekomposer merupakan organisme yang dapat menguraikan sampah organik yang berasal dari produsen dan konsumen melalui proses humifikasi dan mineralisasi menjadi bahan mineral, termasuk dekomposer adalah mikroorganisme tanah.

Masing-masing kelompok organisme yang mempunyai jarak transfer makanan dari sumber energi menempati suatu tingkatan transfer tertentu, sebagai berikut.

1. Tingkat Trofik 1: Produsen berupa tumbuhan.
2. Tingkat Trofik 2: Herbivora berupa hewan.
3. Tingkat Trofik 3: Karnivora berupa hewan yang memakan hewan herbivora.
4. Tingkat Trofik 4: Karnivora berupa hewan yang memakan hewan tingkat trofik 3.

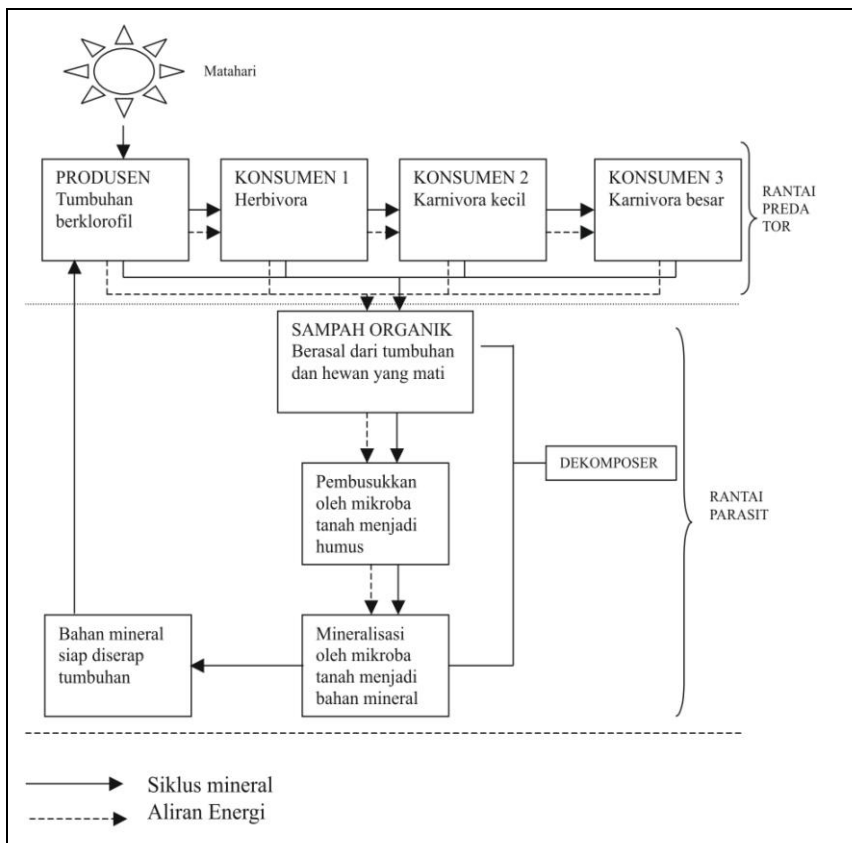
Rantai makanan secara sederhana dapat digambarkan seperti tersebut pada Gambar 1.5 hal tersebut secara kuantitatif sudah tergambarkan dalam Tabel 1.1



Gambar 1.5
Aliran Makanan di Ekosistem

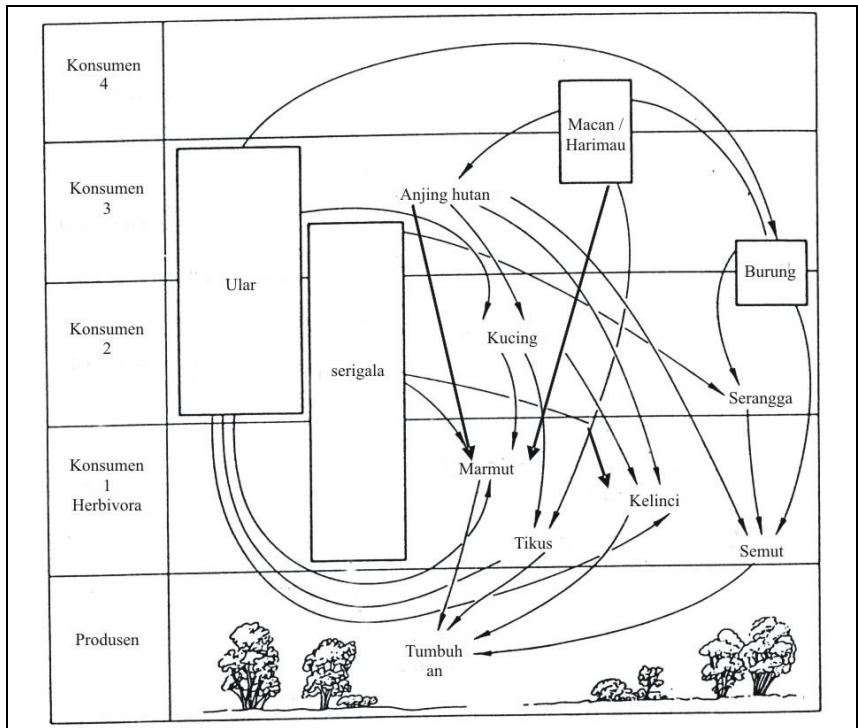
Konsep rantai makanan biasanya dapat digunakan untuk membahas aliran energi dan siklus mineral yang ada di dalam suatu ekosistem seperti tersebut pada Gambar 1.6. Aliran energi dan mineral tersebut sebagai suatu proses perpindahan energi dan mineral dari komponen ekosistem berdasarkan fungsinya sebagai *Produsen*, *Konsumen* dan *Dekomposer*.

