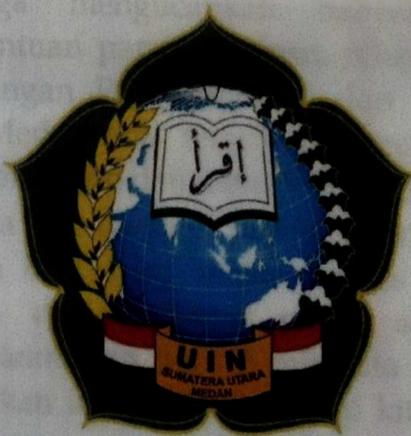


DIKTAT

KATA PENGANTAR

EKOLOGI



Oleh :

MELFA AISYAH HUTASUHUT, S.Pd, M.Si
NIDN. 2007018503

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA
MEDAN
2017

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

Bismillahirrahmanirrahim...

Kata Pengantar

Puji syukur kepada Allah SWT berkat rahmat dan karuniaNya penulis dapat menciptakan Diktat Matakuliah Ekologi Umum

Matakuliah ini adalah salah satu matakuliah pokok yang ada pada kurikulum Prodi Biologi di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan.

Penulis juga mengucapkan banyak terimakasih atas dukungan dan bantuan para pimpinan, rekan-rekan dosen, teman sejawat di lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi serta UIN Sumatera Utara Medan atas terselesainya Diktat ini. Semoga Diktat ini dapat membantu dan mendukung PBM di Prodi Biologi

Penulis juga menyadari masih adanya kekurangan dan keterbatasan pada Diktat ini, maka penulis tetap mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak agar Diktat ini bisa dikembangkan dikemudian hari. Akhir kata semoga segala upaya yang penulis lakukan ini bermanfaat bagi kita semua dan Semoga Allah SWT berkenan memberikan berkahnya sehingga semua harapan dan cita-cita penulis dapat terkabulkan. Amin

C. Aliran Energi dan Daur Materi dalam Ekosistem

D. Daur Biogeokimia

Medan, Januari 2017

Bab IV Piramida dan Produktivitas

A. Struktur Topik dan Piramida Makanan

B. Produktivitas

Melfa Aisyah Hutasuhut, S.Pd, M.Si

Bab V Analisa Vegetasi

A. Pengertian Analisis Vegetasi

B. Kurva Loas Minimum

C. Metode Garis dan Titik

Daftar Pustaka

BAB I

Pengertian, Sejarah, dan Ruang Lingkup Ekologi

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
Bab I Pengertian, sejarah, dan Ruang Lingkup Ekologi	1
A. Pengertian Ekologi	2
B. Ruang Lingkup Ekologi	3
C. Perkembangan Ekologi	6
Bab II Ekosistem	10
A. Pengertian dan Defenisi Ekosistem	10
B. Struktur Ekosistem	11
C. Tipe Ekosistem	18
Bab III Aliran Energi dan Daur Materi	23
A. Pengertian Aliran Energi dan Daur Materi	23
B. Energi dan Materi	25
C. Aliran Energi dan Daur Materi dalam Ekosistem	26
D. Daur Biogeokimia	27
Bab IV Piramida dan Produktivitas	39
A. Struktur Topik dan Piramida Makanan	39
B. Produktivitas	41
Bab V Analisa Vegetasi	44
A. Pengertian Analisis Vegetasi	44
B. Kurva Luas Minimum	45
C. Metode Garis dan Titik	47
Daftar Pustaka	54

BAB I

Pengertian, Sejarah, dan Ruang Lingkup Ekologi

A. PENGERTIAN EKOLOGI

Dalam kehidupan sehari-hari, terutama di daerah perdesaan, tentunya Anda sering melihat petani sedang mencangkul lahan, membajak, menanam, mengairi sawah, memupuk, dan kegiatan lainnya. Kegiatan petani ini sebetulnya telah dilakukan jauh beberapa abad yang lalu. Secara tidak langsung mereka sudah mengetahui adanya hubungan antara tanaman dengan tanah, tanaman dengan air, tanaman dengan unsur hara, dan lain sebagainya.

Apa yang dilakukan petani tersebut sebenarnya sudah mengaplikasikan tentang ekologi. Jadi aplikasi ekologi sebenarnya telah dilakukan oleh manusia jauh sebelum istilah ekologi itu sendiri diperkenalkan oleh para pakar ekologi. Pada pertanian masa kini, manusia sudah banyak menerapkan prinsip-prinsip alami untuk mendukung proses-proses ekologis yang baik.

Pada jaman nenek moyang bertani dengan cara masih sangat sederhana, tetapi pada saat ini telah menerapkan prinsip-prinsip ekologi. Misalnya penggunaan pupuk kandang, pupuk hijau, kompos, dan pupuk alam lainnya. Pada dasarnya masyarakat petani sudah mengetahui bahwa dalam kotoran ternak, kompos, maupun daun-daunan mengandung hara yang diperlukan tanaman, sehingga dengan apa yang dilakukan oleh petani tersebut membantu proses-proses ekologis terutama dalam hubungannya dengan pendauran/ siklus hara.

Ekologi dikenal sebagai ilmu yang mempelajari hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Makhluk hidup dalam kasus pertanian adalah tanaman, sedangkan lingkungannya dapat berupa air, tanah, unsur hara, dan lain-lain. Kata ekologi sendiri berasal dari dua kata dalam bahasa Yunani, yaitu *oikos* dan *logos*. *Oikos* artinya rumah atau tempat tinggal, sedangkan *logos* artinya ilmu atau pengetahuan. Jadi semula ekologi artinya "ilmu yang mempelajari organisme di tempat tinggalnya". Umumnya yang dimaksud dengan ekologi adalah "ilmu yang mempelajari hubungan timbal balik antara organisme atau kelompok organisme dengan lingkungannya". Saat ini ekologi lebih dikenal sebagai "ilmu yang mempelajari struktur dan fungsi dari alam". Bahkan ekologi dikenal sebagai ilmu yang mempelajari rumah tangga makhluk hidup.

Kata ekologi pertama kali diperkenalkan oleh **Ernst Haeckel** seorang ahli biologi Jerman pada tahun 1866. Beberapa para pakar biologi pada abad ke 18 dan 19 juga telah mempelajari bidang-bidang yang kemudian termasuk dalam ruang lingkup ekologi. Misalnya **Anthony van Leeuwenhoek**, yang terkenal sebagai pioner penggunaan mikroskop, juga pioner dalam studi mengenai rantai makanan dan regulasi populasi. Bahkan jauh sebelumnya, **Hippocrates**, **Aristoteles**, dan para filosof Yunani telah menulis beberapa materi yang sekarang termasuk dalam bidang ekologi.

Struktur ekosistem menurut Odum (1983), terdiri dari beberapa indikator yang menunjukkan keadaan dari system ekologi pada waktu dan tempat tertentu. Beberapa penyusun struktur ekosistem antara lain adalah densitas (kepadatan), biomas, materi, energi, dan faktor-faktor fisik-kimia lain yang mencirikan keadaan system tersebut. *Fungsi* ekosistem menggambarkan hubungan sebab akibat yang terjadi dalam system.

Berdasarkan struktur dan fungsi ekosistem, maka seseorang yang belajar ekologi harus didukung oleh pengetahuan yang komprehensif berbagai ilmu pengetahuan yang relevan dengan kehidupan seperti: taksonomi, morfologi, fisiologi, matematika, kimia, fisika, agama dan lain-lain. Belajar ekologi tidak hanya mempelajari ekosistem tetapi juga otomatis mempelajari organisme pada tingkatan organisasi yang lebih kecil seperti individu, populasi dan komunitas.

Menurut Zoer'aini (2003), Seseorang yang belajar ekologi sebenarnya mempertanyakan berbagai hal antara lain adalah:

1. Bagaimana alam bekerja
2. Bagaimana species beradaptasi dalam habitatnya
3. Apa yang diperlukan organisme dari habitatnya untuk melangsungkan kehidupan
4. Bagaimana organisme mencukupi kebutuhan materi dan energi
5. Bagaimana interaksi antar species dalam lingkungan
6. Bagaimana individu-individu dalam species diatur dan berfungsi sebagai populasi
7. Bagaimana keindahan ekosistem tercipta

Dari perpaduan harafiah dan berbagai kajian, maka ekologi dapat dikatakan sebagai ilmu yang mempelajari seluruh pola hubungan timbal balik antar mahluk hidup dan juga antara mahluk hidup dengan lingkungannya. Manusia sebagai mahluk hidup juga menjadi pembahasan dalam kajian ekologi. Ekologi menjadi jembatan antara ilmu alam dengan ilmu sosial.

B. RUANG LINGKUP EKOLOGI

Setiap ilmu memiliki batas-batas wilayah studi. Perlu dimaklumi bahwa batas wilayah kerja suatu ilmu umumnya bertumpang tindih dengan batas-batas wilayah kerja dari ilmu-ilmu lain. Sehubungan dengan itu maka sudah selayaknya kalau kita ingin mengetahui juga batas wilayah kerja dari ilmu ekologi.

Untuk mempelajari gambaran yang cukup jelas tentang batas-batas wilayah kerja dari ilmu ekologi dapat dipergunakan konsep model dari **Miller**.

Konsep tersebut beranggapan bahwa seluruh alam semesta merupakan suatu ekosistem yang tersusun oleh berbagai komponen atau kesatuan. Dalam suatu ekosistem satu atau sekelompok komponen tak dapat berdiri sendiri terlepas dari kelompok kesatuan lain. Dalam hal ini kesatuan kelompok komponen pertama akan merupakan satuan kelompok kedua, kesatuan kelompok komponen kedua akan menyusun kesatuan kelompok ke tiga, demikian seterusnya. Atas dasar pemikiran itu Miller menyusun konsep model atas ekosistem alam semesta. Konsep model dimaksud dapat dituangkan dalam bentuk grafik (Gambar 1.1).

Menurut konsep tersebut bagian-bagian atom akan membentuk satuan atom. Satuan atom akan membentuk satuan molekul, dan satuan-satuan molekul seterusnya akan membentuk satuan protoplasma, demikian proses pembentukan satuan lainnya.

Dalam konsep model tersebut ditetapkan selanjutnya batas-batas wilayah kerja dari berbagai pengetahuan. Kita melihat batas-batas dari: (1) daerah mati atau daerah tanpa adanya jasad-jasad hidup, (2) daerah hidup atau daerah yang dihuni oleh jasad-jasad hidup dan (3) daerah yang masih merupakan tanda tanya. Dipaparkan pula batas-batas yang dinamakan: (1) daerah dari benda-benda submikroskopis, (2) daerah dengan benda dan jasad mikroskopis, (3) daerah makroskopis, dan (4) daerah kosmis.

Dalam model tersebut ditampilkan batas wilayah kerja ilmu ekologi, yaitu batas terbawah adalah tingkat organisme atau tingkat individu dan batas teratas adalah tingkat biosfer.

Secara ringkas, ruang lingkup ekologi dapat digambarkan melalui spektrum biologi, yang menggambarkan aras-aras organisasi kehidupan sebagai berikut :

Makromolekul —> protoplasma —> sel —> jaringan —> organ
tubuh —> sistem organ —> organisme —> populasi —> komunitas
—> ekosistem —> biosfer.

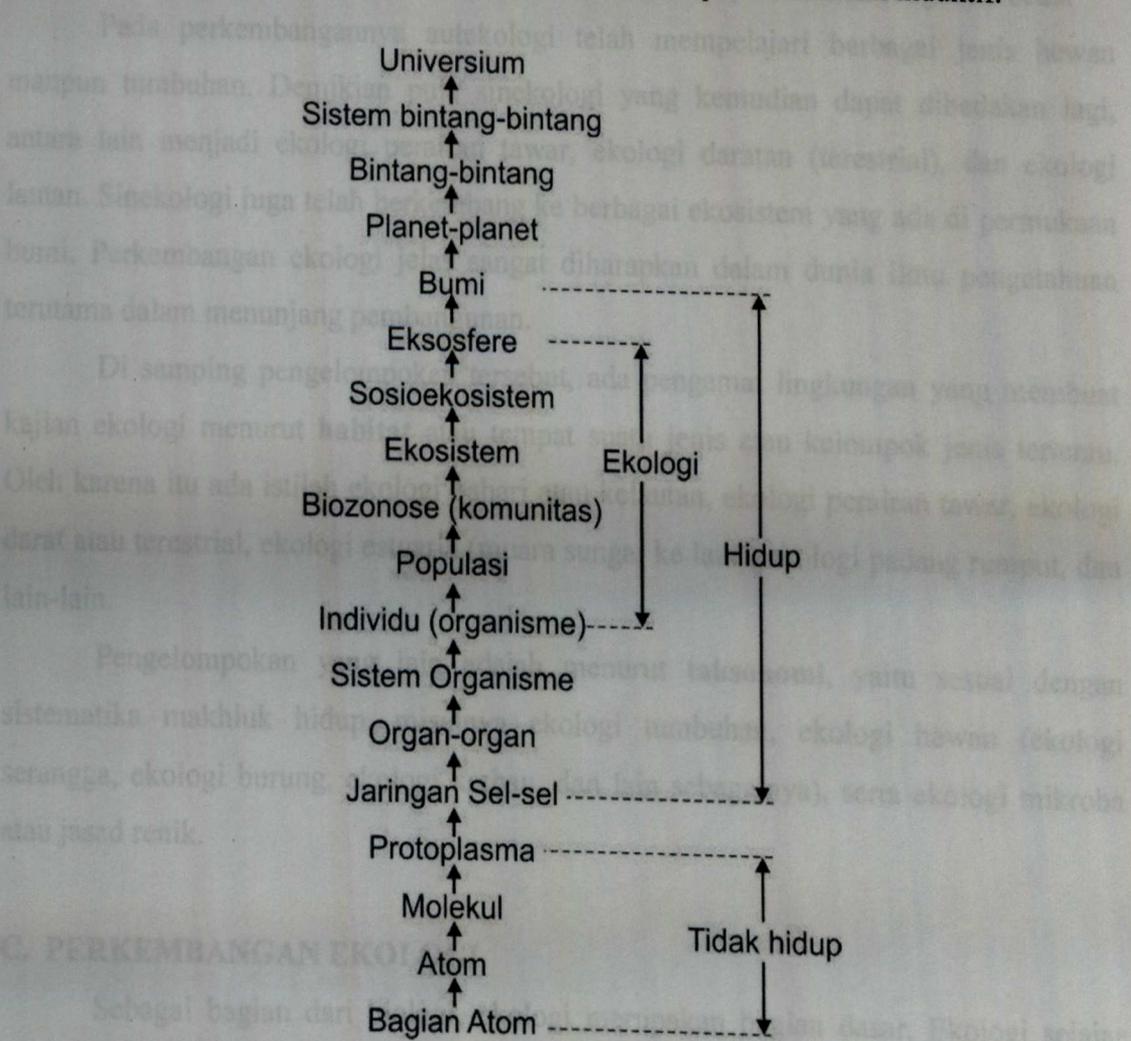
1. **Protoplasma** adalah zat hidup dalam sel dan terdiri atas senyawa organik yang kompleks, seperti lemak, protein, dan karbohidrat.
2. **Sel** adalah satuan dasar suatu organisme yang terdiri atas protoplasma dan inti yang terkandung dalam membran. Membran merupakan komponen yang menjadi pemisah dari satuan dasar lainnya.
3. **Jaringan** adalah kumpulan sel yang memiliki bentuk dan fungsi sama, misalnya jaringan otot.
4. **Organ** atau alat tubuh merupakan bagian dari suatu organisme yang mempunyai fungsi tertentu, misalnya kaki atau telinga pada hewan, dan daun atau akar pada tumbuhan.
5. **Sistem organ** adalah kerja sama antara struktur dan fungsi yang harmonis, seperti kerja sama antara mata dan telinga, antara mata dan tangan, dan antara hidung dengan tangan.
6. **Organisme** adalah suatu benda hidup, jasad hidup, atau makhluk hidup.
7. **Populasi** adalah kelompok organisme yang sejenis yang hidup dan beranak pada suatu daerah tertentu. Contohnya populasi rusa di pulau Jawa, populasi banteng di Ujung Kulon, populasi badak di Ujung Kulon, dan populasi ayam kampung di Jawa Barat.
8. **Komunitas** adalah semua populasi dari berbagai jenis organisme yang menempati suatu daerah tertentu. Di daerah tersebut setiap populasi berinteraksi satu dengan lainnya. Misalnya populasi rusa berinteraksi dengan populasi harimau di Pulau Sumatra atau populasi ikan mas berinteraksi dengan populasi ikan mujair.

Batas-batas wilayah kerja dari ilmu ekologi dapat dilihat dari konsep model seperti Gambar 1.1. Karena luasnya wilayah kerja ada bagian-bagian dari ilmu ekologi yang mengkhususkan penelitiannya pada bagian-bagian wilayah kerja tertentu. Pada mulanya pakar-pakar ekologi tumbuhan menaruh perhatian terhadap hubungan antartumbuhan.

Misalnya bagaimana hubungan pertumbuhan padi dengan gulma yang sama-sama tumbuh pada suatu petak sawah.

Para pakar ekologi hewan mempelajari dinamika populasi dan perilaku hewan, misalnya bagaimana populasi badak bercula satu di Ujung Kulon, berikut penyebarannya sampai di mana, jumlah hewan jantan dan betina, dan cara berkembang biaknya. Studi ekologi tumbuhan dan hewan dikelompokkan menjadi dua, yaitu **autekologi** dan **sinekologi**.

Autekologi merupakan studi hubungan timbal balik suatu jenis organisme dengan lingkungannya yang pada umumnya bersifat eksperimental dan induktif.



Gambar 1.1.

