

AGROEKOSISTEM

Oleh

Prof. Dr. Ir. Setyo Budi, MS.

R. Achmad Djazuli, SP., MMA.

Prof. Dr. Andriani Eko Prihatiningrum, MS.



Universitas Muhammadiyah Gresik

Perpustakaan Nasional: katalog dalam terbitan (KDT)

Penulis :

Setyo Budi, R. Achmad Djazuli, Andriani Eko Prihatiningrum.

“Agroekosistem”

Gresik: UMG Press, 2018

ISBN:.....

Editor :

Dr. Spd. Khoirul Anwar, MPd.

Penyunting :

Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Arijanti Prakoeswo, MM.

Desain sampul dan Tata letak :

Indyra Mahdiana, S.Pd.

Penerbit:

UMG Press

Redaksi:

Jln. Sumatera 101 GKB

Gresik 61121

Telp +6231 3951414

Fax +6231 3952585

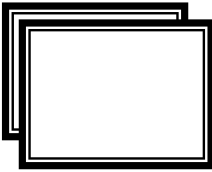
Email: press@umg.ac.id

Anggota IKAPI No. 189 dan APPTI No. 002.021

Cetakan pertama, April 2018

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit.



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga Buku Ajar “Agroekosistem” dapat terselesaikan dengan baik. Buku ajar ini disusun bersama tim berdasarkan bidang ilmu dan pengalaman sebagai dosen pengampu matakuliah agroekosistem bertahun-tahun sesuai dengan luaran kompetensi mahasiswa yang hendak dicapai. Buku ajar ini juga diperkuat dari berbagai sumber pustaka yang terkait dengan substansi materi kuliah. Maksud dan tujuan dari disusunnya buku ajar ini adalah supaya mahasiswa mengetahui dan memahami pengetahuan mengenai agroekosistem dan memiliki bekal, pedoman secara sistematis serta pegangan dalam pengimplementasiannya. InshaAllah keberadaan buku ajar ini dapat membantu dan mempermudah mahasiswa dan tenaga pengajar dalam melakukan kegiatan proses belajar mengajar.

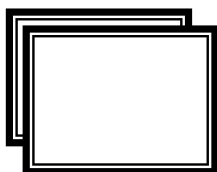
Substansi penting dan strategis didalam buku ini meliputi Sepuluh (10) bab yaitu : 1) Sumber Daya Alam dan Ruang Lingkup Ekologi, 2) Agroekosistem, 3) Energi dan Daur Biogeokimia, 4) Dinamika dan Komunitas Vegetasi, 5) Adaptasi dan Distribusi Vegetasi, 6) Analisis Vegetasi, 7) Analisis Biodiversitas Ekosistem, 8) Interaksi antara Agroekosistem dan Ekosistem Alami, 9) Faktor Lingkungan, 10) Pertanian Berkelanjutan. Buku ajar ini berupaya memberikan penjelasan secara detail dan rinci serta mudah dipahami bagi semua kalangan, terutama mahasiswa dan tenaga pengajar.

Tersusunnya buku ajar tidak semata-mata hasil dari jerih payah dan usaha tim penyusun buku ajar, melainkan juga adanya dukungan dan kerja sama, baik moral dan material dari berbagai pihak yang berkompeten. Oleh karena itu, team penyusun buku ajar mengucapkan terima kasih kepada keluarga, sahabat dan rekan-rekan serta pihak-pihak lainnya yang membantu dalam penyusunan buku ajar agroekosistem ini.

Penyusun menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam substansi buku ajar ini. Oleh karena itu, penyusun sangat terbuka apabila terdapat saran dan kritik yang konstruktif terkait buku ajar ini, sehingga dalam pembuatan buku ajar edisi selanjutnya, saran dan kritik tersebut dapat kami jadikan acuan penyempurnaan buku ajar ini. Terakhir, semoga buku ajar ini mampu memberikan tambahan wawasan, pengetahuan sekaligus rahmatanlilalamin bagi siapapun dari berbagai kalangan, khususnya mahasiswa serta pihak siapapun masyarakat yang membutuhkan.