Energi matahari akan masuk ke dalam tumbuhan sebagai produsen untuk membuat bahan organik berupa karbohidrat melalui proses fotosintesis. Bahan organik tumbuhan akan dimakan oleh hewan herbivora sebagai konsumen 1 yang selanjutnya herbivora akan dimakan oleh karnivora 2 dan karnivora 2 akan dimakan oleh karnivora 3 dan seterusnya. Selanjutnya, proses aliran makanan akan terjadi mulai sampah organik yang dihasilkan atau produsen, konsumennya mati, akan dihancurkan oleh mikroba tanah sebagai dekomposer menjadi bahan mineral yang akan diambil lagi oleh akar tumbuhan dari dalam tanah, disebut sebagai rantai pangan parasit atau dekomposer. Selanjutnya, bahan mineral yang sudah tersedia di dalam tanah tersebut akan diserap oleh akar tumbuhan untuk digunakan kembali sebagai bahan baku untuk membuat bahan organik berupa karbohidrat dengan bantuan sinar matahari. Proses siklus mineral ini akan terus berlangsung secara terus-menerus seperti itu di dalam suatu ekosistem.



Gambar 1.6
Aliran Energi dan Siklus Mineral yang Ada dalam Suatu Ekosistem

Selanjutnya, dalam rantai makanan di dalam ekosistem, tidak sesederhana seperti yang digambarkan dalam Gambar 1.5. Hal yang terjadi di dalam suatu ekosistem, rantai makanan yang ada biasanya merupakan hubungan saling makan yang lebih kompleks. Hubungan saling makan tersebut akan membentuk suatu jaringan makanan (*Food Web*), seperti ditunjukkan pada Gambar 1.7.



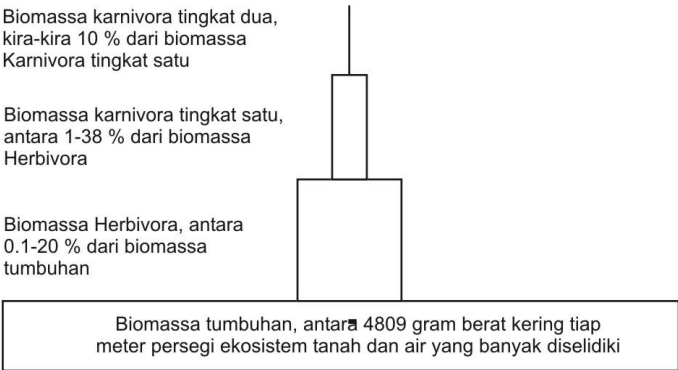
Gambar 1.7
Jaring-jaring Makanan dalam Ekosistem Daratan

E. PIRAMIDA EKOLOGI

Kalau biomassa dari setiap trofik dinyatakan dalam perbandingan luas, yang disusun mulai dari tumbuhan sebagai produsen di tempat paling bawah, dan tingkatan trofik yang lebih tinggi berada di atasnya konsumen sampai ke top konsumen maka akan terbentuklah sebuah piramida yang disebut *piramida ekologi*. Ada 2 macam *piramida ekologi* yaitu piramida makanan (piramida jumlah dan biomassa) serta piramida energi. Gambar 1.8 merupakan piramida makanan yang merupakan salah satu dari piramida ekologi.

Dalam piramida makanan tersebut terlihat bahwa aliran energi tidak berupa siklus, hal ini sesuai dengan hukum Termodinamika II bahwa tidak ada sistem

perubahan energi yang efisien. Sedangkan untuk bahan mineral merupakan suatu siklus.

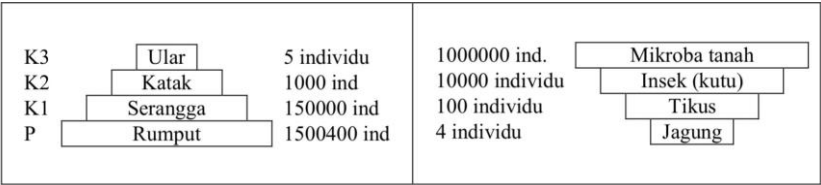


Gambar 1.8
Piramida Makanan dalam Sebuah Ekosistem

1. Piramida Jumlah

Di dalam rantai makanan predator, jumlah individu-individu sebagai produser paling banyak dibandingkan dengan tingkat herbivora dan yang paling sedikit di tingkat karnivora. Konsep piramida jumlah ini dikemukakan oleh ahli ekologi dari Inggris Charles Elton pada tahun 1927. Sedangkan dalam rantai makanan parasit, jumlah individu sebagai produser paling sedikit dibandingkan dengan tingkat herbivora dan yang paling banyak jumlah individunya adalah tingkat dekomposer.

Piramida jumlah pada rantai makanan predator dan parasit seperti tersebut pada Gambar 1.9 (a) dan 1.9 (b).