Konsep model tentang batas-batas kesatuan lingkungan yang terdapat di alam

Sinekologi merupakan studi dari kelompok organisme sebagai suatu kesatuan yang lebih bersifat filosofis, deduktif, dan umumnya deskriptif. Contoh studi autekologi adalah ekologi tikus yang diberi perlakuan tertentu, misalnya sebagian ruang geraknya terbatas, sebagian yang lain ruang geraknya bebas, lalu diukur perkembangan otaknya setelah waktu tertentu dan dibandingkan satu sama lain. Contoh studi sinekologi adalah ekologi hutan hujan tropis yang mengkaji berbagai jenis tumbuhan yang ada, populasi masing-masing jenis, kerapatan persatuan luas, fungsi berbagai tumbuhan yang ada, kondisi hutan atau tingkat kerusakan, hubungannya dengan tanah, air, atau komponen fisik lainnya. Mengacu kedua contoh tersebut, jelas kedua pendekatan sangat berbeda.

Pada perkembangannya autekologi telah mempelajari berbagai jenis hewan maupun tumbuhan. Demikian pula sinekologi yang kemudian dapat dibedakan lagi, antara lain menjadi ekologi perairan tawar, ekologi daratan (terrestrial), dan ekologi lautan. Sinekologi juga telah berkembang ke berbagai ekosistem yang ada di permukaan bumi. Perkembangan ekologi jelas sangat diharapkan dalam dunia ilmu pengetahuan terutama dalam menunjang pembangunan.

Di samping pengelompokan tersebut, ada pengamat lingkungan yang membuat kajian ekologi menurut **habitat** atau tempat suatu jenis atau kelompok jenis tertentu. Oleh karena itu ada istilah ekologi bahari atau kelautan, ekologi perairan tawar, ekologi darat atau terrestrial, ekologi estuaria (muara sungai ke laut), ekologi padang rumput, dan lain-lain.

Pengelompokan yang lain adalah menurut **taksonomi**, yaitu sesuai dengan sistematika makhluk hidup, misalnya ekologi tumbuhan, ekologi hewan (ekologi serangga, ekologi burung, ekologi kerbau, dan lain sebagainya), serta ekologi mikroba atau jasad renik.

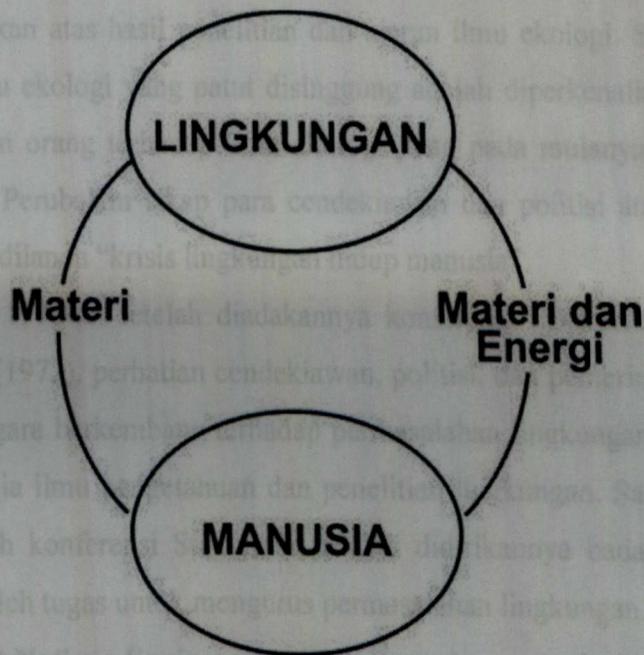
C. PERKEMBANGAN EKOLOGI

Sebagai bagian dari biologi, ekologi merupakan bagian dasar. Ekologi sejajar dengan bagian dasar yang lain, misalnya biologi molekuler, biologi perkembangan, genetika, fisiologi, dan morfologi. Ekologi mengalami perkembangan sejalan dengan perkembangan ilmu dan teknologi. Perkembangan ekologi mempengaruhi ilmu yang lain, demikian juga perkembangan ilmu yang lain mempengaruhi ekologi.

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa ekologi berasal dari kata *oikos* yang artinya rumah dan *logos* yang artinya ilmu. Secara harfiah ilmu ekologi adalah suatu

ilmu yang mempelajari “tata rumah” atau “tata rumah tangga” manusia. Lambat laun bidang ilmu penelitian ekologi tidak terbatas pada manusia dan lingkungannya, tetapi penelitian juga meluas sampai pada penelitian atas semua jasad hidup dan lingkungannya. Ilmu ekologi dalam menganalisis tata lingkungan mempergunakan konsep model lingkaran. Lingkaran yang melukiskan proses rumah tangga lingkungan lazim dikenal dengan nama “lingkaran energi, materi, dan informasi” (Gambar 1.2). Dalam proses tersebut dikenal 2 golongan, yaitu: (1) golongan produsen, (2) golongan konsumen (termasuk jasad hidup pengurai). Selama proses aliran energi dan materi tidak terganggu, selama itu pula tata lingkungan tetap dalam “keseimbangan ekologis”.

Pada Gambar 1.2 menunjukkan bahwa ilmu ekologi mencurahkan perhatiannya pada pengaliran energi, materi, dan informasi. Jadi pada gambar tersebut tampak adanya hubungan antara kehidupan masyarakat dengan lingkungannya.



Gambar 1.2.

Hubungan antara manusia dan lingkungan dengan aliran materi, energi, dan informasi

Corak pertumbuhan dan perkembangan ilmu ekologi, seorang ahli ilmu hayat pencipta ilmu ekologi bernama Haeckel (1866) mengemukakan bahwa ilmu ekologi tergolong dalam disiplin “biologi”, karena ilmu ekologi mempelajari persyaratan biologis bagi jasad dan makhluk hidup dalam lingkungannya. Justru dari kalangan para ahli biologi, ilmu ekologi tidak mendapatkan perhatian secara layak. Ada beberapa ahli

yang mengembangk-an ilmu ekologi, di antaranya adalah ahli dalam bidang geografi fisik dan biografi.

Ilmu ekologi pada awalnya merupakan suatu pengetahuan umum dan hanya mempelajari hubungan lingkungan secara individual atas dasar fisiologi. Pada waktu itu para cendekiawan, khususnya dari kalangan ilmu alam, kurang menaruh perhatian pada berbagai ilmu yang sifatnya umum, tetapi orang lebih banyak mengarahkan perkembangan ilmu-ilmu ke arah spesialisasi. Walaupun perhatian orang terhadap ilmu ekologi jika dibandingkan dengan ilmu lain, terutama ekonomi dan politik kurang memadai, namun ekologi terus berkembang. Sebagai bukti bahwa ilmu ekologi dapat terus berkembang dan melebarkan sayapnya ke bidang-bidang lain seperti botani, dan zoologi.

Belakangan ini kebijakan pemerintah dan berbagai organisasi lain dalam “perlindungan alam dan lingkungan permukiman” serta “pemeliharaan dan pelestarian lingkungan” didasarkan atas hasil penelitian dan ajaran ilmu ekologi. Sebagai langkah lebih lanjut dari ilmu ekologi yang patut disinggung adalah diperkenalkannya “ekologi landscape”. Perhatian orang terhadap ilmu ekologi yang pada mulanya kurang, secara mendadak berubah. Perubahan sikap para cendekiawan dan politisi atas ilmu ekologi terjadi setelah dunia dilanda “krisis lingkungan hidup manusia”.

Pada dasawarsa 1970-an setelah diadakannya konferensi PBB tentang lingkungan hidup “Stockholm” (1972), perhatian cendekiawan, politisi, dan pemerintah dari negara-negara maju dan negara berkembang terhadap permasalahan lingkungan hidup berubah, termasuk dalam dunia ilmu pengetahuan dan penelitian lingkungan. Salah satu resolusi yang dihasilkan oleh konferensi Stockholm adalah didirikannya badan khusus dalam PBB yang memperoleh tugas untuk mengurus permasalahan lingkungan. Nama badan itu ialah UNEP (**United Nations Environmental Program**) yang berkedudukan di Nairobi (Kenya).

Pada setiap tanggal 5 Juni (hari pembukaan konferensi di Stockholm) oleh banyak negara, termasuk di Indonesia dijadikan sebagai hari lingkungan hidup untuk memperingatkan dunia atas bahaya yang terus-menerus mengancam lingkungan hidup kita. Hal tersebut merupakan wujud dari perkembangan ilmu ekologi.

Sementara itu, para pakar ekologi pada awalnya mempelajari ekologi berawal dari geografi tumbuhan yang berkembang ke aspek lain yaitu komunitas tumbuhan yang kemudian berkembang menjadi **ekologi komunitas**. Pada waktu yang hampir bersamaan

juga berkembang berbagai studi mengenai dinamika populasi atau **ekologi populasi**. Studi ini kemudian berkembang menjadi **ekologi perilaku**. Perkembangan ini tentunya akan terus berlanjut sejalan dengan berjalannya waktu.

Hingga beberapa tahun, dinamika populasi dan ekologi komunitas menjadi perhatian besar bagi para pakar ekologi. Dengan adanya perhatian yang besar terhadap berbagai faktor fisik lingkungan, kemudian timbul beberapa cabang ilmu ekologi seperti **ekoklimatologi, fisioekologi, dan ekoenergetika**.

Telah disebutkan sebelumnya bahwa ekologi adalah bagian dari biologi, tetapi ekologi tidak dapat dipisahkan dari ilmu-ilmu yang lain, seperti **ilmu fisika, kimia, serta ilmu bumi dan antariksa**. Ilmu fisika berperan penting dalam ekologi karena berbagai faktor fisik seperti suhu, kelembaban, cahaya, hujan, dan faktor fisik lainnya banyak terkait dalam studi ekologi. Ilmu kimia menduduki peran penting dalam ekologi karena proses kimia merupakan proses yang mendukung studi ekologi. Misalnya dalam siklus C, P, N, K merupakan bagian penting dari ekologi.

Ekologi modern memusatkan perhatian pada konsep ekosistem. Konsep ini menyangkut beberapa asas dasar yang nanti akan diuraikan pada kegiatan belajar atau modul-modul berikutnya. Penggunaan konsep ekosistem menuju kepada pendekatan baru yaitu pendekatan sistem. Pendekatan ini meliputi penggunaan model-model matematika, yang antara lain digunakan untuk menjelaskan secara lebih sederhana suatu ekosistem atau dapat pula untuk meramal/menduga perubahan-perubahan yang akan terjadi pada masa yang akan datang. Bahkan dalam perencanaan pembangunan, dapat diperkirakan dampak-dampak yang akan terjadi pada suatu ekosistem sehingga dapat direncanakan pula bagaimana mengeliminir dampak negatif yang akan terjadi.

BAB II

EKOSISTEM

A. PENGERTIAN DAN DEFINISI EKOSISTEM

Di dalam ekosistem, organisme yang ada selalu berinteraksi secara timbal balik dengan lingkungannya. Interaksi timbal balik ini membentuk suatu sistem yang kemudian kita kenal sebagai sistem ekologi atau **ekosistem**. Dengan kata lain **ekosistem** merupakan suatu satuan fungsional dasar yang menyangkut proses interaksi organisme hidup dengan lingkungannya. Lingkungan yang dimaksud dapat berupa lingkungan biotik (makhluk hidup) maupun abiotik (non makhluk hidup). Sebagai suatu sistem, di dalam suatu ekosistem selalu dijumpai proses interaksi antara makhluk hidup dengan lingkungannya, antara lain dapat berupa adanya aliran energi, rantai makanan, siklus biogeokimiawi, perkembangan, dan pengendalian.

Ekosistem juga dapat didefinisikan sebagai suatu satuan lingkungan yang melibatkan unsur-unsur biotik (jenis-jenis makhluk) dan faktor-faktor fisik (iklim, air, dan tanah) serta kimia (keasaman dan salinitas) yang saling berinteraksi satu sama lainnya. Gatra yang dapat digunakan sebagai ciri kesetuhan ekosistem adalah energetika (taraf trofi atau makanan, produsen, konsumen, dan redusen), pendauran hara (peran pelaksana taraf trofi), dan produktivitas (hasil keseluruhan sistem). Jika dilihat komponen biotanya, jenis yang dapat hidup dalam ekosistem ditentukan oleh hubungannya dengan jenis lain yang tinggal dalam ekosistem tersebut. Selain itu keberadaannya ditentukan juga oleh keseluruhan jenis dan faktor-faktor fisik serta kimia yang menyusun ekosistem tersebut.

Berbagai konsep ekosistem pada dasarnya sudah mulai dirintis oleh beberapa pakar ekologi. Pada tahun 1877, **Karl Mobius** (Jerman) menggunakan istilah **biocoenosis**. Kemudian pada tahun 1887, **S.A. Forbes** (Amerika) menggunakan istilah **mikrokosmos**. Di Rusia pada mulanya lebih banyak digunakan istilah **biocoenosis**, ataupun **geobiocoenosis**. Istilah ekosistem mula-mula diperkenalkan oleh seorang pakar ekologi dari Inggris, **A.G. Tansley**, pada tahun 1935. Pada akhirnya istilah ekosistem lebih banyak digunakan dan dapat diterima secara luas sampai sekarang.

B. STRUKTUR EKOSISTEM

Ekosistem adalah tempat dimana terjadinya proses saling interaksi dan ketergantungan antara makhluk hidup sebagai komponen biotik, dengan lingkungan hidupnya yang merupakan komponen abiotik. Komponen abiotik atau komponen tak hidup meliputi udara (nitrogen, oksigen, karbon dioksida, angin, kelembapan), suhu, air, mineral, cahaya, keasaman dan salinitas. Komponen biotik atau komponen hidup terdiri dari produser, konsumen dan decomposer (pengurai)

1. Komponen Abiotik

Abiotik atau komponen tak hidup merupakan komponen fisik dan kimia yang medium atau substrat sebagai tempat berlangsungnya kehidupan atau lingkungan tempat hidup. Sebagian besar dari komponen abiotik memiliki beragam variasi dalam ruang dan waktu. Komponen abiotik berupa bahan organik, senyawa anorganik, serta faktor yang memengaruhi distribusi organisme, antara lain:

1. Suhu yaitu proses biologi dipengaruhi juga oleh suhu. Mamalia dan unggas akan membutuhkan energi untuk dapat meregulasi temperatur dalam tubuh,
2. Air yaitu Ketersediaan air juga dapat mempengaruhi distribusi organisme. Organisme yang terdapat pada gurun beradaptasi terhadap ketersediaan air yang ada di gurun tersebut,
3. Garam yaitu Konsentrasi garam juga memengaruhi kesetimbangan air dalam organisme dengan melalui osmosis. Beberapa organisme terestrial mampu untuk dapat beradaptasi di dalam lingkungan dengan kandungan garam yang tinggi.
4. Cahaya matahari merupakan Intensitas serta kualitas cahaya matahari dapat memengaruhi proses fotosintesis. Air dapat menyerap cahaya sehingga yang terjadi pada lingkungan air, fotosintesis terjadi pada sekitar permukaan yang dapat dijangkau oleh cahaya matahari. Di gurun, intensitas cahaya matahari yang sangat besar dapat membuat peningkatan suhu, hal ini dapat mengakibatkan hewan dan tumbuhan tertekan.
5. Tanah dan batu, Karakteristik tanah yang meliputi antara lain struktur fisik,, komposisi mineral, dan pH membatasi penyebaran organisme yang berdasarkan kandungan sumber makanan di tanah dan

6. Iklim adalah kondisi cuaca dalam suatu daerah atau area serta dalam jangka waktu lama. Iklim makro meliputi iklim global, lokal, dan regional. Iklim mikro meliputi iklim dalam suatu daerah yang dihuni oleh beberapa komunitas tertentu.

2. Komponen Biotik

a. Produser

Semua organisme berhijau daun (berklorofil) tergolong produser. Produser meliputi organisme bersel satu seperti ganggang, tumbuhan lumut, tumbuhan paku, dan tumbuhan biji. Produser mampu mengubah zat anorganik menjadi zat organik dengan pertolongan cahaya. Zat anorganik yang diperlukan adalah CO_2 dan H_2O , yang akan diubah menjadi zat organik yaitu gula ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) yang diubah menjadi amilum (pati). Organisme yang mampu menyusun zat organik disebut hidup secara autotrof, produser dapat menyediakan bahan makanan bagi makhluk hidup lain.

b. Konsumen

Konsumen merupakan makhluk hidup yang berperan sebagai pemakan bahan organik atau energi yang dihasilkan oleh produsen yang bertujuan untuk menjaga kelangsungan hidupnya. Manusia, hewan, dan tumbuhan tak berklorofil merupakan konsumen karena tidak dapat mengubah bahan anorganik menjadi bahan organik sehingga manusia, hewan, dan tumbuhan tak berklorofil disebut konsumen. Konsumen dapat dibagi menjadi beberapa tingkatan, yaitu sebagai berikut.

1. Konsumen tingkat pertama (konsumen primer) merupakan konsumen yang memakan tumbuhan secara langsung, misalnya, hewan pemakan tumbuhan (herbivor), seperti zooplankton, ulat, belalang, tikus, sapi, kerbau, kambing, dan kuda.
2. Konsumen tingkat kedua (konsumen sekunder) merupakan konsumen yang memakan konsumen tingkat pertama, misalnya, burung pemakan ulat dan ular pemakan tikus. Biasanya adalah hewan pemakan daging (karnivora).
3. Konsumen tingkat ketiga (konsumen tersier) merupakan konsumen yang memakan konsumen tingkat kedua, misalnya, burung elang pemakan ular atau burung alap-alap pemakan burung pemakan ulat.