Gresik, April 2018
Hormat Kami,

Tim Penyusun

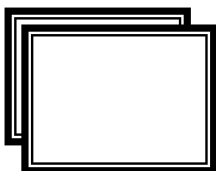


DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPEL	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
PENDAHULUAN	x
BAB I Sumber Daya Alam dan Ruang Lingkup Ekologi	1
1.1. Sumber Daya Alam	1
1.2. Ekosistem	5
1.3. Konservasi SDA Hayati dan Ekosistem	8
1.4. Keanekaragaman Hayati	17
1.5. Model Dalam Ekosistem	21
Rangkuman	
Tugas	
BAB II Agroekosistem	26
2.1. Konsep Agroekosistem	26
2.2. Komponen Agroekosistem	27
2.3. Tipe Agroekosistem	33
Rangkuman	52
Tugas	53
BAB III Energi dan Daur Biogeokimia	54
3.1. Energi	54
3.2. Aliran Energi	57

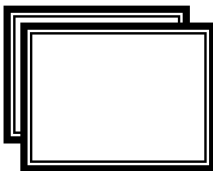
	3.3. Rantai Makanan	60
	3.4. Jaring-jaring Makanan	64
	3.5. Tingkat Tropik	65
	3.6. Piramida Ekologi	66
	3.7. Daur Biogeokimia	70
	Rangkuman	80
	Tugas	82
BAB IV	Dinamika dan Komunitas Vegetasi	83
	4.1. Suksesi	83
	4.2. Jenis Suksesi	87
	4.3. Proses Terjadinya Suksesi	89
	4.4. Suksesi di Perairan	93
	Rangkuman	95
	Tugas	96
BAB V	Adaptasi dan Distribusi Vegetasi	97
	5.1. Adaptasi	97
	5.2. Distribusi Vegetasi	102
	Rangkuman	105
	Tugas	106
BAB VI	Analisis Vegetasi	107
	Rangkuman	120
	Tugas	121
BAB VII	Analisis Biodiversitas Ekosistem	122
	Rangkuman	128
	Tugas	129
BAB VIII	Interaksi Antara Agroekosistem dan Ekosistem	
	Alami	130
	8.1. Interaksi Antar Komponen Ekosistem	130
	8.2. Interaksi Dalam Ekosistem Sawah	140
	Rangkuman	143
	Tugas	144
BAB IX	Faktor Lingkungan	145
	Rangkuman	153
	Tugas	155
BAB X	Pertanian Berkelanjutan	156
	10.1. Konsep Pertanian Berkelanjutan	156
	10.2. Pengelolaan Tanah Berkelanjutan	157
	10.3. Kearifan Lokal sebagai Penyeimbang	
	10.4. Pertanian Modern Ekologis Berkelanjutan	
	10.5. Pelestarian Lingkungan dan Sumber Daya	

Lahan sebagai Bagian Integral Pembangunan	
Pertanian	171
Rangkuman	173
Tugas	174
DAFTAR PUSTAKA	175
GLOSARIUM	179
INDEKS	180
BIOGRAFI PENULIS	181



DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Tingkatan Trofik di Dalam Ekosistem.....	59
Tabel 2.	Hasil Pengukuran KSA Tumbuhan Bawah.....	111
Tabel 3.	Nilai Kesamaan Kerapatan antara Hutan Primer dengan Hutan setelah ditebang pada tingkat Semai....	118



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Model Kerja Ekosistem.....	21
Gambar 2.	Ekosistem Air Tawar	34
Gambar 3.	Ekosistem Laut	35
Gambar 4.	Ekosistem Estuari	36
Gambar 5.	Ekosistem Pantai Batu.....	37
Gambar 6.	Ekosistem Terumbu Karang.....	38
Gambar 7.	Ekosistem Laut Dalam	39
Gambar 8.	Ekosistem Hutan Musim.....	40
Gambar 9.	Ekosistem Padang Rumput.	41
Gambar 10.	Ekosistem Gurun.....	42
Gambar 11.	Ekosistem Taiga.....	43
Gambar 12.	Ekosistem Tundra.....	44
Gambar 13.	Ekosistem Hutan Hujan Tropik.....	45
Gambar 14.	Ekosistem Savana.	46
Gambar 15.	Ekosistem Perkebunan.....	47
Gambar 16.	Ekosistem Persawahan.	48
Gambar 17.	Ekosistem Agroforestry.....	49
Gambar 18.	Ekosistem Kebun/Pekarangan.....	50
Gambar 19.	Organisme Detrivor.....	60
Gambar 20.	Rantai Pemangsa.....	61