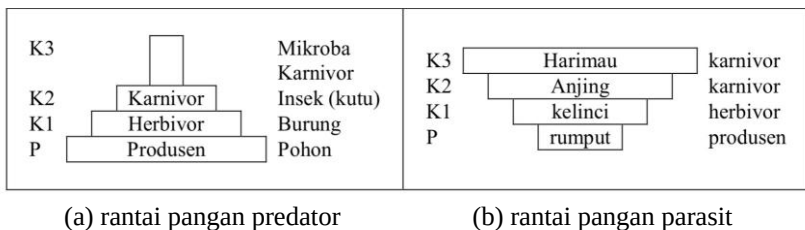
(a) rantai pangan predator (b) rantai pangan parasit

Gambar 1.9
Piramida Jumlah dalam Rantai Pangan Predator dan Parasit

2. Piramida Biomassa

Piramida biomassa, pada hakikatnya sama dengan piramida jumlah. Di dalam rantai pangan untuk organisme produser biomassa dapat lebih besar atau lebih kecil dari tingkat tropik herbivora ataupun karnivora. Hal tersebut sangat tergantung kepada jenis rantai pangannya.

Pada rantai pangan predator, biomassa produser lebih besar dari herbivora dan karnivora. Sedangkan pada rantai pangan parasit, biomassa produsernya lebih kecil dari herbivora dan karnivora. Hal ini seperti terlihat pada Gambar 1.10 (a) dan 1.10 (b).

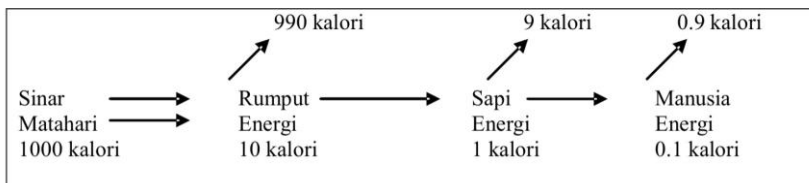


Gambar 1.10
Piramida Biomassa dalam Rantai Pangan Predator dan Parasit

3. Piramida Energi

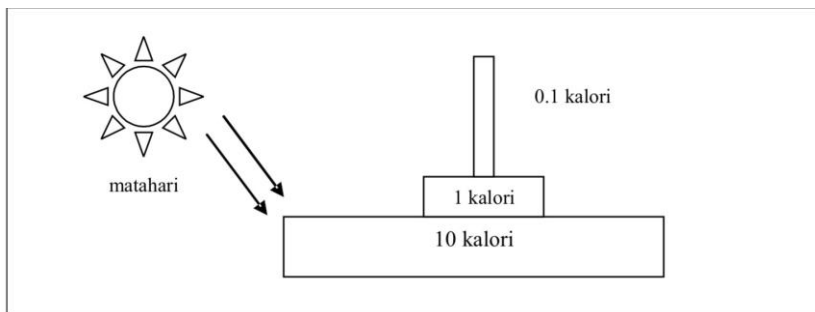
Semua organisme di dalam proses kehidupannya untuk melakukan kerja, memerlukan energi. Semua organisme juga memerlukan energi untuk melakukan respirasi, sekresi, bergerak, pertumbuhan dan reproduksi. Berbeda dengan bahan mineral, energi tidak dapat melakukan siklus, tetapi kontinu sebagai aliran energi dari sinar matahari ke tingkat produsen, konsumen dan dekomposer di dalam suatu ekosistem. Pemanfaatan energi dari sumbernya ke produsen dan konsumen tidak ada yang efisien, tetapi akan terjadi degradasi energi. Hal ini sesuai dengan Hukum Termodinamika II. Oleh karena itu, di dalam piramida energi bentuk piramidanya tidak bisa terbalik, berbeda dengan piramida jumlah dan piramida biomassa yang merupakan rantai atau siklus makanan. Sebagai contoh energi yang ada di dalam suatu ekosistem yang berasal dari cahaya matahari 1000 kalori, yang dimanfaatkan oleh rumput hanya 10 kalori, sedangkan sisanya, 990 kalori akan kembali ke atmosfer pada saat respirasi. Selanjutnya dari rumput, jumlah energi yang dimanfaatkan oleh sapi hanya 1 kalori, sisanya 9 kalori dilepaskan oleh sapi pada saat respirasi dan dalam bentuk sampah organik berupa kotoran sapi. Selanjutnya, sapi tersebut

dimakan oleh manusia dan jumlah energi yang dimanfaatkan oleh manusia sampai dalam tubuh hanya 0,1 kalori, yang sisanya dilepaskan pada saat manusia melakukan respirasi kembali ke atmosfer dan ke luar menjadi sampah organik sebagai kotoran dan urine.



Gambar 1.11
Diagram Aliran Energi

Aliran energi dalam suatu ekosistem tersebut dapat digambarkan dalam bentuk piramida energi seperti pada Gambar 1.12.



Gambar 1.12
Piramida Energi

F. HUKUM TOLERANSI

Faktor lingkungan abiotik dan biotik dapat mempengaruhi proses pertumbuhan, reproduksi, kematian dari suatu organisme. Konsep "faktor pembatas" pada tahun 1840 dikemukakan oleh Justus Liebig, seorang ahli biokimia dari Jerman. Beliau menyatakan bahwa pertumbuhan tanaman sering kali terganggu dan dibatasi atau mengalami defisiensi oleh unsur yang secara alami jumlahnya terbatas atau minimum ada di dalam tanah, seperti seng (Zn),

Cobalt (Co), Mangan (Mn) dan Cuprum/Tembaga (Cu). Unsur-unsur tersebut diketahui menjadi unsur terpenting karena sangat mempengaruhi kehidupan tanaman dan hewan walaupun yang dibutuhkan hanya dalam jumlah yang kecil atau minimum. Selanjutnya pernyataan Liebig ini dikenal sebagai "Hukum Minimum". Hukum minimum Liebig hanya merupakan salah satu aspek dari konsep faktor pembatas yang merupakan kontrol faktor lingkungan terhadap organisme.