4. Konsumen tingkat keempat (konsumen puncak) merupakan konsumen yang memakan konsumen tingkat ketiga. Manusia sebagai pemakan tumbuhan dan daging (omnivora) berada pada tingkatan konsumen.

c. Dekomposer (pengurai)

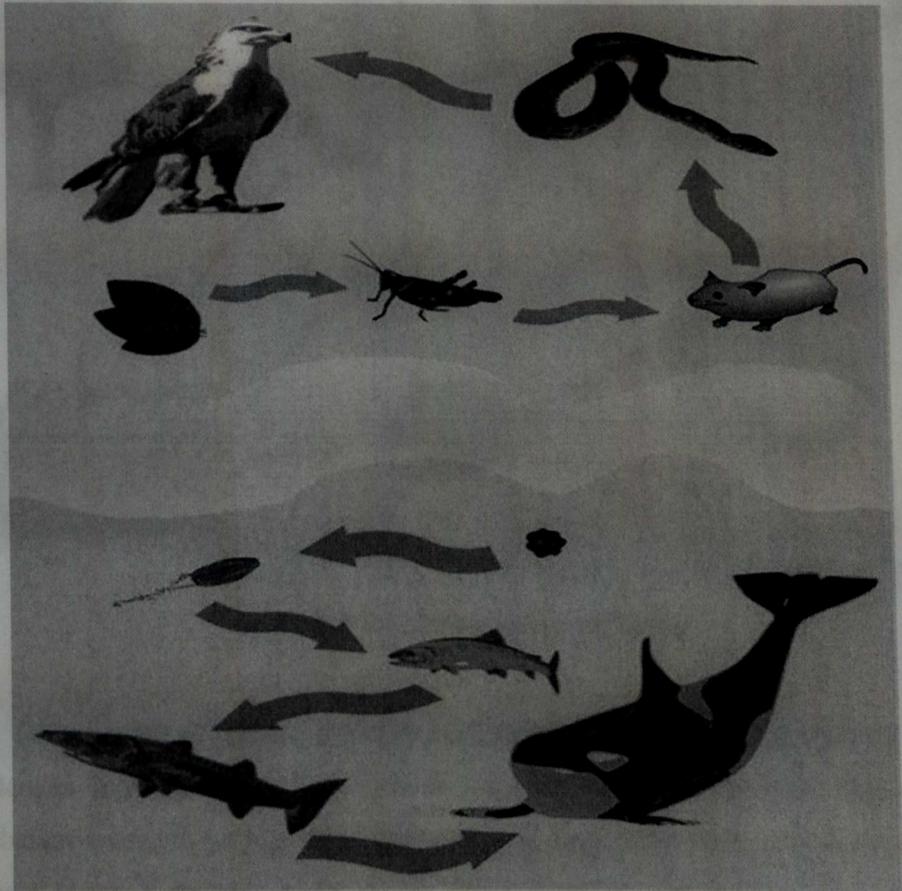
Mikroorganisme yang berperan menguraikan tubuh makhluk hidup lain yang mati atau sampah-sampah. Makhluk hidup yang tergolong pengurai adalah jamur dan bakteri. Sampah atau bangkai akan mengalami pembusukan terlebih dahulu dan akhirnya mengalami penguraian. Zat-zat makanan yang berupa zat organik yang terkandung didalamnya akan terurai menjadi gas H_2S yang menimbulkan bau busuk, CO_2 , air dan mineral yang meresap ke dalam tanah. Di dalam ekosistem terjadi hubungan saling ketergantungan antar komponennya. Hubungan saling ketergantungan tersebut terjadi antara :

1. Komponen biotik dengan komponen abiotik, misalnya kandungan nutrisi tanah akan berpengaruh terhadap tumbuhan yang ditanam di tanah tersebut.
2. Komponen biotik dengan komponen biotik lainnya (produsen, konsumen dan pengurai), misalnya terjadinya peristiwa makan dan dimakan pada rantai makanan

Kumpulan beberapa rantai makanan akan membentuk jaring-jaring makanan. Pada rantai makanan juga terjadi perpindahan energi dari makhluk hidup yang satu ke makhluk hidup yang lain. Ekosistem merupakan penggabungan dari unit biosistem yang melibatkan hubungan interaksi timbal balik antara organisme serta lingkungan fisik sehingga aliran energi menuju struktur biotik tertentu sehingga terjadi siklus materi antara organisme dan anorganisme. Matahari adalah sumber dari semua energi yang ada dalam ekosistem. Ketergantungan pada ekosistem dapat terjadi antar komponen biotik atau antara komponen biotik dan abiotik. Ketergantungan antar komponen biotik dapat terjadi melalui:

- a. **Rantai makanan**, yaitu perpindahan materi dan energi melalui proses makan dan dimakan dengan urutan tertentu. Tiap tingkat dari rantai makanan disebut tingkat trofi atau taraf trofi. Karena organisme pertama yang mampu menghasilkan zat makanan adalah tumbuhan maka tingkat trofi pertama selalu diduduki tumbuhan hijau sebagai produsen. Tingkat selanjutnya adalah tingkat trofi kedua, terdiri

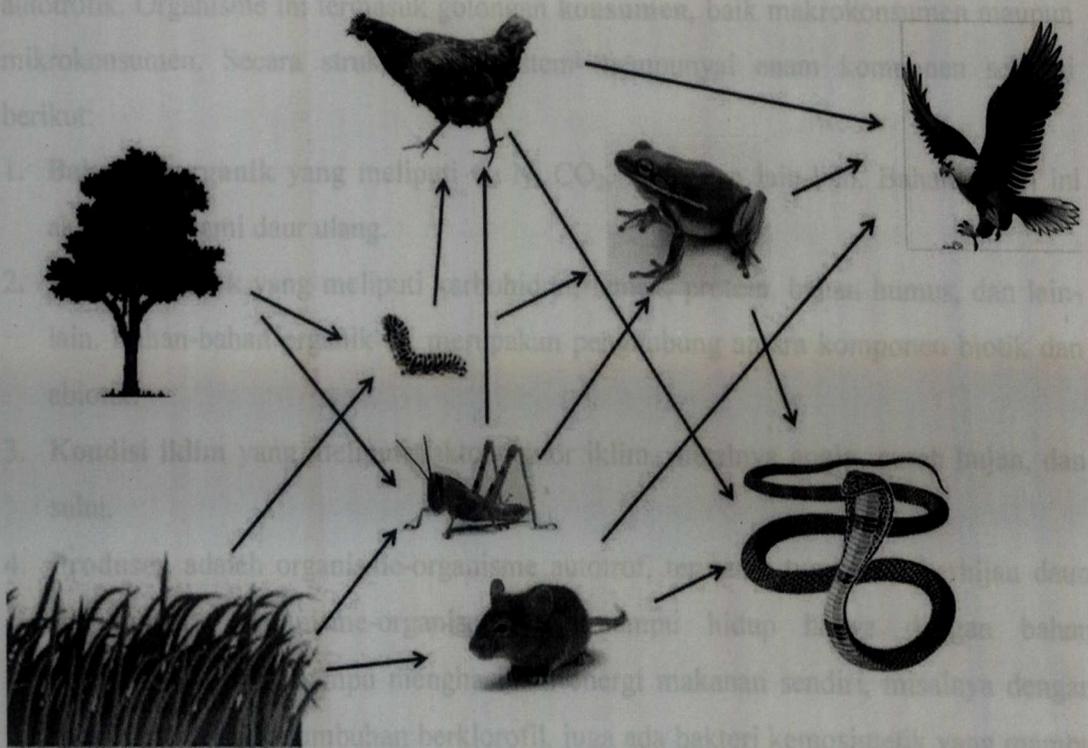
atas hewan pemakan tumbuhan yang biasa disebut konsumen primer. Hewan pemakan konsumen primer merupakan tingkat trofi ketiga, terdiri atas hewan-hewan karnivora. Setiap pertukaran energi dari satu tingkat trofi ke tingkat trofi lainnya, sebagian energi akan hilang.



Gambar 1.3. Rantai makanan di darat dan di laut

- b. **Jaring- jaring makanan**, yaitu rantai-rantai makanan yang saling berhubungan satu sama lain sedemikian rupa sehingga membentuk seperti jaring-jaring. Jaring-jaring makanan terjadi karena setiap jenis makhluk hidup tidak hanya memakan satu jenis makhluk hidup lainnya. Ketergantungan antara komponen biotik dan abiotik dapat terjadi melalui siklus materi, seperti : siklus karbon, siklus air, siklus nitrogen, dan siklus sulfur

Siklus ini berfungsi untuk mencegah suatu bentuk maerti menumpuk pasa suatu tempat. Ulah manusia telah membuat suat system ya g awalnya siklik menjadi nonsiklik, manusia cenderung mengganggu keseimbangan lingkungan



Gambar 1.4. Jaringan makanan

Dalam suatu ekosistem, organisme dalam komunitas berkembang secara bersama-sama dengan lingkungan fisik. Organisme tersebut akan beradaptasi dengan lingkungan fisik dan sebaliknya organisme juga dapat memengaruhi lingkungan fisik yang digunakan untuk keperluan hidup. Kehadiran suatu spesies dalam suatu ekosistem ditentukan oleh tingkat ketersediaan sumber daya dan kondisi faktor kimiawi serta fisis yang harus berada pada kisaran yang masih dapat ditoleransi oleh spesies itu sendiri, itulah yang disebut hukum toleransi.

Bila kita memasuki suatu ekosistem, baik ekosistem daratan maupun perairan, akan dijumpai adanya dua macam organisme hidup yang merupakan komponen biotik ekosistem. Kedua macam komponen biotik tersebut adalah (a) **autotrofik** dan (b) **heterotrofik**.

- a. **autotrofik**, terdiri atas organisme yang mampu menghasilkan (energi) makanan dari bahan-bahan anorganik dengan proses fotosintesis ataupun kemosintesis. Organisme ini tergolong mampu memenuhi kebutuhan dirinya sendiri. Organisme ini sering disebut **produsen**.
- b. **heterotrofik**, terdiri atas organisme yang menggunakan, mengubah atau memecah bahan organik kompleks yang telah ada yang dihasilkan oleh komponen

autotrofik. Organisme ini termasuk golongan **konsumen**, baik makrokonsumen maupun mikrokonsumen. Secara struktural ekosistem mempunyai enam komponen sebagai berikut:

1. **Bahan anorganik** yang meliputi C, N, CO₂, H₂O, dan lain-lain. Bahan-bahan ini akan mengalami daur ulang.
2. **Bahan organik** yang meliputi karbohidrat, lemak, protein, bahan humus, dan lain-lain. Bahan-bahan organik ini merupakan penghubung antara komponen biotik dan abiotik.
3. **Kondisi iklim** yang meliputi faktor-faktor iklim, misalnya angin, curah hujan, dan suhu.
4. **Produsen** adalah organisme-organisme autotrof, terutama tumbuhan berhijau daun (berklorofil). Organisme-organisme ini mampu hidup hanya dengan bahan anorganik, karena mampu menghasilkan energi makanan sendiri, misalnya dengan fotosintesis. Selain tumbuhan berklorofil, juga ada bakteri kemosintetik yang mampu menghasilkan energi kimia melalui reaksi kimia. Tetapi peranan bakteri kemosintetik ini tidak begitu besar jika dibandingkan dengan tumbuhan fotosintetik.
5. **Makrokonsumen** adalah organisme heterotrof, terutama hewan-hewan seperti kambing, ular, serangga, dan udang. Organisme ini hidupnya tergantung pada organisme lain, dan hidup dengan memakan materi organik.

Mikrokonsumen adalah organisme-organisme heterotrof, saprotrof, dan osmotrof, terutama bakteri dan fungi. Mereka inilah yang memecah materi organik yang berupa sampah dan bangkai, menguraikannya sehingga terurai menjadi unsur-unsurnya (bahan anorganik). Kelompok ini juga disebut sebagai **organisme pengurai** atau **dekomposer**.

Komponen-komponen 1, 2, dan 3, merupakan komponen abiotik/ nonbiotik, atau komponen yang tidak hidup, sedangkan komponen-komponen 4, 5, 6, merupakan komponen yang hidup atau komponen biotik.

Secara fungsional ekosistem dapat dipelajari menurut enam proses yang berlangsung di dalamnya, yaitu:

1. Lintasan atau aliran energi.
2. Rantai makanan.
3. Pola keragaman berdasar waktu dan ruang.
4. Daup ulang (siklus) biogeokimiawi.
5. Perkembangan dan evolusi.

6. Pengendalian atau sibernetika.

Konsep ekosistem merupakan konsep yang luas, yang merupakan konsep dasar dalam ekologi. Konsep ini menekankan pada hubungan timbal balik dan saling keterkaitan antara organisme hidup dengan lingkungannya yang tidak hidup.

Setiap ekosistem di dunia ini mempunyai struktur umum yang sama, yaitu adanya enam komponen seperti tersebut di atas, dan adanya interaksi antarkomponen-komponen tersebut. Jadi baik itu ekosistem alami (daratan, perairan) maupun ekosistem buatan (pertanian, perkebunan), semuanya mempunyai kesamaan.

Sering terjadi bahwa proses autotrofik dan heterotrofik, serta organisme yang bertanggung jawab atas berbagai proses tersebut terpisah (secara tidak sempurna), baik menurut ruang maupun waktu. Sebagai contoh dapat disebutkan bahwa di hutan, proses autotrofik, yaitu fotosintesis, lebih banyak terjadi di bagian kanopi; sedangkan proses heterotrofik lebih banyak terjadi di permukaan lantai hutan (hal ini terpisah berdasar ruang). Proses autotrofik juga terjadi pada waktu siang hari, dan proses heterotrofik dapat terjadi baik di siang hari maupun malam hari (terpisah berdasar waktu).

Adanya pemisahan tersebut juga dapat dilihat pada ekosistem perairan. Pada ekosistem perairan, lapisan permukaan yang dapat ditembus oleh sinar matahari merupakan lapisan autotrofik. Dalam lapisan ini proses autotrofik adalah dominan. Lapisan perairan di bawahnya yang tak tertembus sinar matahari merupakan lapisan heterotrofik. Di dalam lapisan ini berlangsung proses heterotrofik.

Dengan adanya pemisahan berdasarkan ruang dan waktu tersebut, lintasan energi juga dibedakan menjadi dua yaitu:

1. **Lintasan merumput** (*grazing circuit*), meliputi proses yang melalui konsumsi langsung terhadap tumbuhan hidup atau bagian tumbuhan hidup, ataupun organisme hidup yang lain.
2. **Lintasan detritus organik** (*organic detritus circuit*), meliputi akumulasi dan penguraian sampah serta bangkai.

Pada umumnya komponen abiotik merupakan pengendali organisme dalam melaksanakan peranannya di dalam ekosistem. Bahan-bahan anorganik sangat diperlukan oleh produsen untuk hidupnya. Bahan-bahan ini juga merupakan penyusun dari tubuh organisme, demikian juga bahan organik. Bahan organik sangat diperlukan oleh konsumen (makro maupun mikrokonsumen) sebagai sumber makanan.

Produsen dengan proses fotosintesis adalah merupakan komponen penghasil energi kimia atau makanan. Merekalah yang menghasilkan energi makanan yang nantinya juga digunakan oleh konsumen. Kemudian komponen mikrokonsumen atau pengurai bertanggung jawab untuk mengembalikan berbagai unsur kimia ke alam (tanah), sehingga nantinya dapat digunakan oleh produsen dan keberadaan ekosistem akan terjamin. Bilamana peran setiap komponen tersebut tidak dapat berjalan, kelangsungan ekosistem akan terancam. Demikian pula apabila peran tersebut berjalan pada kecepatan yang tidak semestinya, misalnya tersendat-sendat, keseimbangan di dalam ekosistem akan mudah terganggu.

Jelaslah bagaimana masing-masing komponen tersebut berperan di dalam suatu ekosistem, dan bagaimana keterkaitan komponen yang satu dengan yang lain.

C. TIPE EKOSISTEM

Secara umum ada tiga tipe ekosistem, yaitu ekosistem air, ekosistem darat, dan ekosistem buatan.

Akuatik (air)

a) Ekosistem air tawar

Ekosistem Air Tawar, dibagi menjadi 2, yaitu:

- Ekosistem Air Tawar Lotik, memiliki ciri airnya berarus, contohnya ekosistem sungai. Organisme yang hidup pada ekosistem ini dapat menyesuaikan diri dengan arus air. Contohnya ikan belida, serangga air, dan diatom yang dapat menempel pada batu. Produsen utama pada ekosistem ini adalah ganggang. Akan tetapi, umumnya organisme lotik memakan detritus yang berasal dari ekosistem darat dan sekitarnya.
- Ekosistem Air Tawar Lentik, memiliki ciri airnya tidak berarus, contohnya ekosistem rawa air tawar, rawa gambut, padang rumput rawa, kolam, dan danau. Rawa didominasi oleh tumbuhan berkayu, rawa gambut didominasi oleh lumut *Sphagnum*. Ekosistem danau dan kolam terdiri dari tiga wilayah, yaitu litoral, limnetik, dan profundal. Wilayah **litoral** adalah wilayah tepi danau dan kolam. Organisme litoral antara lain teratai, *Hydrilla*, *Hydra*, capung, katak, burung, dan tikus. Vegetasi pada wilayah litoral didominasi oleh tumbuhan yang mengapung atau tenggelam. Wilayah **limnetik** adalah wilayah perairan terbuka yang masih dapat ditembus oleh cahaya matahari. Pada wilayah ini banyak mengandung

fitoplankton dan zooplankton. Di bagian bawah wilayah limnetik terdapat wilayah **profundal**, yaitu wilayah yang dalam dengan berbagai jenis dekomposer pada bagian dasarnya.