Gambar 21.	Rantai Parasit.....	62
Gambar 22.	Rantai Saprofit.....	63
Gambar 23.	Jaring-Jaring Makanan.....	64
Gambar 24.	Tingkat Tropik.....	65
Gambar 25.	Piramida Biomassa.....	68
Gambar 26.	Piramida Energi.....	69
Gambar 27.	Daur air.....	72
Gambar 28.	Daur Karbon.....	74
Gambar 29.	Daur Nitrogen.....	76
Gambar 30.	Siklus Sulfur.....	77
Gambar 31.	Daur Fosfor.....	79
Gambar 32.	Suksesi Pada Habitat Darat.....	86
Gambar 33.	Suksesi di Ekosistem Daratan yang Mengarah ke Perairan.....	90
Gambar 34.	Suatu Seri Suksesi Pada Ekosistem Danau.....	94
Gambar 35.	Bentuk Pertambahan Petak Kurva Spesies Area.....	112
Gambar 36.	Interaksi antara Kucing dan Ayam di Kebun.....	132
Gambar 37.	Hubungan antara Mangsa dan Pemangsa.....	133
Gambar 38.	Hubungan antar Organisme yang Berbeda Spesies.....	134
Gambar 39.	Hubungan Dua Organisme Berbeda Spesies.....	135
Gambar 40.	Hubungan Dua Organisme Berbeda Spesies dan Saling Menguntungkan.....	135
Gambar 41.	Allelopati.....	136
Gambar 42.	Persaingan Antara Populasi Kuda Dengan Populasi Sapi Di Padang Rumput.....	137



PENDAHULUAN

Deskripsi Mata Kuliah.

Agroekosistem merupakan mata kuliah yang mempelajari dan menjelaskan terkait konsep dasar agroekosistem dan ruang lingkungannya, permasalahan terkait agroekosistem, solusi serta usaha mewujudkan pertanian berkelanjutan.

Buku ajar Agroekosistem ini berisi 10 Bab. Pada bab pertama mengulas mengenai sumber daya alam dan ruang lingkup ekologi, termasuk ekosistem dan keanekaragaman hayati. Bab 2 membahas mengenai konsep dasar, komponen dan tipe agroekosistem. Bab 3 mengulas mengenai energi dan daur biogeokimia termasuk rantai makanan, jaring-jaring makanan dan piramida ekologi. Bab 4 berisi materi dinamika dan komunitas vegetasi, termasuk didalamnya jenis dan proses terjadinya suksesi. Bab 5 berisi mengenai adaptasi dan distribusi. Bab 6 membahas mengenai analisis vegetasi. Bab 7 berisi materi tentang analisis biodiversitas ekosistem. Bab 8 berisi materi tentang interaksi antara agroekosistem dan ekosistem alami. Bab 9 membahas mengenai faktor lingkungan yang mempengaruhi

interaksi antar komponen agroekosistem. Bab 10 berisi materi mengenai pertanian berkelanjutan.

Buku ajar ini pada setiap bab berisi tentang uraian materi sesuai dengan tiap judul bab dan disertai juga rangkuman dan tugas. Maksud dan tujuan dari pemberian rangkuman adalah untuk memudahkan para pembaca mengetahui intisari materi dari setiap bab pada buku. Sedangkan maksud dan tujuan pemberian tugas tersebut adalah untuk menambah pengetahuan materi dan menilai seberapa besar mahasiswa mengerti dan memahami materi yang sudah diberikan.

Substansi dasarnya, keberadaan buku ajar ini dibuat untuk mahasiswa yang mengikuti program mata kuliah Agroekosistem. Keberadaan buku ajar Agroekosistem ini diharapkan mahasiswa mampu memahami materi yang diberikan dan mampu menerapkan apa yang sudah dipelajari sesuai capaian yang diberikan. Keberadaan dan terbitnya buku ajar agroekosistem ini juga dapat dimanfaatkan oleh semua kalangan yang membutuhkan.

Prasyarat Mata Kuliah.

Tidak Ada

Rencana Pembelajaran.

Rencana pembelajaran mata kuliah Agroekosistem direncanakan terdapat 16 (enam belas) kali pertemuan. Dalam 16 kali pertemuan tersebut 14 kali pertemuan tatap muka dan 2 kali pertemuan ujian tulis.

Mg Ke-	Pokok Bahasan	Rencana Pembelajaran
1-2	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pendahuluan ➤ Dasar Pemahaman Agroekosistem (Sumber Daya Alam dan Ruang Lingkup Ekologi) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Penjelasan tentang kontrak kuliah secara lengkap dan cara penilaian penguasaan materi kuliah. ➤ Dasar pemahaman agroekosistem, terdiri dari:

		<ul style="list-style-type: none"> • Sumber Daya Alam • Ekosistem • Konservasi SDA Hayati dan Ekosistem • Keanekaragaman Hayati • Model dalam Ekosistem
3-4	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Konsep dasar agroekosistem ➤ Energi dan Daur Biogeokimia 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Konsep dasar agroekosistem, terdiri dari: <ul style="list-style-type: none"> • Pengertian Agroekosistem • Komponen Agroekosistem • Tipe Agroekosistem ➤ Energi dan Daur Biogeokimia, terdiri dari: <ul style="list-style-type: none"> • Energi • Aliran Energi • Rantai Makanan • Jaringan Makanan • Tingkat Tropik • Piramida Ekologi • Daur Biogeokimia
5-6	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dinamika Ekosistem dan Komunitas Vegetasi ➤ Adaptasi dan Distribusi Vegetasi 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dinamika Ekosistem dan Komunitas Vegetasi, terdiri dari: <ul style="list-style-type: none"> • Suksesi • Jenis Suksesi • Proses Terjadinya Suksesi • Suksesi di Perairan ➤ Adaptasi dan Distribusi Vegetasi <ul style="list-style-type: none"> • Pengertian dan Macam

		Adaptasi <ul style="list-style-type: none"> • Sumber Adaptasi • Nilai Adaptasi dan Koefisien Seleksi • Distribusi Vegetasi
7-8	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Analisis Vegetasi ➤ Analisis Biodiversitas Ekosistem 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Analisis Vegetasi, terdiri dari: <ul style="list-style-type: none"> • Pengertian • Cara menganalisis vegetasi • Cara menghitung hasil analisa vegetasi ➤ Analisis Biodiversitas Ekosistem, terdiri dari: <ul style="list-style-type: none"> • Pengertian • Metode Analisis
9	EVALUASI	Materi Kuliah Tercapai
10-11	Interaksi antara Agroekosistem dan Ekosistem Alami	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Interaksi Antar Komponen Ekosistem ➤ Interaksi dalam Ekosistem Sawah
12-13	Faktor Lingkungan	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Faktor Lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman, terdiri dari: <ul style="list-style-type: none"> • Tanah • Air • Cahaya Matahari • Udara (Suhu) • Faktor Hara Mikro • Ketersediaan Ion dan Kation
14-15	Pertanian Berkelanjutan	➤ Konsep Pertanian

		Berkelanjutan ➤ Pengelolaan Tanah Berkelanjutan
16	EVALUASI	Materi Kuliah Tercapai

Petunjuk Penggunaan Buku ini.

1. Petunjuk Bagi Mahasiswa.

Buku ini terdiri dari materi, rangkuman dan tugas pada setiap babnya. Mahasiswa diminta memahami materi pada setiap bab, sekaligus diminta untuk mengerjakan tugas berupa soal-soal sebagai tugas akhir dari setiap pertemuan sesuai dengan materi yang diajarkan.

2. Peranan Dosen dalam Pembelajaran

Pembelajaran pada buku ini dapat dilakukan di ruang kelas sebagai materi kuliah. Selain itu pembelajaran juga dapat dilakukan di lahan sebagai praktikum.

Capaian Pembelajaran

1. Mahasiswa mengetahui dan memahami konsep agroekosistem dalam pertanian.
2. Mahasiswa mampu menginterpretasikan dan mengaplikasikan konsep agroekosistem dalam lahan pertanian.
3. Mahasiswa mampu dan terampil dalam menganalisis permasalahan dalam agroekosistem serta mengatasinya.

Bentuk Evaluasi

Bentuk evaluasi maupun umpan balik yang dilakukan dalam proses pembelajaran menggunakan bahan ajar ini dituangkan dalam bentuk:

1. Penugasan secara individu kepada mahasiswa. Penugasan ini berupa mengerjakan soal soal secara individu.
2. Presentasi kelompok. Bentuk evaluasi ini dimaksudkan untuk melihat perkembangan kemampuan presentasi mahasiswa terkait materi yang disajikan.

-
-
3. Diskusi kelompok. Bentuk evaluasi ini dimaksudkan untuk melihat perkembangan kemampuan mahasiswa dalam berdiskusi kelompok.
 4. Pembuatan makalah. Membuat ringkasan dan menganalisis dalam bentuk makalah sesuai dengan materi yang sedang dipelajari serta memperdalam dengan beberapa rujukan referensi dari berbagai artikel ilmiah terkait.
 5. Praktikum. Bentuk evaluasi ini dimaksudkan untuk mengukur tingkat pencapaian atau kemampuan mahasiswa dalam mengimplementasikan materi pembelajaran di lapangan.
 6. Ujian Tulis. Bentuk evaluasi ini dimaksudkan untuk mengukur tingkat pencapaian mahasiswa pada materi yang sudah dipelajari dan kemudian melakukan refleksi serta tindakan follow-up nya.