Tanaman untuk tumbuh baik, membutuhkan sejumlah unsur mineral tertentu, bila salah satu unsur tersebut di dalam tanah terbatas jumlahnya atau tidak tersedia maka pertumbuhan tanaman akan terganggu atau terhambat. *Contoh:* Unsur N di dalam tanah merupakan unsur yang paling tidak tersedia di dalam tanah. Akibatnya, pertumbuhan tanaman menjadi tidak baik. Kemudian, dilakukan pemupukan N dan tanaman tumbuhnya menjadi baik dan hasil produksinya meningkat. Unsur N di sini dapat diketahui sebagai faktor pembatas.

Selain batas minimum, juga terdapat batas maksimum. Suatu unsur kalau terdapat dalam jumlah yang melebihi yang dibutuhkan oleh suatu organisme juga akan menghambat pertumbuhan atau kehidupan organisme. Contohnya, pemberian pupuk N yang melebihi batas maksimum kebutuhan tanaman, justru akan menurunkan atau menghambat pertumbuhan tanaman sendiri. Pemberian N yang berlebihan dapat mempengaruhi struktur tanah sehingga pertumbuhan akar tanaman terganggu dan fungsinya untuk menyerap unsur hara menjadi menurun. Akibatnya, pertumbuhan tanaman menjadi terhambat dan terganggu.

Konsep faktor pembatas minimum dan maksimum ini dikemukakan oleh Victor Shelford pada tahun 1913 dan dikenal sebagai *Hukum Toleransi*. Beberapa hal penting yang dikemukakan dalam Hukum Toleransi menurut Shelford, antara lain berikut ini.

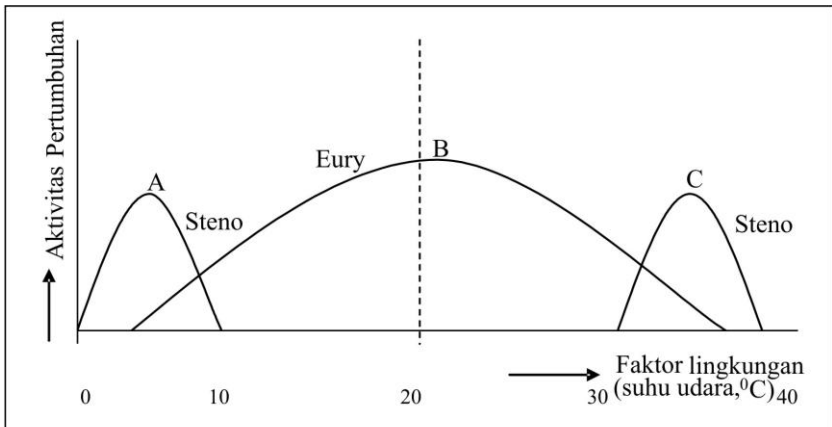
1. Suatu organisme dapat mempunyai kisaran toleransi yang luas untuk satu faktor lingkungan dan sempit untuk faktor lingkungan lainnya.
2. Organisme yang memiliki kisaran toleransi yang luas untuk semua faktor lingkungan, akan cenderung menyebar atau tersebar luas.
3. Bila keadaan optimum faktor lingkungan oleh suatu organisme tidak tercapai maka batas toleransi terhadap faktor lingkungan lainnya dapat menyempit. *Contoh:* penelitian yang dilakukan Penman tahun 1956 menyebutkan bahwa apabila jumlah N di dalam tanah sangat terbatas, padahal N diperlukan banyak (unsur hara makro) oleh tanaman rumput *Paspalum sp* maka daya tahan rumput *Paspalum sp* terhadap kekeringan

menjadi menurun, dan air banyak dibutuhkan oleh rumput *Paspalum sp* untuk mencegah kekeringan pada kondisi tanah yang kandungan N-nya rendah. Pada kondisi dimana kandungan N di dalam tanah cukup memadai, tanaman rumput *Paspalum sp* lebih tahan kekeringan dan tidak membutuhkan banyak air.

4. Periode reproduksi dari suatu organisme biasanya merupakan periode kritis, jika keadaan faktor lingkungan berada dalam keadaan yang terbatas.

Dalam hukum toleransi untuk menyatakan batas toleransi terhadap faktor lingkungan oleh suatu organisme menggunakan istilah "STENO TOLERAN" yang berarti toleransinya sempit dan "EURY TOLERAN", yang berarti toleransinya luas atau lebar.

Pada tumbuhan yang mempunyai batas-batas toleransi *steno*, titik-titik minimum, optimum dan maksimum dari faktor-faktor lingkungan letaknya berdekatan. Sedangkan pada tumbuhan yang mempunyai batas toleransi *eury*, letak titik-titik minimum, optimum dan maksimum dari faktor lingkungan letaknya berjauhan sehingga perubahan yang sedikit saja dari faktor lingkungan untuk jenis yang *eury toleran* dapat menjadi kritis bagi jenis yang *steno toleran*. Setiap faktor lingkungan yang berada pada kondisi minimum dan maksimum atau melampaui batas toleransi disebut sebagai *faktor pembatas*. Secara diagram, jenis *steno toleran* dan *eury toleran* seperti tersebut pada Gambar 1.13.