Ciri-ciri ekosistem air tawar antara lain memiliki variasi suhu yang tidak menyolok, penetrasi cahaya yang kurang, serta terpengaruh oleh iklim dan cuaca. Macam tumbuhan yang terbanyak pada ekosistem air tawar adalah jenis ganggang, sedangkan tumbuhan yang lainnya adalah tumbuhan biji.

b) Ekosistem air laut

Habitat laut ditandai oleh salinitas atau kadar garam yang tinggi dengan ion Cl⁻ dapat mencapai 55% terutama pada daerah laut tropik, hal ini karena disana memiliki suhu yang tinggi dan penguapan yang sangat besar. Pada daerah tropik, suhu laut dapat berkisar 25 °C. Terjadinya perbedaan suhu bagian atas dengan bagian bawah tinggi dan terdapat batas antara lapisan tersebut yang disebut dengan termoklin.

c) Ekosistem estuari

Estuari atau muara merupakan tempat bersatunya sungai dengan air laut. Estuari sering dipagari dengan lempengan lumpur intertidal yang cukup luas. Ekosistem estuari memiliki produktivitas yang sangat tinggi serta memiliki banyak nutrisi. Komunitas tumbuhan yang dapat hidup di estuari antara lain rumput rawa garam, fitoplankton, dan ganggang. Komunitas hewannya seperti cacing, ikan, kerang, dan kepiting.

d) Ekosistem pantai

Dinamakan ekosistem pantai karena yang paling banyak tumbuh pada gundukan pasir adalah tumbuhan *Ipomoea pes caprae* memiliki kemampuan untuk dapat tahan terhadap hempasan gelombang dan angin.

e) Ekosistem sungai

Sungai adalah suatu badan air yang mengalir pada satu arah. Air sungai dingin serta jernih dan memiliki sedikit kandungan sedimen. Aliran air dan gelombang secara konstan dapat memberikan oksigen pada air. Ekosistem sungai dihuni oleh beberapa hewan seperti gurame, kura-kura, dan sebagainya.

f) Ekosistem terumbu karang

Ekosistem terumbu karang terdiri dari coral yang berada dekat pantai. Efisiensi ekosistem terumbu karang sangat tinggi. Hewan-hewan yang hidup pada karang memakan organisme mikroskopis serta sisa organik lain. Kehadiran terumbu karang yang berada di dekat pantai membuat pantai dapat memiliki pasir putih.

g) Ekosistem laut dalam

Ekosistem laut dalam memiliki kedalaman yang dapat mencapai lebih dari 6.000 m. Biasanya terdapat lele laut serta ikan laut yang mampu untuk dapat mengeluarkan cahaya.

d) Gurun

Gurun terdapat di belahan bumi sekitar 20^0 - 30^0 lintang utara dan lintang selatan. Pada daerah tropik yang berbatasan dengan padang rumput. Ekosistem gurun memiliki ciri-ciri gersang dan curah hujan rendah sekitar 25 cm/tahun. Perbedaan suhu yang terjadi antara siang dan malam sangat besar. Ditemui pula tumbuhan menahun berdaun seperti kaktus atau tak berdaun dan memiliki akar yang cukup panjang serta mempunyai jaringan yang dapat menyimpan air. Hewan yang hidup di gurun seperti ular, kalajengking, dan beberapa hewan nokturnal lainnya.

e) Hutan gugur

Hutan gugur terdapat pada daerah beriklim sedang yang memiliki 4 musim dan memiliki ciri-ciri curah hujan merata sepanjang tahun. Curah hujan sedang, yaitu 75-150 cm per tahun. Jenis pohon dalam ekosistem hutan gugur sedikit dan tidak terlalu rapat. Hewan yang terdapat di ekosistem hutan gugur antara lain rusa, rubah, beruang, dan rakun. Terdapat di pegunungan wilayah tropis dan di wilayah subtropis yang mengalami pergantian musim panas dan dingin.. Pohon pada hutan gugur memiliki ciri menggugurkan daunnya menjelang musim gugur dan menjadi dorman (hidup, tetapi dengan metabolisme yang relatif tidak aktif dan penghentian pertumbuhan) pada musim dingin. Pohon di hutan gugur antara lain *maple* dan *birkin*. Contohnya hutan jati

f) Taiga

Taiga terdapat dibelahan bumi sebelah utara dan pegunungan daerah tropik. Taiga memiliki ciri-ciri suhu di musim dingin yang rendah. Hutan taiga seperti konifer, pinus, dan sejenisnya. Hewan yang hidup di taiga antara lain moose, beruang hitam, dan burung-burung yang bermigrasi ke selatan pada saat musim gugur.

g) Tundra

Terdapat di dekat kutub utara, yaitu pada 60^0 lintang utara, disebut tundra artik. Sedangkan tundra yang terdapat di puncak gunung disebut tundra alpin. Ciri bioma tundra adalah musim dingin terjadi setiap waktu sepanjang tahun. Pertumbuhan tanaman di daerah tundra hanya sekitar 60 hari. Vegetasi tundra didominasi oleh rumput alang-alang lumut daun, dan perdu. Tidak terdapat pohon. Hewan yang ada kelinci, burung hantu, serigala, rusa, dan domba.

h) Karst (batu gamping /gua)

Karst berawal dari nama kawasan batu gamping yang terdapat pada wilayah Yugoslavia. Karst memiliki ciri-ciri tanahnya kurang subur untuk pertanian, mudah longsor, sensitif terhadap erosi.

Ekosistem Buatan

Ekosistem buatan adalah ekosistem yang diciptakan sendiri oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan. Contoh ekosistem buatan adalah:

1. Bendungan
2. Hutan tanaman produksi seperti jati serta pinus
3. Agroekosistem yang berupa sawah tadah hujan
4. Sawah irigasi
5. Perkebunan sawit

Homeostasis

Setiap ekosistem mampu menjaga dan mengendalikan dirinya sendiri, termasuk komponen-komponen biotik maupun abiotik yang terdapat di dalamnya. Kemampuan ekosistem untuk menangkal berbagai perubahan ataupun gangguan yang dialaminya sehingga terjagalah keseimbangan di dalamnya disebut sebagai homeostatis. Mekanisme homeostatis ini sangat rumit dan menyangkut banyak faktor serta mekanisme, termasuk di dalamnya mekanisme penyimpanan bahan atau materi, pelepasan unsur hara, pertumbuhan populasi, produksi, dan penguraian atau proses dekomposisi.

Meskipun ekosistem mempunyai kemampuan untuk menangkal setiap gangguan terhadapnya untuk menjaga supaya keseimbangan ekosistem tetap ada, kemampuan tersebut ada batasnya. Manusia yang sebetulnya merupakan salah satu unsur dalam ekosistem, justru sering kali merupakan pengganggu terbesar terhadap kelangsungan hidup ekosistem itu sendiri. Hal ini terjadi ketika manusia memanfaatkan sumber daya alam untuk kesejahteraan mereka. Misalnya, dalam pemanfaatan hutan.

Penebangan pohon oleh manusia sering kali melampaui kemampuan hutan tersebut untuk pulih kembali. Akibatnya hutan menjadi rusak, tidak dapat pulih kembali dan akan menjadi ekosistem yang berbeda dan bahkan bisa menjadi gundul sehingga mengalami erosi yang sangat besar. Apabila hal ini berlanjut maka dikhawatirkan akan berubah menjadi padang pasir. Oleh karena itu, perlu dipahami kaidah-kaidah ekosistem, dan merupakan hal yang penting digunakan sebagai dasar pengelolaan suatu ekosistem.

Pencemaran lingkungan juga merupakan salah satu bentuk gangguan yang sudah melebihi batas kemampuan ekosistem. Sungai yang semula bersih menjadi tercemar karena di sepanjang aliran sungai tersebut terdapat banyak pabrik yang semuanya membuang limbah cairnya ke dalam sungai tersebut. Industri yang tumbuh dengan pesat baik kuantitas maupun macamnya, juga dapat menimbulkan dampak buruk lainnya, seperti pencemaran udara oleh asap pabrik. Penggunaan bahan-bahan beracun, seperti insektisida, herbisida, fungisida, dan pupuk buatan dapat menimbulkan pencemaran pada air dan tanah. Sarana transportasi berupa kendaraan bermotor juga akan menambah kadar pencemaran di udara.

BAB III

ALIRAN ENERGI DAN DAUR MATERI

A. PENGERTIAN ARUS ENERGI DAN DAUR MATERI

Semua organisme memerlukan energi untuk tumbuh, berkembang biak, bergerak dan melaksanakan fungsi-fungsi tubuhnya. Sebagian besar ekosistem yang ada di dunia ini, energi yang digunakan sebagai motor penggerak ekosistem adalah energi yang berasal dari cahaya matahari, yang nantinya akan mengalami transformasi energi menjadi energi kimia (bahan-bahan organik) oleh proses fotosintesis dalam tumbuhan hijau. Tumbuhan hijau ini disebut sebagai organisme autotrof karena organisme ini dapat memenuhi kebutuhan hidupnya sendiri tanpa menggantungkan pada organisme lain. Kecuali itu justru organisme ini dapat menyediakan makanan bagi organisme lain (heterotrof) termasuk juga manusia (Desmukh, I. 1992).

Energi cahaya matahari yang telah diubah menjadi bahan organik yang tersimpan di dalam organ tanaman dan kemudian digunakan untuk pertumbuhan jaringan baru dari tumbuhan, akan memasuki jaringan hara dalam bentuk yang tersedia bagi organisme yang memerlukan hara organik. Semua organisme dalam suatu ekosistem akan melakukan kegiatan bernafas, dan dalam bernafas memerlukan energi, yang disediakan oleh tumbuhan dan akhirnya akan dilepaskan sebagai panas yang sudah tidak dapat dimanfaatkan lagi yang disebut **entropy**. Hal ini sesuai dengan apa yang dikemukakan dalam Hukum Termodinamika II yaitu bahwa dalam perubahan bentuk energi dari satu bentuk ke bentuk yang lain kita tidak akan mendapatkan efisiensi sebesar 100%. Ada sebagian energi yang hilang sebagai panas yang sudah tidak dapat dimanfaatkan lagi yang disebut **entropy**.

Daur materi terjadi sebagai akibat dari proses makan memakan materi yang berawal dari daun yang dimakan kambing, kambing, kemudian dimakan oleh manusia, dan materi manusia jika mati akan dimakan oleh jasad renik atau mikroba di tanah. Selanjutnya materi yang ada pada mikroba dicerna, kemudian dikeluarkan menjadi mineral yang dibutuhkan oleh tanah dan akar tumbuh-tumbuhan. Demikian seterusnya daur materi yang berasal dari tumbuhan akan kembali lagi kepada tumbuhan.

BAB III

ALIRAN ENERGI DAN DAUR MATERI

A. PENGERTIAN ARUS ENERGI DAN DAUR MATERI

Semua organisme memerlukan energi untuk tumbuh, berkembang biak, bergerak dan melaksanakan fungsi-fungsi tubuhnya. Sebagian besar ekosistem yang ada di dunia ini, energi yang digunakan sebagai motor penggerak ekosistem adalah energi yang berasal dari cahaya matahari, yang nantinya akan mengalami transformasi energi menjadi energi kimia (bahan-bahan organik) oleh proses fotosintesis dalam tumbuhan hijau. Tumbuhan hijau ini disebut sebagai organisme autotrof karena organisme ini dapat memenuhi kebutuhan hidupnya sendiri tanpa menggantungkan pada organisme lain. Kecuali itu justru organisme ini dapat menyediakan makanan bagi organisme lain (heterotrof) termasuk juga manusia (Desmukh, I. 1992).

Energi cahaya matahari yang telah diubah menjadi bahan organik yang tersimpan di dalam organ tanaman dan kemudian digunakan untuk pertumbuhan jaringan baru dari tumbuhan, akan memasuki jaringan hara dalam bentuk yang tersedia bagi organisme yang memerlukan hara organik. Semua organisme dalam suatu ekosistem akan melakukan kegiatan bernafas, dan dalam bernafas memerlukan energi, yang disediakan oleh tumbuhan dan akhirnya akan dilepaskan sebagai panas yang sudah tidak dapat dimanfaatkan lagi yang disebut **entropy**. Hal ini sesuai dengan apa yang dikemukakan dalam Hukum Termodinamika II yaitu bahwa dalam perubahan bentuk energi dari satu bentuk ke bentuk yang lain kita tidak akan mendapatkan efisiensi sebesar 100%. Ada sebagian energi yang hilang sebagai panas yang sudah tidak dapat dimanfaatkan lagi yang disebut **entropy**.

Daur materi terjadi sebagai akibat dari proses makan memakan materi yang berawal dari daun yang dimakan kambing, kambing, kemudian dimakan oleh manusia, dan materi manusia jika mati akan dimakan oleh jasad renik atau mikroba di tanah. Selanjutnya materi yang ada pada mikroba dicerna, kemudian dikeluarkan menjadi mineral yang dibutuhkan oleh tanah dan akar tumbuh-tumbuhan. Demikian seterusnya daur materi yang berasal dari tumbuhan akan kembali lagi kepada tumbuhan.

1. Hukum Termodinamika

Energi diartikan sebagai suatu yang mempunyai kemampuan untuk melakukan kerja. Pengertian ini dapat kita saksikan pada sesuatu benda yang bergerak maka benda yang bergerak tersebut pasti ada yang menggerakkannya dan yang melakukannya dapat berupa energi panas, energi listrik, energi kimia, dan lain sebagainya. Perilaku energi di alam semesta tunduk dan patuh kepada hukum-hukum termodinamika, seperti yang kita kenal pada fisika.

Terdapat dua formulasi hukum termodinamika yang selalu terpakai dalam studi ekologi ataupun pada ilmu-ilmu lainnya, yaitu sebagai berikut.

1. Hukum Termodinamika I: Hukum ini menyatakan bahwa energi dapat diubah bentuknya, dari bentuk yang satu ke bentuk yang lain, tetapi tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan. Hukum ini dikenal juga sebagai *Hukum Kekalkan Energi*. Sebagai contohnya adalah cahaya. Cahaya merupakan energi, dan energi cahaya ini dapat diubah bentuknya menjadi energi panas, energi kerja, atau energi makanan.
2. Hukum Termodinamika II: Hukum ini menyatakan bahwa setiap proses perubahan bentuk energi selalu tidak efisien. Oleh karena itu, setiap perubahan bentuk energi maka energi baru yang terbentuk konsentrasinya selalu lebih kecil dari pada konsentrasi energi sebelumnya.

Organisme hidup, ekosistem, dan seluruh biosfer memiliki sifat-sifat termodinamika yang khas, yaitu mampu menjaga keteraturan yang tinggi atau kondisi yang mempunyai entropi rendah. Entropi adalah ukuran ketidakteraturan suatu sistem atau jumlah energi yang tidak dapat dimanfaatkan dalam suatu sistem. Entropi yang rendah dapat dicapai oleh suatu sistem dengan cara memanfaatkannya yang efisien, misalnya energi makanan akan diubah oleh metabolisme tubuh manusia menjadi energi dengan kegunaan rendah, misalnya panas tubuh yang tidak dapat dimanfaatkan. Akan tetapi, panas tubuh akan keluar dari ekosistem tubuh menjadi limbah dan pencemar. Ekosistem dapat terjamin dalam kondisi teratur dan dengan entropi yang rendah melalui proses respirasi oleh komunitas yang terjadi secara terus-menerus.

B. Energi dan Materi

Perilaku energi di dalam suatu ekosistem terjadi sama, seperti halnya yang terjadi di alam pada umumnya. Hal ini menunjukkan bahwa hukum-hukum termodinamika berlaku juga di dalam ekosistem. Berlakunya hukum-hukum termodinamika dalam ekosistem dapat dilihat dengan jelas bilamana kita mempelajari aliran energi dalam ekosistem.

Dikenal adanya dua macam energi, yaitu energi kinetik dan energi potensial. Energi kinetik adalah energi yang dapat menimbulkan gerak dan menghasilkan kerja. Energi potensial adalah energi yang dalam keadaan istirahat. Bilamana kayu dibakar maka energi potensial di dalam kayu akan setara dengan energi kinetik yang dilepas berupa panas. Hal seperti ini disebut sebagai reaksi eksotermik, sedangkan energi dari lingkungan dimasukkan ke dalam suatu sistem menjadi energi yang lebih berdaya guna di sebut reaksi endotermik, misalnya fotosintesis. Kedua reaksi tersebut berkenaan dengan Hukum Termodinamika I.

Materi atau bahan-bahan yang tidak menghasilkan energi akan selalu mengalami siklus atau daur ulang, sedangkan energi tidak mengalami siklus, tetapi mengalir sepanjang waktu tanpa henti. Energi akan mengalir di dalam ekosistem melalui komponen biotik berawal dari energi matahari, kemudian dimanfaatkan oleh tumbuhan berdaun hijau. Dengan demikian, nitrogen, karbon, air, dan bahan-bahan anorganik lainnya akan mengalami daur ulang atau sirkulasi beberapa kali antara komponen biotik dengan lingkungannya. Dengan kata lain bahwa materi yang tidak mengandung energi akan mengalami daur ulang. Mengenai daur ulang dan contoh-contohnya akan dibahas lebih lanjut dalam kegiatan belajar berikutnya.

Selanjutnya bahwa energi yang diterima hanya dapat digunakan sekali saja oleh komponen suatu biotik (organisme atau populasi), kemudian diubah menjadi energi panas dan sebagian lepas ke lingkungan. Logika ini berlaku, seperti halnya dengan kita dalam menggunakan energi. Pagi hari kita makan pagi, setelah itu kita tidak dapat menggunakan lagi makan pagi tersebut sehingga untuk mendapatkan energi lagi (energi baru) maka kita perlu makan lagi yaitu makan siang. Akan tetapi, penggunaan energi pada hal-hal tertentu, misalnya energi yang digunakan untuk kegiatan industri adalah energi yang telah terpakai dan menghasilkan limbah, sebaiknya energi limbah tersebut harus diupayakan untuk digunakan semaksimal mungkin dan seefisien mungkin.