**BAB
I**

**SUMBER DAYA ALAM
DAN RUANG LINGKUP
EKOLOGI**

Bab ini merupakan pengetahuan dasar dan awal yang harus dipelajari dan dipahami oleh mahasiswa agar mahasiswa memiliki gambaran umum mengenai agroekosistem yaitu terkait sumber daya alam dan ruang lingkup ekologi. Pada bab ini terdapat beberapa materi yang terdiri dari sumber daya alam, ekosistem, konservasi sumber daya alam dan ekosistem, keanekaragaman hayati dan model dalam ekosistem.

Materi-materi yang tersaji pada bab ini merupakan materi yang bersifat dasar untuk memberikan pengetahuan awal kepada mahasiswa mengenai agroekosistem.

Harapannya mahasiswa setelah mempelajari materi pada bab pertama ini, mahasiswa diharapkan mampu memahami pengertian sumber daya alam dan ekosistem, memahami macam bentuk konservasi sumber daya alam dan ekosistem, memahami keanekaragaman hayati dan model dalam ekosistem. Tidak hanya memahami, mahasiswa juga diharapkan mampu menghayati masing-masing materi.

1.1. Sumber Daya Alam.

Sumber Daya Alam (SDA) adalah keseluruhan faktor fisik, kimia, biologi dan sosial yang berdaya guna dan membentuk lingkungan alami terstruktur, sistematis dan berkelanjutan. Hunker, dkk (1968) mengemukakan bahwa sumber daya alam adalah semua kondisi dan fakta alam yang berasal dari bumi, biosfer, dan atmosfer, yang keberadaannya tergantung pada aktivitas manusia. Semua

bagian lingkungan alam kita (biji-bijian, pepohonan, tanah, air, udara, matahari, sungai) adalah sumber daya alam. Secara yuridis, pengertian sumber daya alam termuat dalam Pasal 1 Ayat 9 UU No. 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Sumber daya alam adalah unsur lingkungan hidup yang terdiri atas sumber daya hayati dan nonhayati yang secara keseluruhan membentuk kesatuan ekosistem. Bertitik tolak dari beberapa pengertian tersebut bahwa sumber daya alam adalah unsur-unsur yang terdiri dari sumber daya alami nabati (tumbuhan) dan sumber daya alam hewani (satwa) dengan unsur non hayati disekitarnya yang secara keseluruhan membentuk ekosistem serta memiliki peranan dalam pemenuhan kebutuhan hajat hidup umat manusia.

Pendapat beberapa pakar mengenai pembagian sumber daya alam ditinjau dari sifat umum ekosistemnya dibagi menjadi dua golongan besar yaitu sumber daya alam terestris (daratan) dan sumber daya alam akuatik (perairan), sedangkan ditinjau dari sisi pengelolaan maka sumber daya alam dibagi menjadi tiga macam yang didasarkan pada sifatnya, antara lain :

1. Sumber daya alam yang dapat dipulihkan (*Renewable Resources*), dimana aliran sumber daya tergantung kepada manajemen pengelolaannya yang mempunyai kemungkinan yaitu persediaannya dapat menurun, lestari atau meningkat. Contoh: tanah, hutan dan margasatwa.
2. Sumber daya alam yang tidak dapat dipulihkan (*Non Renewable* Atau *Deposit Resources*), dimana persediaan tetap yang terdiri dari:
 - a. Secara fisik persediaan akan habis seluruhnya.
Contoh: batu bara, minyak bumi, gas alam.
 - b. Persediaan menurun, tetapi dapat digunakan kembali (daur ulang).
Contoh: kelompok logam dan karet.
3. Sumber daya alam yang tak akan habis (*Continuous* atau *Flow Resources*), dimana tersedia secara berkelanjutan terdiri dari:

-
-
- a. Persediaannya tidak terbatas dan tidak terpengaruh oleh tindakan manusia.
Contoh: energi matahari, energi pasang surut.
 - b. Persediaannya tidak terbatas, tetapi terpengaruh oleh tindakan manusia.
Contoh: keindahan alam, bentang alam, ruang angkasa dan udara.

Sumber daya alam merupakan rahmat karunia Tuhan Yang Maha Esa yang harus dikelola secara baik dan benar agar dapat memberikan manfaat kepada umat manusia secara maksimal dan lestari. Pembangunan hakekatnya bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan umat manusia dengan mengembangkan dan memanfaatkan sumber daya alam yang ada.