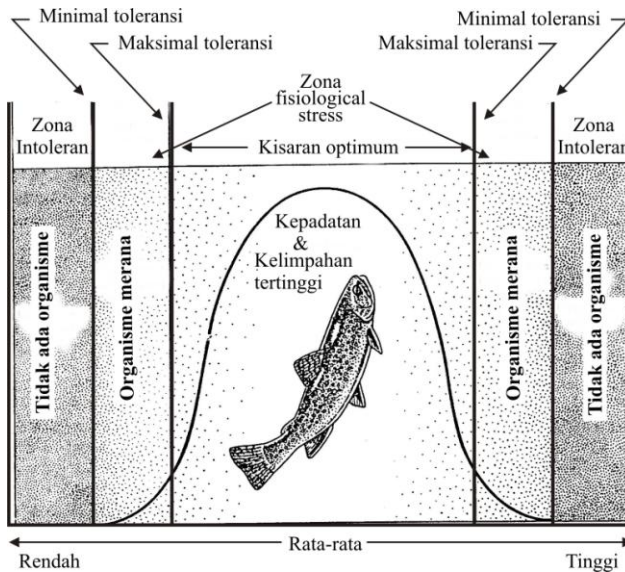
Keterangan:

Jenis A mempunyai toleransi sempit terhadap suhu, berada pada suhu rendah.
 Jenis B mempunyai toleransi luas terhadap suhu.

Jenis C mempunyai toleransi sempit terhadap suhu, berada pada suhu tinggi.

Gambar 1.13
 Perbandingan antara Jenis yang Steno Toleran dan
 Eury Toleran terhadap Suhu Udara (°C)

Batas toleransi dari suatu organisme hewan (ikan) terhadap faktor lingkungan seperti tersebut pada Gambar 1.14. Pada kondisi faktor lingkungan optimum, populasi ikan tinggi, tetapi pada kondisi faktor lingkungan berada pada titik minimum dan maksimum maka tidak ada populasi ikan. Pada kondisi faktor lingkungan berada pada titik optimum rendah sampai minimal toleransi dan titik optimum atas sampai maksimal toleransi, kelimpahan populasi sangat rendah dan menuju ke kematian. Sedangkan di bawah titik-titik minimal toleransi dan di atas titik maksimal toleransi atau termasuk di dalam zona intoleran, populasi dari organisme ikan tersebut sudah punah.



Gambar 1.14
Kisaran Toleransi Organisme (Ikan) terhadap Faktor Lingkungan

G. SUKSESI BIOLOGI

Suksesi biologi merupakan suatu perubahan atau perkembangan vegetasi atau komunitas tumbuhan pada suatu areal atau tempat secara bertahap. Odum (1973) mengemukakan bahwa suksesi sebagai suatu proses perkembangan dari komunitas tumbuhan dalam suatu tempat secara bertahap yang menuju kepada keadaan 'klimaks'.

Pada saat proses suksesi berlangsung, pada waktu awal dimulai oleh jenis yang pionir, kemudian digantikan oleh komunitas tumbuhan yang lebih dewasa dan seterusnya sampai pada komunitas yang relatif stabil dan berada dalam keadaan kesetimbangan dengan lingkungannya.

Tahapan perubahan komunitas tumbuhan yang terbentuk pada keadaan atau kondisi tertentu disebut "Sere". Komunitas tumbuhan yang sudah mantap dan mencapai kemantapan struktur dan fungsinya serta dalam keadaan keseimbangan yang dinamis disebut "Klimaks".

1. Suksesi Primer

Proses suksesi biologi yang terjadi pada suatu tempat yang sebelumnya tidak ada komunitas tumbuhan sama sekali dan proses suksesinya berjalan lambat.

Contohnya, Suksesi yang terjadi pada daerah bekas endapan lava yang membeku, delta yang baru terbentuk, danau baru atau pada areal yang sama sekali tidak ada organisme (mikroorganisme, tumbuhan, hewan).

2. Suksesi Sekunder

Proses suksesi yang terjadi pada suatu areal yang sebelumnya sudah ada komunitas tumbuhan, tetapi karena satu dan lain hal, seperti kebakaran, pembukaan areal, banjir yang menyebabkan komunitas tumbuhan asal musnah dan dari areal tersebut terjadi proses perkembangan komunitas tumbuhan dapat berjalan lebih cepat.