C. Aliran Energi dan Daur Materi dalam Ekosistem

Interaksi energi dan materi dalam ekosistem merupakan perhatian utama bagi para pakar ekologi. Pada kenyataannya peristiwa aliran energi terjadi searah, sedangkan materi akan bersirkulasi (daur) dalam ekosistem dan hal ini merupakan dua asas atau hukum yang berlaku umum dalam ekologi.

Aliran energi dan daur materi dalam suatu ekosistem dapat digambarkan sebagai suatu diagram yang disederhanakan seperti terlihat pada Gambar 1.4.

Energi utama yang berasal dari sinar matahari hanya dapat ditangkap dan diserap serta dimanfaatkan secara sempurna oleh tumbuhan yang berdaun hijau atau berklorofil. Melalui proses reaksi fotokimia pada daun atau tumbuhan yang berklorofil akan mengubah energi cahaya menjadi energi yang tersimpan dalam bentuk materi. Energi yang tersimpan (energi potensial) dalam wujud materi (karbohidrat atau glukosa dalam tumbuhan), kemudian dimanfaatkan oleh konsumen herbivore, seperti kambing yang memakan daun atau rumput hijau.

100 kkal/m²/hari hanya separuhnya saja yang dapat diabsorpsi oleh tumbuhan berklorofil (produsen). Sedangkan cahaya yang dapat digunakan untuk melakukan proses fotosintesis hanya kurang lebih sebesar 1.500 kkal/m²/hari. Ternyata pula bahwa dari 1.500 kkal yang diabsorpsi oleh tumbuhan hanya menghasilkan seper seratus bagian saja atau kurang lebih sebesar 15 kkal saja yang menjadi produksi bersih. Sebagian besar energi cahaya tersebut tidak dapat diasimilasi, dan lepas dari ekosistem sebagai panas. Produksi bersih tersebut merupakan produksi primer bersih (sudah dikurangi energi untuk respirasi), yang tersedia bagi herbivora (konsumen primer).

Dari kkal yang tersedia sebagai produksi bersih ini tidak semuanya diasimilasi oleh konsumen primer. Sebagian energi yang tidak dapat digunakan akan terlempar ke alam, dan yang dapat diasimilasi hanyalah sebagian saja, kemudian digunakan untuk respirasi dirinya sendiri sehingga sisanya hanya tinggal 1.5 kkal saja. Energi ini terus semakin mengecil hingga ke karnivora (konsumen selanjutnya). Jelaslah bahwa perilaku energi dalam ekosistem tetap tunduk kepada hukum-hukum termodinamika.

D. Daur Biogeokimia

Biogeokimia merupakan perubahan atau perukaran yang terjadi secara terus menerus antara komponen biotik yang hidup dan abiotik yang tidak hidup.

Gambar 1.5.

Fungsi Daur Biog: Diagram Aliran Energi dan Daur Materi dalam Suatu Ekosistem

Energi yang berasal dari matahari tersebut saat ini berada pada konsumen herbivora dan selain menjadi energi untuk keperluan hidupnya juga pada saat yang sama terdapat materi yang berpindah dari tumbuhan tersebut ke hewan herbivora yang memakannya. Perpindahan energi dan materi berlanjut apabila kambing (herbivora) dimakan oleh Harimau (karnivora) di mana pada saat yang sama terjadi perpindahan energi dan materi dari Kambing ke Harimau. Selanjutnya bila Harimau mati maka bangkai Harimau akan menjadi makanan bagi mikroba tanah, mikroba dalam tanah selama kehidupannya akan mengubah makannya menjadi unsur hara yang dilepas ke alam atau tanah. Materi yang dihasilkan oleh mikroba tanah berupa mineral akan dimanfaatkan oleh tumbuhan sebagai pupuk atau makanan bagi tanaman, demikian seterusnya materi pada tumbuhan akan dimanfaatkan oleh makhluk lain dalam ekosistem.

Diagram tersebut juga menggambarkan, misalkan cahaya matahari melepaskan energi kurang lebih sebesar $3.000 \text{ kcal/m}^2/\text{hari}$ hanya separonya saja yang dapat diabsorpsi oleh tumbuhan berklorofil (produsen). Sedangkan cahaya yang dapat digunakan untuk melakukan proses fotosintesis hanya kurang lebih sebesar $1.500 \text{ kcal/m}^2/\text{hari}$. Ternyata pula bahwa dari 1.500 kcal yang diabsorpsi oleh tumbuhan hanya menghasilkan seper seratus bagian saja atau kurang lebih sebesar 15 kcal saja yang menjadi produksi bersih. Sebagian besar energi cahaya tersebut tidak dapat diasimilasi, dan lepas dari ekosistem sebagai panas. Produksi bersih tersebut merupakan produksi primer bersih (sudah dikurangi energi untuk respirasi), yang tersedia bagi herbivora (konsumen primer).

Dari kcal yang tersedia sebagai produksi bersih ini tidak semuanya diasimilasi oleh konsumen primer. Sebagian energi yang tidak dapat digunakan akan terlepas ke alam, dan yang dapat diasimilasi hanyalah sebagian saja, kemudian digunakan untuk respirasi dirinya sendiri sehingga sisanya hanya tinggal $1,5 \text{ kcal}$ saja. Energi ini terus semakin mengecil hingga ke karnivora (konsumen selanjutnya). Jelaslah bahwa perilaku energi dalam ekosistem tetap tunduk kepada hukum-hukum termodinamika.

D. Daur Biogeokimia

Biogeokimia merupakan perubahan atau pertukaran yang terjadi secara terus menerus antara komponen biosfer yang tak hidup dengan yang hidup

Fungsi Daur Biogeokimia

- ▶ Sebagai siklus materi yang mengembalikan semua unsur-unsur kimia yang sudah terpakai oleh semua yang ada di bumi baik komponen biotik maupun abiotik.
- ▶ Menjaga kelangsungan hidup di bumi

Macam-macam Daur Biogeokimia:

- ▶ Daur Nitrogen
- ▶ Daur Karbon dan Oksigen
- ▶ Daur air
- ▶ Daur Fosfor

1. Daur Nitrogen

Walaupun atmosfer bumi 79% terdiri dari gas Nitrogen (N_2), hanya beberapa mikroorganisme saja yang langsung dapat memfiksasinya yang kemudian menjadi senyawa amonia (NH_3).

Oleh bakteri nitrifikasi amonia dirubah lagi menjadi nitrit (NO_2) → nitrat (NO_3) → tumbuhan hijau → senyawa organik yang mengandung nitrogen, nukleotida dan asam amino → DNA, RNA, dan protein dalam rantai makanan produser dimakan konsumen → bila keduanya mati → dekomposisi oleh dekomposer → amonia, atau secara langsung dikeluarkan oleh konsumen lewat sistem ekskresi dalam bentuk urea.

Selain bakteri nitrifikasi di dalam tanaman juga terdapat bakteri denitrifikasi yang mampu merubah nitrat → N_2 (gas nitrogen → ke atmosfer → terjadi siklus nitrogen).

Berikut daur Nitrogen :

1. Fiksasi Nitrogen

Fiksasi (pengikatan) nitrogen hanya dapat dilakukan oleh prokariota (bakteri dan alga) tertentu yang mampu mengikat senyawa nitrogen dalam bentuk N_2 (nitrogen anorganik) menjadi nitrogen organik dengan mengubahnya menjadi asam amino yang merupakan penyusun protein. Keberadaan prokariota pengikat nitrogen amat penting bagi suatu ekosistem mengingat peranan nitrogen ialah struktural senyawa protein yang menjalankan banyak fungsi vital di dalam tubuh.

Nitrogen difiksasi oleh bakteri di ekosistem terestrial dan juga bakteri yang bersimbiosis dengan akar tanaman Leguminosae, *Rhizobium leguminosa*. Sedangkan pada ekosistem akuatik terdapat populasi sianobakteria (alga prokariot) yang mampu

mengikat nitrogen bebas dari atmosfer masuk ke badan air yang dapat digunakan oleh tumbuhan air dan alga untuk nutrisi pertumbuhan.

Mikroorganisme pengikat nitrogen menggunakan senyawa tersebut untuk reaksi metabolisme di dalam tubuhnya. Hasil samping dari reaksi fiksasi ini akan menghasilkan senyawa amoniayang menjadi prekursor pertama kali nitrogen organik yang dapat digunakan oleh tumbuhan.

2. Nitrifikasi

Merupakan reaksi kimia metabolisme amonium (NH_4) oleh bakteri nitrit (*Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*) yang menghasilkan senyawa nitrit (NO_2). Amonia (NH_3) hasil fiksasi N_2 yang dibebaskan ke dalam tanah akan bereaksi dengan ion Hidrogen sehingga membentuk senyawa amonium (NH_4) yang bersifat asam dan dapat digunakan secara langsung oleh tumbuhan. Amonia (NH_3) merupakan senyawa nitrogen dalam bentuk gas, sehingga dapat menguap ke atmosfer. Pada saat ini amonia mampu membentuk amonium dengan berikatan dengan ion hidrogen. Amonium yang terbentuk di atmosfer akan ikut terbawa dengan aliran hujan yang akan membasahi bumi. Kandungan amonium ini akan mempengaruhi pH tanah di suatu ekosistem.

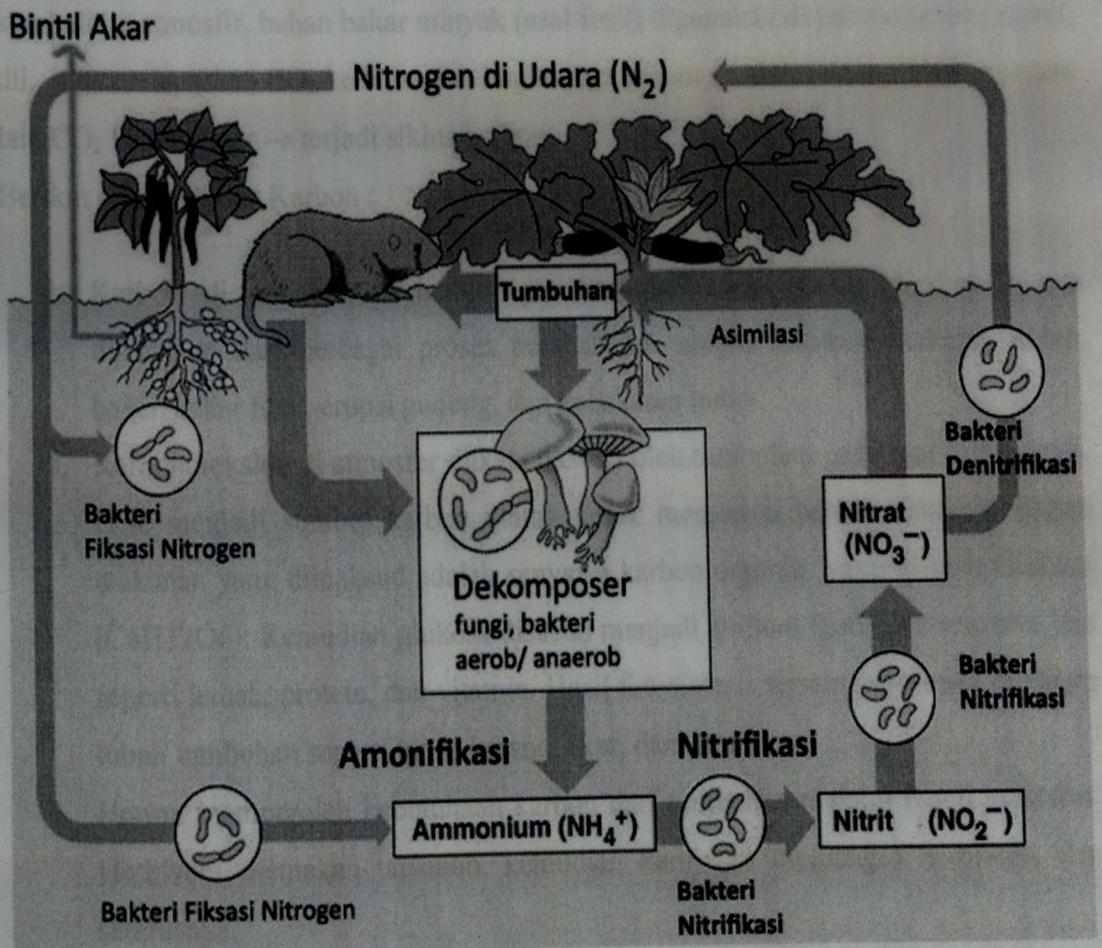
Amonium yang terakumulasi di tanah sebagian besar dimanfaatkan oleh bakteri nitrit untuk menghasilkan energi dan akan menghasilkan senyawa buangan NO_2 . Selanjutnya senyawa nitrit akan digunakan oleh bakteri nitrat (*Nitrobacter*) yang menghasilkan senyawa nitrat (NO_3). Senyawa nitrat jauh lebih "ramah" dibanding senyawa nitrogen lainnya. Senyawa ini dapat digunakan oleh tumbuhan secara langsung untuk diasimilasi menjadi senyawa nitrogen organik, asam amino yang akan menyusun protein. Hewan mendapat asupan nitrogen dengan cara memakan tumbuhan atau hewan lain melalui rantai makanan pada suatu ekosistem.

3. Denitrifikasi

Adalah suatu reaksi kimia yang merombak senyawa nitrat menjadi senyawa N_2 ke atmosfer. Denitrifikasi dilakukan oleh bakteri denitrifikans yang membantu pengembalian senyawa nitrogen ke atmosfer.

4. Amonifikasi

Sedangkan amonifikasi ialah penguraian nitrat menjadi amoniun (NH_4) melalui proses penguraian yang dibantu oleh dekomposer (bakteri dan jamur). Pembebasan akumulasi nitrogen pada organisme yang telah mati akan sangat lama siklusnya jika tidak dibantu oleh dekomposer. Sang pengurai menggunakan senyawa nitrogen organik kompleks (protein/asam amino) untuk memenuhi nutrisinya) dan dalam reaksi ini mengembalikan senyawa amonium yang akan menggantikan senyawa amonium yang telah digunakan baik oleh mikroorganisme maupun tumbuhan.



Gambar 1.6. Gambar Daur Nitrogen

2. Daur Karbon dan Oksigen

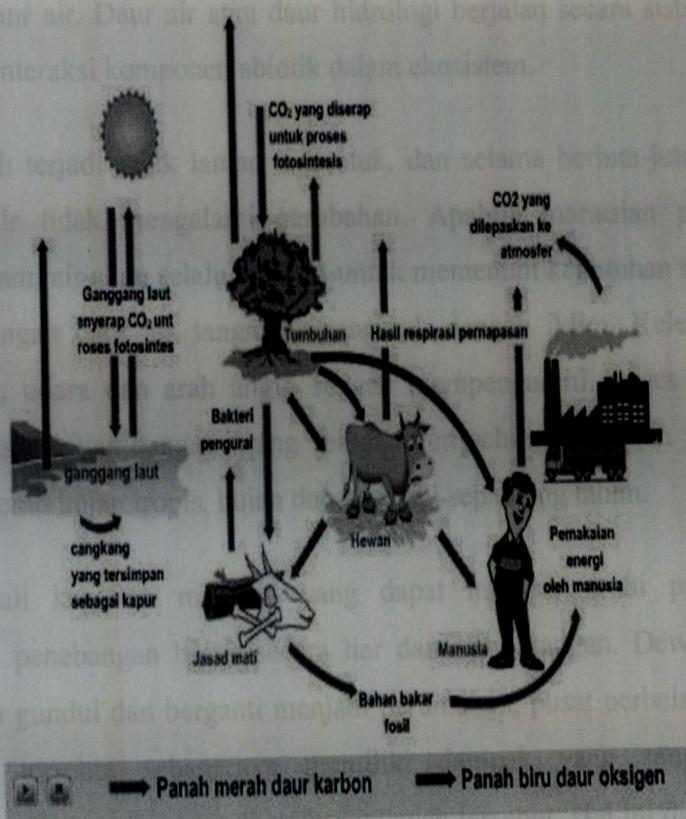
Karbon dalam jumlah besar, secara kontinyu mengalami pertukaran antara atmosfer dan komunitas organisme. Karbondioksida (CO_2) di atmosfer dan yang terlarut di air digunakan oleh produser primer untuk membentuk senyawa organik yang kaya energi selama fotosintesis.

Produser dimakan oleh konsumen, sehingga senyawa organik yang mengandung karbon dipindahkan, konsumen mati \rightarrow dekomposisi oleh dekomposer. Semua organisme (produser, konsumen dan dekomposer) melepaskan CO_2 selama respirasi dan kembali ke atmosfer, bahan bakar minyak (asal fosil) digunakan di pabrik-pabrik, mobil, dll., juga melepaskan CO_2 ke atmosfer, begitu juga gunung meletus mengeluarkan antara lain CO_2 ke atmosfer \rightarrow terjadi siklus karbon.

Berikut proses Siklus Karbon :

1. Karbon di atmosfer berbentuk gas karbondioksida (CO_2). Karbondioksida dihasilkan dari berbagai proses pembakaran seperti respirasi makhluk hidup, bahan bakar fosil, erupsi gunung, dan kebakaran hutan.
2. Karbondioksida di atmosfer diikat (fiksasi) oleh tumbuhan pada saat fotosintesis. CO_2 menjadi sumber karbon utama untuk menyusun bahan makanan. Bahan makanan yang dimaksud adalah senyawa karbon organik yang disebut Glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$). Kemudian glukosa disusun menjadi amilum (pati) dan senyawa lain seperti lemak, protein, dan vitamin. Hasil fotosintesis tersebut disimpan di dalam tubuh tumbuhan seperti buah, batang, akar, dan daun.
3. Hewan memperoleh kebutuhan karbon dari tumbuhan melalui rantai makanan. Herbivora memakan tanaman, kemudian karnivora memangsa herbivora, dan seterusnya.
4. Jasad hewan yang mati maupun urin-fesesnya hancur menjadi detritus. Detritivor memakan detritus untuk memperoleh kebutuhan karbon. Bakteri pengurai menguraikan karbon organik jasad mati menjadi karbon anorganik. Karbon anorganik dikembalikan lagi ke alam.
5. Karbon anorganik yang terurai dari jasad mati tertimbun terus-menerus di lapisan bumi membentuk bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil digunakan sebagai sumber energi. Aktivitas industri dan kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar fosil menghasilkan CO_2 ke udara.