Pengelolaan sumber daya alam (*Natural Resource Management*) sebagaimana dimaksud adalah untuk mempertahankan dan meningkatkan kualitas lingkungan yang tinggi, aman dan manusiawi terjamin. Sesungguhnya hanya dalam kondisi kualitas lingkungan yang tinggi, umat manusia lebih banyak memperoleh manfaat dari pada resiko lingkungan. Hal ini didasari fakta empirik bahwa karena pemanfaatan sumber daya alam melalui pembangunan senantiasa terjadi perubahan ekosistem yang pada akhirnya memberi dampak positif (manfaat) ataupun dampak negatif (resiko) terhadap umat manusia kembali. Prinsip dasar adalah semakin besar manfaat yang akan diupayakan, maka semakin besar pula resiko yang ada ataupun muncul resiko baru (Soemarwoto, 1985). Secara lebih spesifik pengertian pengelolaan sumber daya alam meliputi dua hal sebagai berikut:

1. Usaha manusia dalam mengubah ekosistem sumber daya alam agar dapat diperoleh manfaat yang maksimal (*Maximum Yield*) dan berkesinambungan (*Sustained Yield*).
2. Proses pengalokasian sumber daya alam dalam ruang dan waktu untuk memenuhi kebutuhan umat manusia dengan senantiasa mengupayakan :

-
-
- a. Pertimbangan antara populasi umat manusia dan sumber daya.
 - b. Pencegahan kerusakan sumber daya alam (dan lingkungan).

Berdasar hal tersebut, maka ruang lingkup sumber daya alam adalah inventarisasi perencanaan, pelaksanaan/pemanfaatan dan pengendalian/pengawasan. Prinsip dasarnya hanya sumber daya alam yang dapat dipulihkan/diperbaharui (*Renewable*) yang benar-benar dikelola. Sebaliknya, sumber daya alam yang tidak dapat dipulihkan (*Non-Renewable*) hanya mengalami eksploitasi tidak dapat dibina kembali.

Sumber daya alam berdasarkan sifatnya dapat digolongkan menjadi sumber daya alam yang dapat diperbaharui dan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Sumber daya alam yang dapat diperbaharui ialah kekayaan alam yang dapat terus ada selama penggunaannya tidak dieksploitasi secara berlebihan. Sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui yaitu sumber daya alam yang jumlahnya terbatas, karena penggunaannya lebih cepat dari pada proses pembentukannya dan apabila digunakan secara terus menerus akan habis. Contohnya adalah tumbuhan, hewan, mikro organisme, sinar matahari, angin, dan air.

Kebutuhan sumber daya alam setiap tahun semakin meningkat sejalan dan seiring dengan pertumbuhan penduduk serta kemajuan pembangunan. Berdasar fakta tersebut sangat mungkin sumber daya alam keberadaan dan fungsinya semakin terbatas, bahkan keberadaan dan fungsi utamanya semakin menurun. Dengan demikian, tanpa upaya pelestarian atau konservasi yang sungguh-sungguh dan bertanggungjawab, maka akan terjadi krisis sumber daya alam, kualitas menurun, persediaan langka, keanekaragaman berkurang, dan lain-lain. Pemanfaatan sumber daya alam dibagi berdasarkan sifatnya, yaitu Sumber daya alam Hayati dan Non Hayati. Pasal 12 Ayat 1 UU No. 32 Tahun 2009 menyatakan bahwa pemanfaatan sumber daya alam dilakukan berdasarkan Rencana Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (RPPLH).

Prinsip dasarnya bahwa semua sumber daya alam termasuk sumber daya alam hayati harus dimanfaatkan untuk kesejahteraan

masyarakat dan umat manusia sesuai dengan kemampuan dan fungsinya. Pemanfaatannya harus sedemikian rupa sesuai dengan UU No. 5 tahun 1990 tentang Konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistem, sehingga dapat berlangsung secara lestari untuk masa kini dan masa depan. Pemanfaatan dan pelestarian tersebut sebagaimana dimaksud harus dilaksanakan secara serasi dan seimbang sebagai perwujudan dari asas konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistem terintegrasi berkelanjutan yang berkeadilan dan bertanggungjawab.

Hakekatnya umat manusia harus belajar pada sumber daya alam yang setiap detik memberi pelajaran hidup dan tidak pernah meminta belas kasihan dari umat manusia. Sejarah hidup berbangsa, bernegara dan bermasyarakat yang sehat rohani dan jasmani sudah sepatutnya belajar dari beberapa referensi yang mendasar dari substansi sumber daya alam dalam membangun dan mengembangkan kemerdekaan dan berkemajuan untuk mencapai kesejahteraan berkeadilan bagi umat manusia.