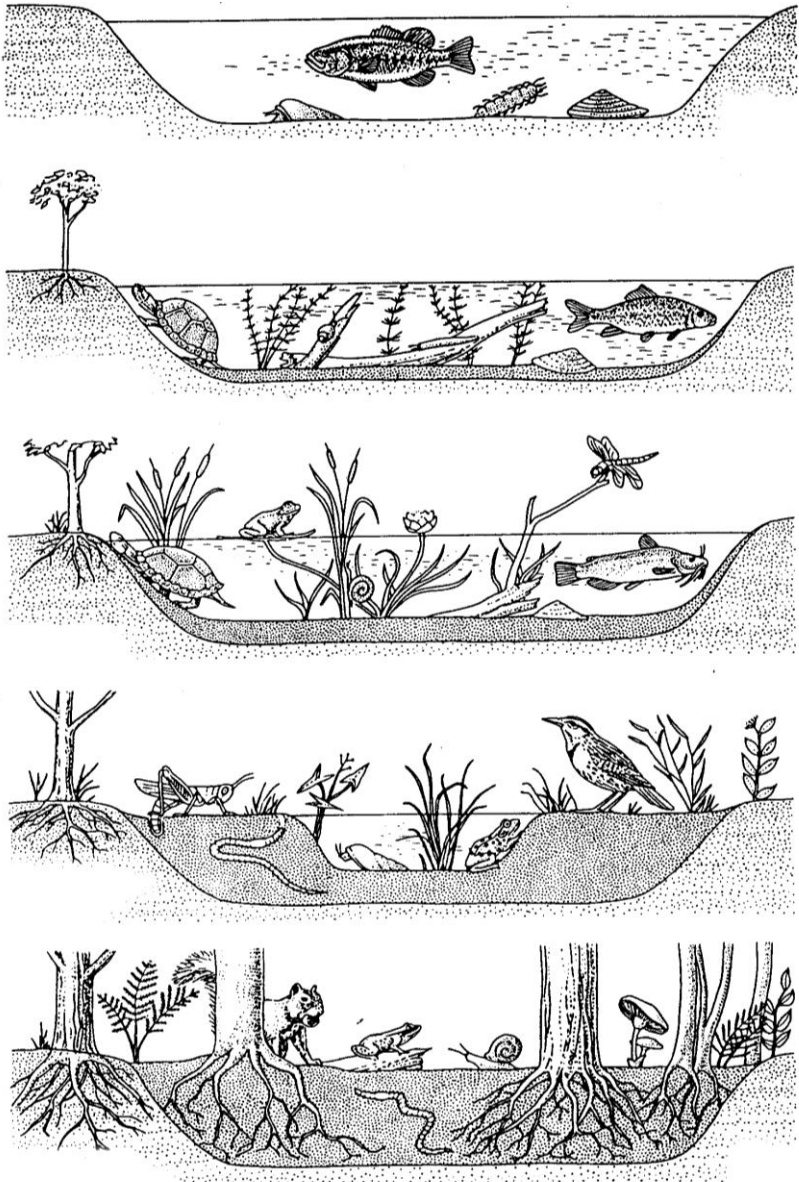
Contohnya, Suksesi yang terjadi pada areal bekas hutan yang terbakar; pada areal danau yang mengalami proses sedimentasi dan kekeringan, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.15. Pada saat awal, air danau masih jernih, dasar danau terlihat, bahan organik yang ada sedikit, sinar matahari dapat menembus sampai dalam. Keadaan danau kaya O₂, kaya bahan makanan untuk organisme yang ada di danau (ikan, kerang dan sebagainya), kondisi danau "Oligotrofi" atau danau yang miskin hara. Lama kelamaan di dalam danau tersebut terjadi peningkatan aktivitas biologi, bahan organik menjadi banyak dan tertimbun di dasar danau. Air danau mulai keruh, jenis tumbuhan mulai tumbuh di dasar danau, tetapi belum muncul ke permukaan danau (*submerged vegetation*). Sinar matahari tidak dapat tembus sampai ke dasar danau, kandungan O₂ mulai berkurang. Bahan organik yang mengendap ke dasar danau semakin banyak. Danau oligotrofi berubah menjadi danau "Mesotrofi". Selanjutnya proses pengendapan bahan organik terus berlangsung. Hal yang paling cepat, bagian danau yang ada di tepi. Aktivitas biologi semakin tinggi, danau mulai ditumbuhi oleh tumbuhan yang sebagian dari organiknya muncul ke permukaan dan akarnya ada di dasar danau (*emerging vegetation*). Dasar danau semakin dangkal, air danau sangat keruh, sinar matahari hanya dapat tembus sampai 1-2 meter dari permukaan danau maka danau mesotrofi mulai berubah menjadi danau "Eutrofi". Semakin lama danau semakin dangkal, dan sebagian dari danau telah ditumbuhi oleh rumput-rumputan dan gelagah, proses pendangkalan danau semakin cepat sehingga luasan areal danau yang menampung air menjadi berkurang dan sebagian lagi sudah menjadi daratan. Kondisi danau Eutrofi

menjadi berubah ke danau "Distrofi". Selanjutnya, lama kelamaan danau ini menjadi daratan. Selanjutnya, proses suksesi yang berlangsung di danau tersebut perkembangannya menuju ke arah Klimaks dan pada kondisi Klimaks yang terjadi adalah vegetasi hutan.

3. Tipe Suksesi

Berdasarkan kepada habitat atau kondisi awal di mana terjadinya, suksesi biologi dapat dibedakan menjadi beberapa tipe, antara lain berikut ini.

- a. *Hydrosere*, yaitu proses suksesi biologi yang berlangsung di daerah perairan tawar. *Contoh*: Suksesi yang terjadi di danau, kolam.
- b. *Holosere*, yaitu proses suksesi biologi yang berlangsung di daerah perairan air asin. *Contoh*: Suksesi yang terjadi di tepi pantai.



Gambar 1.15
Suksesi Sekunder di Ekosistem Danau

- c. *Xerosere*, yaitu proses suksesi biologi yang berlangsung pada daerah daratan kering (*terrestrial*).
- 1) *Psammosere*, yaitu proses suksesi biologi yang berlangsung di daerah daratan pasir.
 - 2) *Lithosere*, yaitu proses suksesi yang berlangsung di daerah bebatuan.