6. Daur karbon juga terjadi di dalam ekosistem air. Karbon di dalam air diikat oleh tumbuhan dan ganggang. Berbeda dengan di darat, karbon dalam air tersedia dalam bentuk ion-ion bikarbonat (HCO_3^-). Ion-ion bikarbonat berasal dari penguraian asam karbonat (H_2CO_3) yaitu hasil ikatan CO_2 dan air (H_2O). Tiap-tiap hewan air yang bernafas menghasilkan bikarbonat. Ion-ion bikarbonat ini menjadi bahan baku fotosintesis tumbuhan air dan alga.
7. Saat fotosintesis dan respirasi membentuk dasar untuk siklus karbon, mereka tidak mendapatkan gambaran lengkap segala sesuatu yang terjadi selama proses tersebut. Dalam rangka untuk memahami siklus karbon, penting untuk memahami apa yang terjadi ketika karbon dioksida dilepaskan dan bagaimana bahan bakar fosil terbentuk
8. Ketika tanaman hijau mati, karbohidrat biasanya diuraikan oleh jamur atau bakteri, sebagai pengurai. Jamur dan bakteri menjalani respirasi, yang memungkinkan mereka untuk melepaskan karbon kembali ke atmosfer sebagai karbon dioksida.
9. Bahan bakar fosil terbentuk pada tanaman hijau atau protista mirip-tumbuhan (organisme bersel tunggal) yang menjalani fotosintesis dan kemudian mati. Mereka tenggelam ke dasar laut. Beberapa protista dimakan oleh dekomposer. Seiring waktu, mereka yang tidak dimakan menjadi apa yang kita kenal sebagai bahan bakar fosil. Ketika lapisan kaya bahan karbohidrat menumpuk di dasar laut, mereka tertutup oleh sedimen yang jatuh ke bawah. Seiring waktu, tekanan lapisan membantu mengubah karbohidrat menjadi minyak dan gas alam.
10. Batu bara juga merupakan bahan bakar fosil yang terjadi sebagai akibat dari langkah-langkah siklus karbon, terbentuk saat tanaman mati dalam rawa bukan di laut. Lingkungan air rawa sangat asam, hangat, dan miskin oksigen, menciptakan kondisi di mana dekomposer tidak dapat bertahan hidup. Dalam ekosistem ini, lapisan bahan tanaman undecomposed dibangun, dan tekanan memaksa hidrokarbon kehilangan atom hidrogen mereka. Hasil akhir dari tekanan ini dari waktu ke waktu adalah batubara antrasit.



Gambar 1.7. Gambar Daur Karbon dan Oksigen

3. Daur Air

Daur Air merupakan proses siklus yang terjadi secara terus menerus dan tidak pernah berhenti mulai dari air yang ada di daratan berubah menjadi awan kemudian menjadi hujan. Daur air akan terjadi terus menerus selama bumi masih ada. Manusia sangat memerlukan air yang bersih, sehingga daur air dapat membuat air kotor dapat dikonsumsi kembali. Daur air bermanfaat untuk mengatur suhu lingkungan, menciptakan hujan, mengatur perubahan cuaca dan menciptakan keseimbangan dalam biosfer bumi. Terjadi 7 tahapan proses dalam daur air yang berjalan secara sistematis dan beraturan yaitu evaporasi, transpirasi, sublimasi, kondensasi, pengendapan, limpasan (runoff) dan infiltrasi.

Air memiliki peran yang sangat penting untuk kehidupan makhluk hidup di bumi, apabila air habis atau berkurang maka segala kehidupan akan musnah. Air adalah senyawa penting yang mendukung adanya kehidupan di alam semesta ini. Di bumi, air berperan dalam proses fotosintesis dan proses pertumbuhan tanaman. Bagi hewan dan manusia, air sangat dibutuhkan untuk transportasi zat. Manusia, tumbuhan dan hewan tidak akan bisa hidup tanpa air. Ketersediaan air di muka bumi ini dapat terus terjaga

karena adanya daur air. Daur air atau daur hidrologi berjalan secara sistematis melalui beberapa proses interaksi komponen abiotik dalam ekosistem.

Daur air telah terjadi sejak lautan terbentuk, dan selama berjuta-juta tahun hingga saat ini daur air tidak mengalami perubahan. Apabila manusia pintar menjaga keseimbangan alam, air akan selalu tersedia untuk memenuhi kebutuhan semua makhluk hidup. Kelangsungan daur air sangat berpengaruh dengan iklim. Kelembaban udara, cahaya matahari, udara dan arah angin sangat mempengaruhi proses daur air. Pada daerah gurun pasir, hujan sangat jarang sekali turun sehingga jumlah air pun sedikit. Sedangkan di daerah hujan tropis, hujan dapat terjadi sepanjang tahun.

Banyak sekali kegiatan manusia yang dapat mempengaruhi proses daur air, contohnya yaitu penebangan hutan secara liar dan sembarangan. Dewasa ini, banyak hutan yang telah gundul dan berganti menjadi perumahan, pusat perbelanjaan, dan lain-lain. Tindakan tersebut sebenarnya memiliki dampak yang sangat besar bagi kelangsungan dan ketersediaan air di sekitar wilayah tersebut. Hal ini dikarenakan hutan merupakan tempat penyimpanan air yang besar dan untuk menyaring air agar menjadi lebih bersih. Berikut proses siklus air :

1. Evaporasi

Awal mula proses daur air dimulai dari proses evaporasi. Evaporasi yaitu proses penguapan air yang ada di permukaan akibat adanya energi panas dari sinar matahari yang terpancar ke bumi. Air dalam bentuk cair yang ada di laut, danau, sungai, tanah dan lain-lain akan berubah bentuk menjadi uap air dan naik ke atas menuju lapisan atmosfer. Semakin besar energi panas sinar matahari yang terpancar ke bumi, laju evaporasi akan semakin besar pula.

2. Transpirasi

Selain berasal dari sumber airnya langsung, proses penguapan dalam daur air di permukaan bumi juga dapat terjadi pada jaringan tumbuhan, yang disebut dengan istilah transpirasi. Proses transpirasi ialah akar tanaman akan menyerap air dan mengedarkannya ke daun untuk proses fotosintesis. Kemudian air hasil proses fotosintesis dikeluarkan oleh tanaman melalui stomata sebagai uap air.

3. Sublimasi

Yaitu proses dimana es berubah menjadi uap air tanpa mengalami fase cair. Sublimasi juga memiliki peran dalam pembentukan air uap di udara. Yang menjadi sumber utama air dalam proses sublimasi yaitu lapisan es dari kutub utara, kutub selatan dan es di pegunungan. Proses sublimasi lebih lambat dari proses penguapan.

4. Kondensasi

Pada saat air di seluruh permukaan bumi berubah menjadi uap air, ia kemudian naik ke atas menuju lapisan atas atmosfer. Pada ketinggian tertentu, uap air berubah menjadi partikel es yang berukuran sangat kecil akibat dari pengaruh suhu udara yang rendah. Proses inilah yang disebut kondensasi.

5. Pengendapan (Presipitasi)

Awan yang merupakan uap air yang terkondensasi kemudian turun ke permukaan bumi sebagai hujan karena pengaruh perubahan suhu atau angin panas. Apabila suhu sangat rendah yaitu dibawah 0 derajat, tetesan air jatuh sebagai hujan salju atau hujan es. Melalui proses presipitasi ini, air kemudian masuk kembali ke lapisan litosfer bumi.

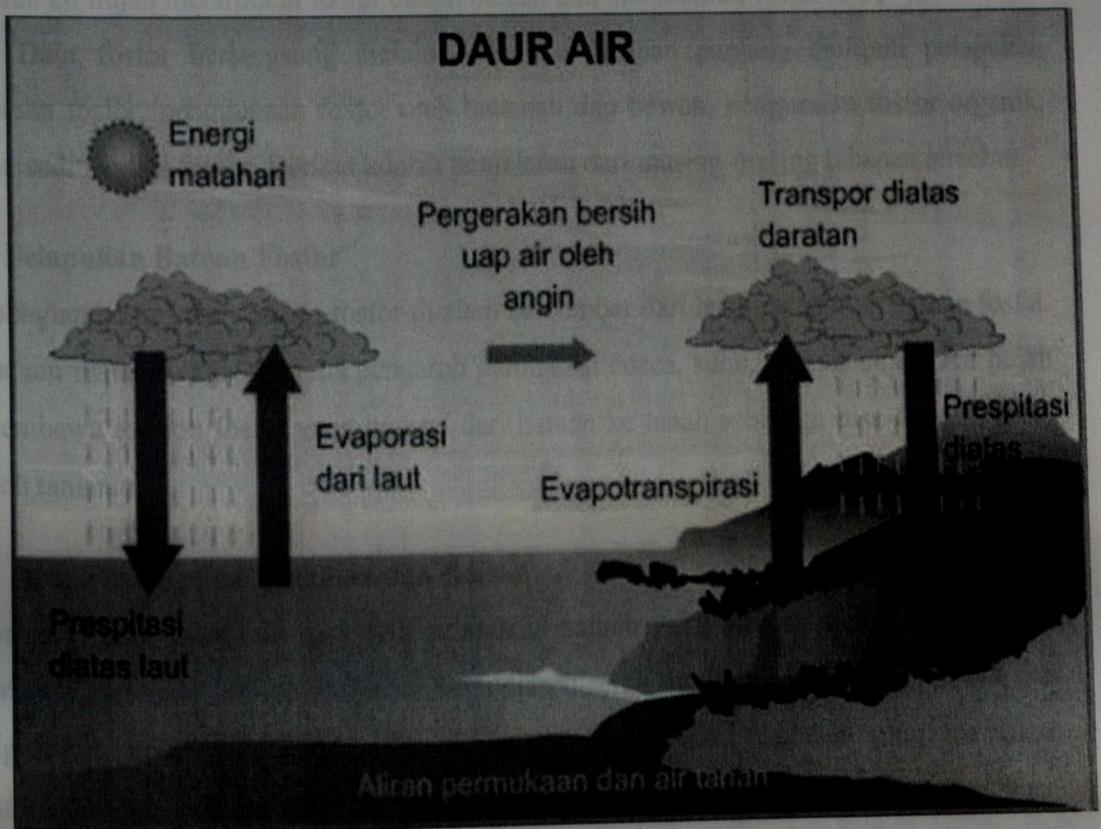
6. Limpasan

Limpasan merupakan proses di mana air mengalir dan berpindah tempat di atas permukaan bumi. Air bergerak dan berpindah dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah melalui saluran-saluran seperti sungai dan got hingga kemudian masuk ke danau, laut dan samudera. Pada proses limpasan ini, air masuk kembali ke lapisan hidrosfer.

7. Infiltrasi

Setelah turun hujan, tidak semua air mengikuti tahap limpasan di atas. Beberapa diantaranya meresap ke dalam tanah. Air tersebut merembes ke bawah dan menjadi air tanah. Air yang masuk ke dalam tanah ini disebut air infiltrasi.

Melalui 7 tahapan atau proses itulah daur air berlangsung secara terus-menerus. Tanpa adanya proses daur air, persebaran air menjadi tidak merata dan keseimbangan ekosistem akan terganggu.



Gambar. 1.8. Gambar Daur Air

4. Daur / Siklus Fosfor

Fosfor adalah salah satu unsur penting yang menunjang kehidupan di bumi. Tulang dan gigi kita mengandung fosfor, pupuk, feses hewan (terutama unggas) juga mengandung fosfor. Fosfor memiliki banyak fungsi. Beberapa fungsi unsur yang dilambangkan dengan huruf P ini antara lain sebagai penyusun protein, inti sel, dinding sel, ATP, DNA, dan RNA. Adapun ketersediaan fosfor di ekosistem dapat terjaga karena adanya daur yang berlangsung secara terus menerus. Daur fosfor, itulah pokok bahasan yang akan disampaikan pada artikel ini. Siklus fosfor merupakan siklus nutrisi sedimen/endapat. Termasuk juga siklus kalsium, besi, magnesium dan sodium/natrium karena kebanyakan elemen/unsur ditemukan dalam endapat batuan.

Daur fosfor adalah salah satu daur biogeokimia yang berlangsung paling lama dibandingkan daur air, daur nitrogen, dan daur lainnya. Di alam ini, fosfor bersenyawa dengan beberapa unsur lain, misalnya dengan oksigen untuk membentuk ion-ion fosfat

(PO_4). Adapun tumbuhan menyerap fosfor hanya dalam bentuk senyawa fosfat ini. Semua organisme membutuhkan fosfor dalam jumlah besar untuk membentuk ATP, DNA, RNA dan membran sel. Kebanyakan fosfor terdapat dalam batuan. Erosi dan aliran air hujan melarutkan fosfor dalam batuan dan membentuk fosfat (PO_4^{-2}).

Daur fosfor berlangsung melalui beberapa tahapan panjang meliputi pelapukan batuan fosfor, penggunaan fosfor oleh tanaman dan hewan, penguraian fosfor organik, dan sedimentasi fosfor. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing tahapan tersebut.

1. Pelapukan Batuan Fosfor

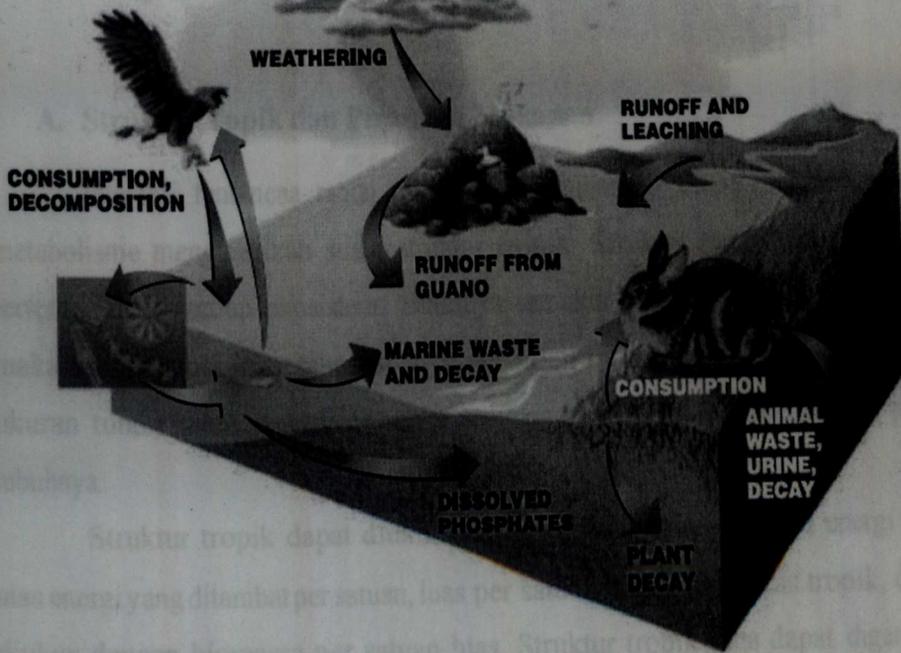
Sebagian besar ketersediaan fosfor di alam bersumber dari hasil pelapukan batuan fosfat. Batuan fosfat melapuk karena pengaruh perubahan cuaca, suhu, dan air hujan. Air hujan membawa ion-ion fosfor yang berasal dari batuan ke tanah sehingga bisa dimanfaatkan oleh tanaman.

2. Daur Fosfor pada Tanaman dan Hewan

Ion-ion fosfat anorganik dari hasil pelapukan batuan yang dibawa oleh air hujan akan terserap ke tanah. Ion-ion fosfor ini kemudian diserap tumbuhan melalui perakaran dan digunakan untuk pertumbuhannya. Beberapa hewan dan manusia yang memakan tumbuhan juga secara tidak langsung telah memasukan fosfor ke dalam tubuhnya. Begitupun dengan tahapan rantai makanan selanjutnya.

Tumbuhan dan produser primer mengabsorpsi fosfat → senyawa fosfat organik → dimakan oleh konsumen primer → konsumen sekunder, dst., dalam rantai makanan → produser + konsumen mati → dekomposisi oleh dekomposer → fosfat ke lingkungan → reabsorpsi oleh tanaman atau dilepaskan dari tanah yang kemudian terakumulasi dalam sedimen, dst., → terjadi siklus fosfor.

Pada suatu ekosistem tertentu karena fosfor dibutuhkan dalam jumlah besar oleh organisme, maka sering unsur ini dapat menjadi faktor pembatas.



Gambar. 1.9. Gambar Daur Fosfor

Piramida Ekologi memberikan gambaran secara garis besar hubungan antara tingkat trofik dengan komponen-komponen biotik dalam suatu ekosistem.

Menurut Smith (1973) dikenal tiga macam bentuk piramida ekologi sebagai berikut:

1. Piramida jumlah, yaitu bentuk piramid yang menggambarkan jumlah individu pada masing-masing aras tropik.
2. Piramida biomassa, yaitu bentuk piramid yang menggambarkan besarnya biomassa pada masing-masing aras tropik, biomassa dapat dinyatakan dalam berat kering atau basah.
3. Piramida energi, yaitu bentuk piramid menggambarkan laju aliran energi atau produktivitas pada setiap aras tropik, dan laju aliran ini energi dapat dinyatakan dalam satuan kJ/m²/th.