1.2. Ekosistem.

Ekosistem adalah suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh hubungan timbal balik dan tak terpisahkan antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Ekosistem dikatakan juga suatu tatanan kesatuan secara utuh dan menyeluruh antara segenap unsur lingkungan hidup yang saling mempengaruhi dan saling membutuhkan.

Ekosistem merupakan penggabungan dari setiap unit biosistem yang melibatkan interaksi timbal balik antara organisme dan lingkungan fisik, sehingga aliran energi menuju kepada suatu struktur biotik tertentu dan akhirnya terjadi suatu siklus materi antara organisme dan anorganisme. Sedangkan, keberadaan matahari adalah sebagai sumber dari semua energi yang ada di alam semesta ini.

Substansi dalam ekosistem, pada dasarnya organisme dalam komunitas berkembang bersama-sama dengan lingkungan fisik sebagai suatu sistem. Organisme akan beradaptasi dengan

lingkungan fisik, sebaliknya organisme juga mempengaruhi lingkungan fisik untuk keperluan hidup dan berkembang.

Secara yuridis, pengertian ekosistem terdapat dalam Pasal 1 Ayat 5 UU No. 32 tahun 2009, yaitu Ekosistem adalah tatanan energi lingkungan hidup yang merupakan kesatuan utuh-menyeluruh dan saling mempengaruhi dalam membentuk keseimbangan, stabilitas, dan produktivitas lingkungan hidup. Dari pengertian tersebut, jelaslah bahwa syarat terbentuknya ekosistem ialah adanya keteraturan hubungan dan ketergantungan antar sub-ekosistem.

Keteraturan dan prinsip saling ketergantungan dalam ekosistem inilah yang membentuk keseimbangan, stabilitas, dan produktivitas lingkungan hidup. Soerjani (.....) mengatakan bahwa ekosistem dicirikan dengan berfungsinya pertukaran materi dan transformasi energi yang sepenuhnya berlangsung di antara berbagai komponen dalam energi itu sendiri atau dengan energi diluarnya.

Menurut Soemarwoto (1985), ekosistem adalah suatu energi ekologi yang terbentuk oleh hubungan energi balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Ekosistem terbentuk oleh komponen hidup dan tidak hidup di suatu tempat yang berinteraksi membentuk suatu kesatuan yang terstruktur dan teratur secara alami.

Keteraturan dan prinsip saling ketergantungan dalam ekosistem terjadi karena adanya arus materi dan energi yang terkendalikan oleh arus informasi dalam ekosistem tersebut. Masing-masing komponen tersebut mempunyai fungsi atau relung. Selama masing-masing komponen itu melakukan fungsinya dan bekerja sama dengan baik, keteraturan ekosistem itu terjaga dan terbentuk dengan serasi dan seimbang.

Keteraturan ekosistem menunjukkan bahwa ekosistem tersebut ada dalam keseimbangan tertentu. Keseimbangan itu tidaklah bersifat statis, melainkan dinamis. Cara pendekatan sebagaimana dijelaskan sebelumnya oleh Soemarwoto (1985) disebut pendekatan ekosistem atau pendekatan energi, yang berlawanan dengan pendekatan analitik yang parsial. Hubungan

fungsional antara komponen yang mengikat mereka dalam kesatuan yang teratur merupakan perhatian utama dari pendekatan ekosistem.

Suatu ekosistem dapat dibagi dalam beberapa sub-ekosistem. Antara masing-masing sub-ekosistem itu pun terjadi interaksi dan terdapat arus materi, energi, dan informasi. Secara umum ekosistem dapat dibedakan dalam dua bentuk. Yang pertama ialah ekosistem alamiah (*Natural Ecosystem*), seperti ekosistem hutan, ekosistem sungai, dan ekosistem lautan. Kedua adalah ekosistem buatan (*Artificial Ecosystem*), seperti ekosistem waduk atau danau buatan.

Fakta empirik membuktikan bahwa di dalam ekosistem alamiah akan terdapat heterogenitas yang tinggi dari organisme hidup disana sehingga mampu mempertahankan proses kehidupan didalamnya dengan sendirinya. Sedangkan, ekosistem buatan akan mempunyai ciri kurang heterogenitasnya sehingga bersifat labil dan untuk membuat ekosistem tersebut tetap stabil, perlu diberikan bantuan energi dari luar yang juga harus diusahakan oleh manusianya, agar berbentuk suatu usaha maintenance atau perawatan terhadap ekosistem yang dibuat itu.