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Jelaskan kenapa ilmu ekologi dapat dianggap sebagai dasar dalam Kegiatan Konservasi SDA dan Lingkungan!
- 2) Apa yang dimaksud dengan tingkatan biologi yang dipelajari dalam ekologi?
- 3) Apa yang dimaksud dengan istilah-istilah berikut.
 - a) Populasi
 - b) Komunitas
 - c) Ekosistem
 - d) Ekologi
- 4) Apa yang disebut dengan "Struktur dan Fungsi" dalam suatu ekosistem danau? Jelaskan dengan rinci!
- 5) Apa yang dimaksud dengan siklus Biogeokimia? Berikan contoh: untuk siklus Nitrogen dan Karbon!
- 6) Apa yang dimaksud dengan istilah-istilah:
 - a) Energi
 - b) Hukum Termodinamika I
 - c) Hukum Termodinamika II
- 7) Jelaskan tentang rantai makanan yang ada di dalam ekosistem terrestrial! Apa yang dimaksud dengan Produsen, Herbivora, Karnivora dan Top Karnivora, Konsumen, Dekomposer?
- 8) Apa perbedaan antara rantai makanan dan jaring-jaring makanan? Uraikan jaring-jaring makanan dalam suatu ekosistem daratan!
- 9) Apa yang dimaksud dengan piramida ekologi, piramida jumlah, piramida biomassa dan piramida energi?
- 10) Kenapa piramida jumlah dan biomassa, bentuknya bisa tegak atau terbalik, tetapi piramida energi tidak bisa terbalik?

- 11) Apakah yang dimaksud dengan efisiensi energi? Bagaimana menentukan efisiensi penggunaan energi?
- 12) Apakah yang dimaksud dengan Hukum Minimum dan Hukum Toleransi?
- 13) Jelaskan mengenai Steno Toleran dan Eury Toleran, untuk tumbuhan dengan tipe toleransi yang mana yang menyebabkan jenis tumbuhan itu bersifat Kosmopolit (dapat menyebar ke semua arah)!
- 14) Apa yang dimaksud dengan istilah-istilah di bawah ini
 - a) Suksesi
 - b) Suksesi Primer
 - c) Suksesi Sekunder
 - d) Klimaks
 - e) Oligotrofi
 - f) Mesotrofi
 - g) Eutrofi
 - h) Distrofi

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Untuk menjawab pertanyaan ini, Anda baca lagi bagaimana peran ekologi dalam konservasi SDA dan lingkungan!
- 2) Coba Anda lihat lagi Gambar 1.1 dan penjelasannya!
- 3) Coba Anda baca lagi pengertian dari masing-masing istilah tersebut!
- 4) Anda harus membaca lagi pengertian ekologi yang dikemukakan oleh Odum (1971)!
- 5) Anda harus membaca lagi definisi dari siklus biogeokimia dan lihat kembali untuk siklus N dan C!
- 6) Anda harus membaca lagi pengertian energi, Hukum Termodinamika I dan II!
- 7) Anda harus membuka dan membaca lagi istilah-istilah yang ada dalam rantai makanan!
- 8) Anda dapat melihat lagi istilah rantai makanan dan jaring-jaring makanan!
- 9) Anda harus membaca hal yang berhubungan dengan piramida ekologi tersebut!
- 10) Anda harus mengerti dan memahami bentuk-bentuk piramida serta dihubungkan dengan Hukum Termodinamika!
- 11) Anda harus mengetahui bahwa yang dimaksud dengan efisiensi, merupakan perbandingan dari energi yang disimpan dengan energi yang masuk ke dalam organisme, populasi dan komunitas tersebut!
- 12) Anda harus membaca lagi hal yang berhubungan dengan istilah Hukum Minimum dan Hukum Toleransi!
- 13) Untuk menjawab pertanyaan ini, Anda dapat melihat bagian bacaan yang membahas Teori Toleransi!

- 14) Untuk dapat menjawab istilah-istilah dalam pertanyaan ini, Anda dapat melihat bagian yang berhubungan dengan suksesi biologi!



RANGKUMAN

Ekologi sebagai ilmu yang mempelajari hubungan keterkaitan timbal-balik antara organisme dengan organisme lain dan antarorganisme dengan lingkungannya.

Cakupan tingkatan organisasi biologi yang dipelajari dalam ekologi, antara lain Populasi, Komunitas, dan Ekosistem. Menurut Odum (1971), ekologi sebagai ilmu yang mempelajari struktur dan fungsi dari suatu ekosistem. Prinsip-prinsip ekologi yang sering digunakan dalam pengelolaan Kegiatan Konservasi SDA dan Lingkungan antara lain Siklus Biogeokimia, Hukum Thermodinamika, Rantai Makanan, Piramida Ekologi, Hukum Toleransi dan Suksesi Biologi.

Berdasarkan sumbernya dalam siklus biogeokimia dapat dibagi ke dalam 2 tipe, yaitu (a) tipe gas dan (b) tipe sedimen. Tipe gas dimana sumber unsur biogeokimia yang utama ada di udara (atmosfer) dan tipe sedimen dimana sumber unsur biogeokimia berasal dari batuan bumi (lithosfer).

Energi dinyatakan sebagai kemampuan untuk melakukan kerja.

Hukum Thermodinamika 1

Energi yang masuk ke organisme, populasi atau ekosistem dapat dianggap sebagai energi tersimpan atau terlepaskan. Energi dapat berubah bentuk dari bentuk yang satu menjadi bentuk lainnya, tetapi tidak pernah dapat hilang, dihancurkan atau diciptakan.

Hukum Thermodinamika II

Tidak ada sistem perubahan energi yang betul-betul efisien. Setiap terjadi perubahan energi, pasti terjadi degradasi energi dari yang terpusat ke terpencair atau tersebar.

Pada rantai makanan dalam suatu ekosistem, organisme yang ada ditetapkan berdasarkan tingkatannya, fungsinya sebagai produsen, herbivora dan karnivora serta dekomposer.