Piramida jumlah dapat menggunakan jumlah individu pada masing-masing aras tropik. Apabila dibandingkan dengan piramida ekologi yang lain maka piramida jumlah tidak dapat memberikan gambaran jelas hubungan fungsional antara komponen-komponen biotik dalam

BAB IV

PIRAMIDA MAKANAN DAN PRODUKTIVITAS

A. Struktur Topik dan Piramida Makanan

Interaksi fenomena rantai makanan dan hubungan antara ukuran organisme dengan metabolisme menghasilkan suatu struktur tropik. Struktur tropik ini memiliki ciri khas tertentu untuk setiap ekosistem. Biasanya semakin besar ukuran tubuh suatu organisme maka semakin besar metabolismenya per gram biomasanya. Sebaliknya semakin kecil ukuran tubuh suatu organisme maka semakin kecil pula metabolismenya per gram berat tubuhnya.

Struktur tropik dapat diukur dan dinyatakan dalam jumlah energi yang disimpan atau energi yang ditambat per satuan, luas per satuan waktu pada aras tropik, dan dapat pula diukur dengan biomassa per satuan luas. Struktur tropik juga dapat digambarkan dalam bentuk diagram, kemudian dikenal sebagai piramida ekologi. Aras Tropik I atau aras produsen diletakkan sebagai dasar piramida, kemudian di atasnya adalah aras-aras tropik yang berikutnya, seperti herbivora, karnivora, konsumen primer, konsumen sekunder, dan seterusnya.

Piramida Ekologi memberikan gambaran secara garis besar hubungan antara rantai makanan dengan komponen-komponen biotik dalam suatu ekosistem.

Menurut Smith (1973) dikenal tiga macam bentuk piramida ekologi sebagai berikut.

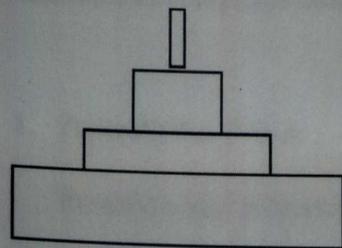
1. Piramida jumlah, yaitu bentuk piramid yang menggambarkan jumlah individu pada masing-masing aras tropik.
2. Piramida biomassa, yaitu bentuk piramid yang menggambarkan besarnya biomassa pada masing-masing aras tropik, biomassa dapat dinyatakan dalam berat kering atau berat abu.
3. Piramida energi, yaitu bentuk piramid menggambarkan laju aliran energi atau produktivitas pada setiap aras tropik, dan lajur aliran ini energi dapat dinyatakan dalam satuan kalori.

Piramid jumlah dapat menggunakan jumlah individu pada masing-masing aras tropik.

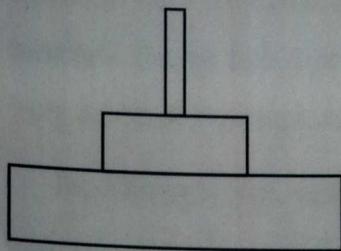
Apabila dibandingkan dengan piramida ekologi yang lain maka piramida jumlah tidak cukup memberikan gambaran jelas hubungan fungsional antara komponen-komponen biotik dalam

suatu ekosistem.

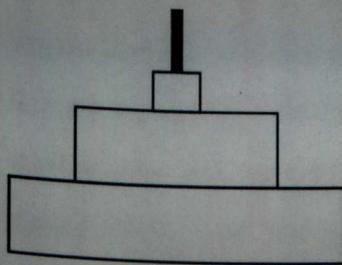
Piramida biomassa dapat memberikan gambaran secara garis besar mengenai pengaruh-pengaruh secara menyeluruh dari rantai makanan dan pengaruh peran masing-masing komponen pada tiap aras tropik.



Konsumen tertier (5)
Konsumen sekunder (90.000)
Konsumen primer (200.000)
Produsen (1.500.000)
(jumlah individu)



Konsumen sekunder (5)
Konsumen primer (30)
Produsen (100)
(gram berat kering/m²)



Konsumen tertier (25)
Konsumen sekunder (400)
Konsumen primer (3.500)
Produsen (1.500.000)
(kcal/m²/tahun)

Gambar 2.0. Piramida ekologi: a. Piramida jumlah; b. Piramida biomassa; c. Piramida energi.

Piramida energi menggambarkan peranan masing-masing komponen dalam ekosistem. Apabila dibandingkan dengan kedua piramida ekologi yang lain maka piramida energi dapat digunakan untuk mengetahui peran suatu komunitas pada masing-masing aras tropik dalam ekosistem. Dalam hal ini piramida energi dapat digunakan untuk mengetahui berapa besar aliran energi yang terdapat pada masing-masing aras tropik.

C. Produktivitas

Produktivitas adalah laju penambatan atau penyimpanan energi oleh suatu komunitas dalam ekosistem. Di dalam suatu ekosistem dikenal adanya produsen dan konsumen sehingga dikenal juga adanya produktivitas oleh produsen dan produktivitas oleh konsumen. Produktivitas pada aras konsumen disebut produktivitas primer (dasar), sedangkan pada aras konsumen disebut produktivitas sekunder.

1. Produktivitas Primer

Produktivitas primer adalah laju penambatan energi oleh produsen melalui proses fotosintesis. Produksi primer dari suatu ekosistem berasal dari proses fotosintesis yang dilakukan oleh tumbuhan berdaun hijau dengan pengikatan energi yang berasal dari cahaya matahari. Secara kimia proses fotosintesis merupakan reaksi oksidasi-reduksi (redoks) yang meliputi penyimpanan bagian dari energi cahaya matahari sebatas energi potensial.

Produktivitas dari suatu ekosistem adalah kecepatan cahaya matahari yang diikat oleh vegetasi menjadi produktivitas kotor (Produktivitas Primer Bruto), sesuai dengan kecepatan fotosintesis, sedangkan produktivitas bersih (Produktivitas Primer Neto) dari vegetasi adalah produksi dalam arti dapat dipergunakan oleh organisme lain, yaitu sesuai dengan kecepatan fotosintesis (produksi bahan kering) dikurangi kecepatan respirasi. Karena suhu dan cahaya bervariasi sepanjang hari maka produktivitas tanaman dinyatakan dalam satuan berat kering (gram/kilogram) per satuan luas permukaan tanah per musim pertumbuhan atau per tahun.

Dari O_2 yang dihasilkan oleh reaksi kimia tersebut akan terbentuk gas Ozon (O_3) di udara. Ozon yang ada pada lapisan udara (di lapisan Troposfer) akan melindungi bumi dari sinar matahari bergelombang pendek, antara lain melindungi sinar ultraviolet yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup.

Produksi primer yang menumpuk pada produsen atau tumbuhan selama suatu periode tertentu merupakan biomassa tumbuhan. Sebagian dari biomassa ini akan diganti melalui proses dekomposisi dan sebagian lagi tetap disimpan dalam waktu yang lebih lama sebagai materi yang berdaur hidup (*life cycle*). Jumlah akumulasi materi organik yang hidup pada suatu waktu disebut Standing Crop Biomass (biomassa hasil bawaan). Dengan demikian, jelas bahwa biomassa berbeda dengan produksi (produktivitas). Produktivitas komunitas bersih merupakan laju penyimpanan materi organik oleh produsen, yang tidak digunakan

(dimakan) oleh heterotrof (herbivora). Jadi, produktivitas komunitas bersih merupakan sisa produktivitas primer sesudah dikurangi yang digunakan (dikonsumsi) oleh herbivora.

Produktivitas primer mempunyai arti yang sangat penting bagi manusia. Hal ini disebabkan karena produktivitas primer merupakan salah satu komponen penting dari sumber makanan bagi manusia. Kita sebagai manusia memiliki salah satu sumber makanan utama yang mengandung karbohidrat. Karbohidrat ini dihasilkan oleh tumbuhan terutama tanaman sereal, misalnya padi, jagung, dan gandum. Selain itu ada pula tanaman tebu, kentang, dan ketela pohon. Selain berfungsi sebagai sumber makanan, tumbuhan juga berfungsi sebagai penghasil serat-serat yang penting bagi manusia. Demikian pula dengan kayu yang juga diperlukan oleh manusia untuk material perumahan meskipun kayu dari tumbuhan bukan berfungsi sebagai sumber makanan.

4. Produktivitas Sekunder

Produktivitas primer bersih merupakan energi makanan yang terdapat pada tumbuhan tersedia bagi konsumen. Memang tidak semua energi yang dapat dimanfaatkan oleh konsumen, misalnya kayu tidak dimakan oleh herbivora, ulat yang hanya makan daun-daun tertentu dan burung memakan biji atau buahnya saja. Kemampuan pencernaan konsumen berbeda-beda, misalnya Belalang hanya mengasimilasi 30% dari rumput yang dimakannya, Tikus mengasimilasi 85-90% dari apa yang dimakannya.

Kemampuan populasi konsumen untuk mengubah energi yang dikonsumsinya juga berbeda-beda. Invertebrata menggunakan sebanyak 79% dari energi yang diasimilasi untuk metabolisme dan 21% sisanya disimpan dalam tubuhnya, sedangkan vertebrata menggunakan 98% dari energi yang diasimilasinya untuk metabolisme. Jadi, invertebrata justru mampu mengubah energi lebih besar menjadi biomassa dibandingkan dengan vertebrata. Hal tersebut menunjukkan bahwa efisiensi penangkapan energi oleh organisme berbeda-beda. Perlu diketahui bahwa hewan dikelompokkan menjadi dua kelompok energetika. Mereka adalah kelompok termoregulator atau homoioterm, dan kelompok nontermoregulator atau poikiloterm.

Dalam hal ini poikiloterm lebih efisien dalam mengubah energi menjadi biomassa dibandingkan dengan homoioterm. Efisiensi asimilasi oleh poikiloterm hanya sekitar 30% saja dalam mencerna makanan, sedangkan homoioterm mempunyai efisiensi sebesar 70%. Oleh karena itu, poikiloterm harus mengonsumsi lebih banyak kalori untuk memperoleh

energi yang cukup untuk memenuhi kebutuhan untuk pemeliharaan, pertumbuhan, dan reproduksi, dibandingkan dengan homoioterm.

Laju penyimpanan materi organik oleh konsumen disebut sebagai produktivitas sekunder. Untuk produktivitas sekunder ini tidak dibedakan menjadi produktivitas bersih dan produktivitas kasar. Hal ini disebabkan konsumen hanya menggunakan energi makanan yang dihasilkan oleh produsen, kemudian mengubahnya menjadi jaringan tubuh konsumen melalui suatu proses yang menyeluruh. Jumlah energi yang mengalir dalam aras heterotropik adalah analog dengan produksi kasar pada aras autotropik, dan ini disebut sebagai asimilasi.

Produktivitas sekunder juga mempunyai manfaat yang cukup besar bagi manusia. Seperti kita ketahui, produktivitas sekunder dapat digunakan sebagai sumber protein hewani bagi manusia. Manusia di dalam hidupnya tidak hanya memerlukan karbohidrat saja, tetapi juga memerlukan protein serta lipida. Keperluan akan protein dan lipida ini harus dicukupi dari produktivitas sekunder. Protein dan lipida nabati saja tidak akan mencukupi bagi keperluan manusia bahkan diketahui manusia memerlukan asam amino tertentu yang tidak terdapat dalam tubuh tumbuhan, tetapi hanya terdapat dalam tubuh hewan.

BAB V

ANALISIS VEGETASI

A. PENGERTIAN ANALISIS VEGETASI

Vegetasi dalam ekologi adalah istilah untuk keseluruhan komunitas tumbuhan. Vegetasi merupakan bagian hidup yang tersusun dari tumbuhan yang menempati suatu ekosistem. Beraneka tipe hutan, kebun, padang rumput, dan tundra merupakan contoh-contoh vegetasi. Analisis vegetasi adalah cara mempelajari susunan komposisi spesies dan bentuk struktur vegetasi atau masyarakat tumbuh-tumbuhan. Dalam ekologi hutan satuan yang diamati adalah suatu tegakan, yang merupakan asosiasi konkret (Rohman, 2001).

Analisis vegetasi adalah cara mempelajari susunan komposisi spesies dan bentuk struktur vegetasi atau masyarakat tumbuh-tumbuhan. Untuk suatu kondisi hutan yang luas, maka kegiatan analisa vegetasi erat kaitannya dengan contoh, artinya kita cukup menempatkan beberapa petak contoh untuk mewakili habitat tersebut. Dalam contoh ini ada tiga hal yang perlu diperhatikan, yaitu jumlah petak contoh, cara peletakan petak contoh dan teknik analisa vegetasi yang digunakan (Irwanto, 2010).

Pengamatan parameter vegetasi berdasarkan bentuk hidup pohon, perdu, serta herba. Suatu ekosistem alamiah maupun binaan selalu terdiri dari dua komponen utama yaitu komponen biotik dan abiotik. Vegetasi atau komunitas tumbuhan merupakan salah satu komponen biotik yang menempati habitat tertentu seperti hutan, padang ilalang, semak belukar dan lain-lain (Syafei, 1990).

Analisis vegetasi juga dapat diartikan sebagai suatu cara mempelajari susunan dan atau komposisi vegetasi secara bentuk (struktur) vegetasi dari tumbuh-tumbuhan. Unsur struktur vegetasi adalah bentuk pertumbuhan, stratifikasi dan penutupan tajuk. Untuk keperluan analisis vegetasi diperlukan data-data jenis, diameter dan tinggi untuk menentukan indeks nilai penting dari penvusun komunitas hutan tersebut. Dengan analisis vegetasi dapat diperoleh informasi kuantitatif tentang struktur dan komposisi suatu komunitas tumbuhan.

Berdasarkan tujuan pendugaan kuantitatif komunitas vegetasi dikelompokkan ke dalam 3 kategori yaitu

1. Pendugaan komposisi vegetasi dalam suatu areal dengan batas-batas jenis dan membandingkan dengan areal lain atau areal yang sama namun waktu pengamatan berbeda.
2. Menduga tentang keragaman jenis dalam suatu areal.
3. Melakukan korelasi antara perbedaan vegetasi dengan faktor lingkungan tertentu atau beberapa faktor lingkungan (Greig-Smith, 1983).

Untuk mempelajari komposisi vegetasi perlu dilakukan pembuatan petak-petak pengamatan yang sifatnya permanen atau sementara. Menurut Soerianegara (1974) petak-petak tersebut dapat berupa petak tunggal, petak ganda ataupun berbentuk jalur atau dengan metode tanpa petak. Pola komunitas dianalisis dengan metode ordinasional yang menurut Dombois dan Ellenberg (1974) pengambilan sampel plot dapat dilakukan dengan random, sistematis atau secara subyektif atau faktor gradien lingkungan tertentu. Untuk memperoleh informasi vegetasi secara obyektif digunakan metode ordinasional dengan menderetkan contoh-contoh (relevé) berdasarkan koefisien ketidaksamaan (Marsono, 1987).

Variasi dalam relevé merupakan dasar untuk mencari pola vegetasinya. Dengan ordinasional diperoleh relevé vegetasi dalam bentuk model geometrik yang sedemikian rupa sehingga relevé yang paling serupa mendasarkan komposisi spesies beserta kelimpahannya akan mempunyai posisi yang saling berdekatan, sedangkan relevé yang berbeda akan saling berjauhan. Ordinasional dapat pula digunakan untuk menghubungkan pola sebaran jenis-jenis dengan perubahan faktor lingkungan. Beberapa metodologi yang umum dan sangat efektif serta efisien jika digunakan untuk penelitian, yaitu metode kuadrat, metode garis, metode tanpa plot dan metode kuarter.

B. KURVA LUAS MINIMUM

Pada cara ini kita hanya mempelajari satu petak sampling yang mewakili suatu tegakan hutan. Besarnya petak contoh ini tidak boleh terlalu kecil hingga tidak menggambarkan tegakan yang dipelajari. Ukuran minimum dari satu petak tunggal tergantung pada kerapatan tegakan dan banyaknya jenis-jenis pohon yang terdapat.

Makin jarang tegakannya atau makin banyak jenisnya makin besar ukuran petak tunggal yang digunakan. Ukuran minimum ini ditetapkan dengan menggunakan kurva spesies-area. Caranya dengan mendata jenis-jenis pohon yang terdapat dalam suatu petak kecil. Ukuran petak ini lalu diperbesar dua kali dan jenis-jenis pohon yang terdapat didata pula. Pekerjaan ini dilanjutkan sampai saat dimana penambahan luas petak tidak menyebabkan penambahan yang berarti pada banyaknya jenis.

Prinsip penentuan ukuran petak adalah petak harus cukup besar agar individu jenis yang ada dalam contoh dapat mewakili komunitas, tetapi harus cukup kecil agar individu yang ada dapat dipisahkan, dihitung dan diukur tanpa duplikasi atau pengabaian.

Karena titik berat analisa vegetasi terletak pada komposisi jenis dan jika kita tidak bisa menentukan luas petak contoh yang kita anggap dapat mewakili komunitas tersebut, maka dapat menggunakan teknik Kurva Spesies Area (KSA).

Dengan menggunakan kurva ini, maka dapat ditetapkan : (1) luas minimum suatu petak yang dapat mewakili habitat yang akan diukur, (2) jumlah minimal petak ukur agar hasilnya mewakili keadaan tegakan atau panjang jalur yang mewakili jika menggunakan metode jalur. Caranya adalah dengan mendaftarkan jenis-jenis yang terdapat pada petak kecil, kemudian petak tersebut diperbesar dua kali dan jenis-jenis yang ditemukan kembali didaftarkan.

Pekerjaan berhenti sampai dimana penambahan luas petak tidak menyebabkan penambahan yang berarti pada banyaknya jenis. Luas minimum ini ditetapkan dengan dasar jika penambahan luas petak tidak menyebabkan kenaikan jumlah jenis lebih dari 5-10% (Oosting, 1958; Cain & Castro, 1959). Untuk luas petak awal tergantung surveyor, bisa menggunakan luas 1m x 1m atau 2m x 2m atau 20m x 20m, karena yang penting adalah konsistensi luas petak berikutnya yang merupakan dua kali luas petak awal dan kemampuan pengerjaannya dilapangan. Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa penambahan jenis pada ukuran petak 8m x 16m sudah mencapai angka dibawah 5% (sesuai syarat Oosting, 1958; Cain & Castro, 1959), maka dapat ditetapkan bahwa luas petak ukur yang dapat mewakili komunitas pada rumput tersebut adalah 8m x 16m atau 0.128 ha. Luas ini bukanlah harga mutlak bahwa luas petak ukur yang harus kita gunakan adalah 0.128 ha, tapi nilai tersebut adalah nilai minimum, artinya kita bisa menambah ukuran petak contoh atau bahkan memodifikasinya karena yang harus kita perhatikan bahwa petak contohnya tidak kurang dari hasil KSA.

Contoh untuk memudahkan pekerjaan dilapangan, sebaiknya ukuran petak tersebut berbentuk persegi, sehingga petak hasil KSA tersebut dapat diubah menjadi ukuran 12m x12m. Jika sudah dapat ditentukan luas petak minimum, maka juga harus dapat ditentukan jumlah petak contoh keseluruhan. Hitungan sederhananya, tergantung kita menginginkan berapa luas total sampling yang kita inginkan. Cara peletakan petak contoh ada dua, yaitu cara acak (random sampling) dan cara sistematis (systematic sampling), random sampling hanya mungkin digunakan jika vegetasi homogen, misalnya hutan tanaman atau padang rumput (artinya, kita bebas menempatkan petak contoh dimana saja, karena peluang menemukan jenis berbeda tiap petak contoh relatif kecil). Sedangkan untuk penelitian dianjurkan untuk menggunakan sistematis sampling, karena lebih mudah dalam pelaksanaannya dan data yang dihasilkan dapat bersifat representative. Bahkan dalam keadaan tertentu, dapat digunakan purposive sampling

C. METODE GARIS DAN TITIK

Dalam ilmu vegetasi telah dikembangkan berbagai metode untuk menganalisis suatu vegetasi yang sangat membantu dalam mendeskripsikan suatu vegetasi sesuai dengan tujuannya. Dalam hal ini suatu metodologi sangat berkembang dengan pesat seiring dengan kemajuan dalam bidang-bidang pengetahuan lainnya, tetapi tetap harus diperhitungkan berbagai kendala yang ada (Syafei, 1990).

Metodologi-metodologi yang umum dan sangat efektif serta efisien jika digunakan untuk penelitian yaitu metode kuadrat, metode garis, metode tanpa plot dan metode kwarter. Akan tetapi dalam makalah ini hanya menitik beratkan pada penggunaan analisis dengan metode garis dan metode intersepsi titik (metode tanpa plot) (Syafei, 1990).

1. Metode Garis

Metode garis merupakan suatu metode yang menggunakan cuplikan berupa garis. Penggunaan metode ini pada vegetasi hutan sangat bergantung pada kompleksitas hutan tersebut. Dalam hal ini, apabila vegetasi sederhana maka garis yang digunakan akan semakin pendek. Untuk hutan, biasanya panjang garis yang digunakan sekitar 50 m-100 m, sedangkan untuk vegetasi semak belukar, garis yang digunakan cukup 5 m-10 m. Apabila metode ini digunakan pada vegetasi yang lebih sederhana, maka garis yang

digunakan cukup 1 m (Syafei, 1990). Pada metode garis ini, sistem analisis melalui variabel-variabel kerapatan, kerimbunan, dan frekuensi yang selanjutnya menentukan INP (indeks nilai penting) yang akan digunakan untuk memberi nama sebuah vegetasi.

Kerapatan dinyatakan sebagai jumlah individu sejenis yang terlewat oleh garis. Kerimbunan ditentukan berdasar panjang garis yang tertutup oleh individu tumbuhan, dan dapat merupakan prosentase perbandingan panjang penutupan garis yang terlewat oleh individu tumbuhan terhadap garis yang dibuat (Syafei, 1990). Frekuensi diperoleh berdasarkan kekerapan suatu spesies yang ditemukan pada setiap garis yang disebar (Rohman, 2001).

2. Metode Intersepsi Titik

Merupakan suatu metode analisis vegetasi dengan menggunakan cuplikan berupa titik. Pada metode ini tumbuhan yang dapat dianalisis hanya satu tumbuhan yang benar-benar terletak pada titik-titik yang disebar atau yang diproyeksikan mengenai titik-titik tersebut. Dalam menggunakan metode ini variabel-variabel yang digunakan adalah kerapatan, dominansi, dan frekuensi (Rohman, 2001).

Kelimpahan setiap spesies individu atau jenis struktur biasanya dinyatakan sebagai suatu persen jumlah total spesies yang ada dalam komunitas, dan dengan demikian merupakan pengukuran yang relatif. Dari nilai relative ini, akan diperoleh sebuah nilai yang merupakan INP. Nilai ini digunakan sebagai dasar pemberian nama suatu vegetasi yang diamati. Secara bersama-sama, kelimpahan dan frekuensi adalah sangat penting dalam menentukan struktur komunitas (Michael, 1994).

3. Sistem analisis garis meliputi:

- a. **Kerapatan**, Kerapatan adalah jumlah individu suatu spesies tumbuhan dalam suatu luasan tertentu, misalnya 100 individu/ha. Kerapatan didasarkan pada perhitungan jarak antara individu-individu sejenis yang dilewati garis, atau bila dinyatakan dengan jumlah individu yang terlewat garis. Frekuensi suatu spesies tumbuhan adalah jumlah petak contoh dimana ditemukannya jenis tersebut dari sejumlah petak contoh yang dibuat. Biasanya frekuensi dinyatakan dalam besaran persentase. Basal area merupakan suatu luasan areal dekat permukaan tanah yang

dikuasai oleh tumbuhan. Untuk pohon, basal areal dapat diduga dengan mengukur diameter batang (Kusuma, 1997).

- b. **Kerimbunan**, didasarkan pada panjang garis yang tertutup oleh individu tumbuhan, atau bila dinyatakan dalam prosen dapat dilakukan berdasarkan perbandingan panjang penutupan garis yang terlewat individu tumbuhan terhadap panjang garis yang dibuat.
- c. **Frekuensi**, Frekuensi merupakan ukuran dari regularitas terdapatnya suatu spesies frekuensi memberikan gambaran bagaimana pola penyebaran suatu spesies, apakah menyebar keseluruhan kawasan atau kelompok. Hal ini menunjukkan daya penyebaran dan adaptasinya terhadap lingkungan. Frekuensi pada dasarnya agak sulit menentukan apabila garis yang dibuat merupakan garis tunggal. Apabila garis itu dibagi dalam beberapa sektor garis maka perhitungan frekuensi ini dinyatakan dengan kekerapan jenis yang dijumpai dalam sector-sector garis tadi. Atau bila garisnya majemuk maka perhitungan tidak berbeda seperti pada metode kuadrat.. Raunkiser (1977) membagi frekuensi dalam lima kelas berdasarkan besarnya persentase. Frekuensi kehadiran merupakan nilai yang menyatakan jumlah kehadiran suatu spesies di dalam suatu habitat
- d. **Indeks Nilai penting**, harga ini didapatkan berdasarkan penjumlahan dari nilai relative dari sejumlah variabel yang telah diukur (kerapatan relative, kerimbunan relative, dan frekuensi relative). Harga relative ini dapat dicari dengan perbandingan antara harga suatu variabel yang didapat dari suatu jenis terhadap nilai total dari variabel itu untuk suatu jenis terhadap nilai total dari variabel itu untuk seluruh jenis yang didapat, dikalikan 100%. Dalam tabel jenis-jenis tumbuhan disusun berdasarkan urutan harga nilai penting ini yang biasanya dari harga besar ke kecil. Dan dua jenis tumbuhan yang terbesar harga nilai pentingnyadapat dipergunakan untuk menentukan penamaan bentuk vegetasi tadi.
- e. **Indeks Keragaman**, Keragaman spesies merupakan ciri tingkat komunitas berdasarkan organisasi biologinya. Keragaman spesies dapat digunakan untuk menyatakan struktur komunitas. Keragaman spesies juga dapat digunakan untuk mengukur stabilitas komunitas, yaitu kemampuan suatu komunitas untuk menjaga dirinya tetap stabil meskipun ada gangguan terhadap komponen-komponennya. Keragaman spesies yang tinggi menunjukkan bahwa suatu komunitas memiliki kompleksitas tinggi, karena interaksi spesies yang terjadi dalam komunitas itu.

f. **Indeks Kesamaan**, Indeks kesamaan diperlukan untuk mengetahui tingkat kesamaan antara beberapa tegakan, antara beberapa unit contoh atau antara beberapa komunitas yang dipelajari dan dibandingkan komposisi dan struktur komunitasnya. Oleh karena itu, besar kecilnya indeks kesamaan tersebut, menggambarkan tingkat kesamaan komposisi spesies dan struktur dari dua komunitas atau tegakan maupun unit sampling yang dibandingkan (Prasetyo, 2016).

Jika berbicara mengenai vegetasi, kita tidak bisa terlepas dari komponen penyusun vegetasi itu sendiri dan komponen tersebutlah yang menjadi fokus dalam pengukuran vegetasi. Komponen tumbuh-tumbuhan penyusun suatu vegetasiumnya terdiri dari:

1. Belukar (Shrub) : Tumbuhan yang memiliki kayu yang cukup besar, dan memiliki tangkai yang terbagi menjadi banyak subtangkai.
2. Epifit (Epiphyte) : Tumbuhan yang hidup dipermukaan tumbuhan lain (biasanya pohon dan palma). Epifit mungkin hidup sebagai parasit atau hemi-parasit.
3. Paku-pakuan (Fern) : Tumbuhan tanpa bunga atau tangkai, biasanya memiliki rhizoma seperti akar dan berkayu, dimana pada rhizoma tersebut keluar tangkai daun.
4. Palma (Palm) : Tumbuhan yang tangkainya menyerupai kayu, lurus dan biasanya tinggi; tidak bercabang sampai daun pertama. Daun lebih panjang dari 1 meter dan biasanya terbagi dalam banyak anak daun.
5. Pemanjat (Climber) : Tumbuhan seperti kayu atau berumput yang tidak berdiri sendiri namun merambat atau memanjat untuk penyokongnya seperti kayu atau belukar.
6. Terna (Herb) : Tumbuhan yang merambat ditanah, namun tidak menyerupai rumput. Daunnya tidak panjang dan lurus, biasanya memiliki bunga yang menyolok, tingginya tidak lebih dari 2 meter dan memiliki tangkai lembut yang kadang-kadang keras.
7. Pohon (Tree) : Tumbuhan yang memiliki kayu besar, tinggi dan memiliki satu batang atau tangkai utama dengan ukuran diameter lebih dari 20 cm. Untuk tingkat pohon dapat dibagi lagi menurut tingkat permudaannya, yaitu:
 - a. Semai (Seedling) : Permudaan mulai dari kecambah sampai anakan kurang dari 1.5m.

- b. Pancang (Sapling) : Permudaan dengan tinggi 1.5 m sampai anakan berdiameter kurang dari 10 cm.
- c. Tiang (Poles) : Pohon muda berdiameter 10 cm sampai kurang dari 20 cm.

Penjelasan Metode Analisis Vegetasi

a. Cara Petak

- Petak Tunggal

1. Hanya satu petak contoh
2. Luas petak contoh berdasarkan Kurva Species Area
3. Cocok untuk hutan yang benar-benar homogen
4. Luas petak :

Meijer Dress (1954) 0,25 ha (hutan Dipterocarp di Bangka)

Nicholson (1965) 0,6-1,5 ha (Kalimantan Utara)

Richard (1952) 1,5 ha hutan tropika

Wyatt-Smith (1959) 0,6 ha

Vestal (1949) \pm 3 ha (hutan hujan tropika)

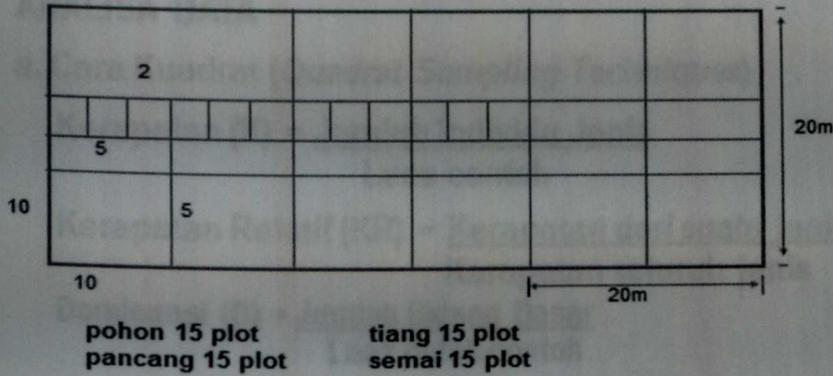
Cain & Casto (1959) persegi panjang 20 m x 1500 m
(selanjutnya dibagi petak-petak kontinyu)

- Petak Ganda

1. Banyak petak (>1 petak) tersebar merata (acak sistematis)
2. Jumlah petak tergantung
 - Kurva species area
 - Intensitas sampling
 - Keadaan vegetasi

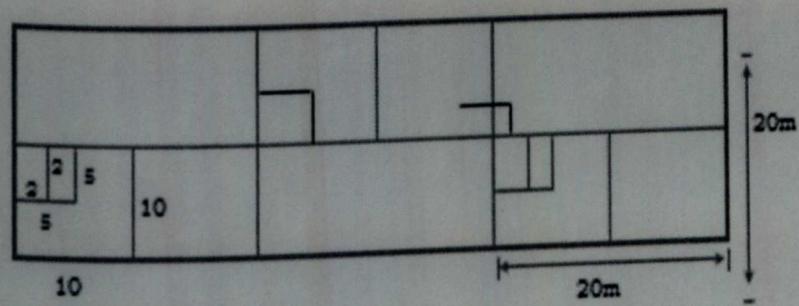
- Cara Jalur atau Transek

Metode ini digunakan apabila hutan sangat luas, belum diketahui keadaan sebelumnya dan cocok untuk mengetahui perubahan vegetasi berdasarkan perubahan factor lingkungan. Jalur dibagi petak yang lebih kecil berdasarkan sampling permudahan (Nested Sampling). Berikut contoh cara jalur atau transek



4. Cara jalur berpetak (garis berpetak)

- Modifikasi petak ganda atau cara jalur
- Modifikasi petak ganda → melompat satu/lebih petak dalam jalur
- Bentuk segi panjang, bujur sangkar, lingkaran
- Ukuran petak
 - ↗ bujur sangkar/segi panjang 10x10; 20x20; 20x50
 - ↘ lingkaran $r = 17,8m$ (0,1 ha)
- Dibuat petak-petak kecil dalam petak
- Dapat pula kombinasi antara jalur dan garis berpetak
 - jalur → untuk pohon
 - garis berpetak → untuk seedling, sapling, poles.



ANALISA DATA

a. Cara Kuadrat (*Quadrat Sampling Techniques*)

$$\text{Kerapatan (K)} = \frac{\text{Jumlah Individu Jenis}}{\text{Luas contoh}}$$

$$\text{Kerapatan Relatif (KR)} = \frac{\text{Kerapatan dari suatu jenis}}{\text{Kerapatan seluruh jenis}} \times 100 \%$$

$$\text{Dominansi (D)} = \frac{\text{Jumlah Bidang Dasar}}{\text{Luas petak contoh}}$$

$$\text{Dominansi Relatif (DR)} = \frac{\text{Dominansi dari suatu jenis}}{\text{Dominansi seluruh jenis}} \times 100 \%$$

$$\text{Frekuensi (F)} = \frac{\text{Jumlah plot ditemukan suatu Jenis}}{\text{Jumlah seluruh plot}}$$

$$\text{Frekuensi Relatif (FR)} = \frac{\text{Frekuensi dari suatu jenis}}{\text{Frekuensi seluruh jenis}} \times 100 \%$$

$$\text{Indeks Nilai Penting (INP)} = \text{KR} + \text{DR} + \text{FR}$$

$$\text{Summed Dominance Ratio (SDR)} = \frac{\text{INP}}{3}$$

Nilai INP = 200% atau 300% tergantung jumlah parameter yg digunakan

Nilai SDR = 100%

DAFTAR PUSTAKA

- Begon, M., J.L. Harper & C.R. Townsend. (1986). *Ecology*. Individuals, Populations and Communities. Blackwell Sci. Pub. Oxford.
- Hamilton, L.S. and P.N. King. (1992). *Daerah aliran sungai hutan tropika*. Penerjemah: Krisnawati Suryanata. GadjahMada University Press. Yogyakarta.
- Kormondy, E.J. (1969). *Concepts of Ecology*. Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- Odum, E.P. (1971). *Fundamentals of Ecology*. 3rd. ed. W.B. Saunders Co. Philadelphia.
- Resosudarmo, R.S.; K. Kartawinata; A. Soegiarto. (1992). *Pengantar ekologi*. Penerbit Remaja Rosdakarya. Bandung.
- Smith, R.L. (1974). *Ecology and Field Biology*. 2nd. ed. Harper & Row, Pub. New York.
- Soemarwoto, O. (1991). *Ekologi dalam pembangunan berwawasan lingkungan*. Panitia Penghormatan Purnabakti Profesor Otto Sumarwoto. Bandung.
- Soemarwoto, O. (1991). *Indonesia dalam kancah isu lingkungan global*. Penerbit Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Thohir, K.A. (1985). *Butir-butir tata lingkungan*. Bina Aksara. Jakarta.