Produsen merupakan organisme yang dapat membentuk bahan organik dari air dan CO_2 dengan bantuan energi matahari dalam proses fotosintesis. Konsumen merupakan organisme yang menggunakan bahan organik yang telah dibentuk oleh produsen untuk makanannya dan konsumen tidak bisa membuat makanan sendiri.

Dekomposer adalah organisme yang dapat menguraikan sampah organik yang dihasilkan produsen dan konsumen.

Kalau biomassa dari setiap trofik, dinyatakan dalam perbandingan luas yang disusun mulai dari tumbuhan sebagai produsen di tempat paling bawah dan tingkat trofik yang lebih tinggi berada di atasnya, konsumen sampai top konsumen maka terbentuklah piramida trofik yang disebut piramida ekologi. Piramida ekologi terdiri dari dua macam, yaitu piramida makanan (jumlah dan biomassa) dan piramida energi.

Hukum minimum Liebig menerangkan bahwa pertumbuhan tanaman sering kali diganggu dan dibatasi atau mengalami defisiensi oleh unsur yang secara alam jumlahnya terbatas atau minimum di dalam tanah.

Rangkuman yang lain dari Prinsip-prinsip Ekologi, harusnya sudah Anda pelajari di dalam Modul *Ekologi* sehingga tidak akan dijelaskan lebih lanjut dalam rangkuman ini.



TES FORMATIF 2

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Ilmu yang mempelajari hubungan keterkaitan antarorganisme yang satu dengan organisme lainnya dan organisme dengan lingkungan disebut
 - A. ekologi
 - B. biologi
 - C. sosiologi
 - D. histologi
- 2) Dalam ekologi, tingkatan organisasi biologi yang dipelajari
 - A. atom, molekul, sel
 - B. jaringan, organ, sistem organ
 - C. organisme, populasi, komunitas
 - D. populasi, komunitas, ekosistem
- 3) Termasuk ke dalam siklus Biogeokimia tipe gas adalah
 - A. siklus Ca; N; P
 - B. siklus H₂O; P; K
 - C. siklus H₂O; N;
 - D. siklus Ca; N; H₂O
- 4) Hal yang dimaksud dengan Hukum Kekekalan Energi adalah hukum
 - A. Termodinamika 1
 - B. Toleransi

- C. Termodinamika II
 - D. Minimum
- 5) Organisme yang tidak dapat membuat makanan sendiri, tetapi menggunakan bahan organik yang telah dibentuk oleh organisme lain untuk makanannya disebut
- A. produsen
 - B. konsumen
 - C. predator
 - D. parasit
- 6) Mikroorganisme dekomposer mempunyai peran yang sangat penting di dalam rantai pangan
- A. predator
 - B. parasit
 - C. produsen
 - D. konsumen
- 7) Piramida ekologi yang posisinya harus tegak dan tidak terbalik adalah piramida
- A. jumlah
 - B. biomassa
 - C. energi
 - D. penduduk
- 8) Orang yang mengemukakan *Teori Toleransi Faktor-faktor Lingkungan* adalah
- A. V. Shelford
 - B. Liebig
 - C. Odum
 - D. Penman
- 9) Tumbuhan yang mempunyai sifat steno toleran kalau titik minimum, optimum dan maksimum dari faktor-faktor lingkungan tersebut letaknya
- A. berdekatan
 - B. berjauhan
 - C. tidak beda
 - D. tidak tampak

- 10) Proses perkembangan suatu vegetasi atau komunitas tumbuhan pada suatu areal atau tempat secara bertahap disebut
- A. klimaks
 - B. sere
 - C. suksesi
 - D. pionir

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 2 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 2.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan modul selanjutnya. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

Kunci Jawaban Tes Formatif

Tes Formatif 1

- 1) A. Pertumbuhan populasi manusia terlalu cepat; pencemaran lingkungan; konsumsi SDA berlebihan; penurunan dan kerusakan sumber daya tanah.
- 2) A. CO, SO_x, NO_x.
- 3) C. Ekosistem.
- 4) B. Sumber Daya Alam Hayati.
- 5) C. Sumber Daya Alam Buatan.
- 6) A. Theodore Roosevelt.
- 7) C. Periode III.
- 8) C. 19.
- 9) B. Koorders.
- 10) B. UU No. 5 Tahun 1990.

Tes Formatif 2

- 1) A. Ekologi.
- 2) D. Populasi, komunitas, ekosistem.
- 3) C. H₂O; N; C.
- 4) A. Hk. Termodinamika I.
- 5) B. Konsumen.
- 6) B. Parasit.
- 7) C. Piramida energi.
- 8) A. V. Shelford.
- 9) A. Berdekatan.
- 10) C. Suksesi.

Daftar Pustaka

Alikodra, H.A. (1990). *Pengelolaan Satwa Liar*.

Haeruman, H. (1979). *Perencanaan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*, Sekolah Pasca Sarjana, IPB.

Meffe, B. K and R. C. Carrol. (1994). *Principles of Conservation Biology*.

Owen, S. O. (1980). *Natural Resources Conservation, an Ecological Approach. Third Edition*. New York: Macmillan Publishing Co. Inc.

Peggy, L. F and S. K. Jain. (1992). *Conservation Biology, the Theory and Practice of Nature Conservation Preservation And Management*.

Seta, A. K. (1987). *Konservasi Sumber daya Tanah dan Air*.

Setiadi, D. (1997). *Pengantar Konservasi Sumber daya Alam dan Lingkungan (Diktat Kuliah)*. Laboratorium Ekologi, Departemen Biologi FMIPA, Bogor.

Soeriaatmadja, R. E. (1977). *Ilmu Lingkungan*. Bandung: ITB.