Manusia adalah sebagian dari ekosistem, manusia adalah pengelola aktif dan dominan dari sistem tersebut. Manusia telah memasukkan alam dalam kehidupan budayanya. Kehidupan manusia memuat dalam dirinya sebagian alam dan ketergantungan kepada lingkungan material. Manusia mempengaruhi alam, alam mempengaruhi manusia, berarti manusia dalam hubungannya dengan alam, manusia harus memperhitungkan nilai-nilai lain, disamping nilai nilai teknis dan ekonomis. Nilai lain diantaranya adalah manusia harus peduli dan bertanggung jawab terhadap pelestarian lingkungan berkelanjutan dan bertindak termasuk dalam budidaya tanaman pertanian dan perkebunan. Perilaku demikian harus menjadi karakter dan budaya setiap umat manusia dalam membangun dan memanfaatkan sumber daya alam secara berkeadilan dengan tetap meningkatkan produktivitas dan kualitas produk pertanian dan perkebunan dalam arti luas. Jadi hakekatnya, manusialah penentu kualitas sumber daya alam berkelanjutan.

1.3. Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistem.

Sumber daya alam hayati dan ekosistem merupakan bagian terpenting dari sumber daya alam yang terdiri dari alam hewani, alam nabati, ataupun berupa fenomena alam, baik secara masing-masing maupun bersama-sama mempunyai fungsi dan manfaat sebagai unsur pembentuk lingkungan hidup, yang kehadirannya tidak dapat diganti. Sumber daya alam hayati dan ekosistemnya mempunyai kedudukan dan peranan penting bagi kehidupan dan pembangunan nasional.

Sumber daya alam Hayati dan ekosistemnya harus dikelola dan dimanfaatkan secara lestari bagi kesejahteraan masyarakat Indonesia dan manusia pada umumnya untuk sekarang dan di masa yang akan datang. Unsur-unsur sumber daya alam dan ekosistemnya saling bergantung antara satu dengan yang lainnya, dan pemanfaatannya akan saling mempengaruhi sehingga kerusakan dan kepunahan salah satu dari padanya akan berakibat terganggunya ekosistem. Kondisi tersebut yang mendasari diperlukan adanya pengaturan pemanfaatannya dan perlindungan ekosistemnya.

Pembangunan sumberdaya alam hayati dan ekosistemnya pada hakikatnya adalah bagian integral dari pembangunan nasional yang berkelanjutan sebagai pengamalan Pancasila. Untuk menjaga pemanfaatan sumber daya alam hayati dapat berlangsung dengan cara sebaik-baiknya, maka diperlukan langkah-langkah konservasi sehingga sumber daya alam hayati dan ekosistemnya selalu terpelihara dan mampu mewujudkan keseimbangan serta melekat dengan pembangunan nasional itu sendiri.

Dasar hukum perlindungan dan pengelolaan sumber daya alami hayati dapat ditemukan dan diperoleh dalam berbagai peraturan perundang-undangan, termasuk hukum tidak tertulis berupa hukum adat dan kebiasaan setempat yang masih berlaku dan dipatuhi oleh masyarakat. Ketentuan perundang-undangan yang mengatur aspek-aspek tertentu dari pemanfaatan dan perlindungan sumber daya alami hayati, terutama di tingkat pelaksanaan, masih tersebar diberbagai sektor sehingga mekanisme institusi ditingkat

pelaksanaan kurang membantu efektivitas pengaturan dalam pelaksanaannya.

Undang-Undang Dasar (UUD) 1945 memberikan dasar hukum yang kuat bagi pengelolaan sumber daya alam hayati seperti disebutkan dalam pembukaan, khususnya pada Pasal 33 Ayat 3 UUD 1945 menyatakan dengan tegas bahwa kekayaan alam Indonesia termasuk sumber daya alam hayati yang ada didalamnya dikuasai oleh negara dan digunakan sebesar-besarnya untuk kemakmuran rakyatnya. Atas dasar ketentuan ini, kemudian ditetapkan peraturan perundangan yang mengatur pelaksanaan ketentuan dasar tersebut. Salah satu bentuk dari perwujudan kesejahteraan masyarakat ialah melalui kegiatan untuk melaksanakan program pembangunan nasional.

Konsep konservasi ini masuk ke negara Indonesia melalui sistem perundang-undangan Belanda pada zaman penjajahan antara lain *Wildlife and Nature Conservation*, termasuk *Wild Animal Protection Ordinance of 1941*. Pengaruh sistem hukum Belanda (*Civil Law System*) didalam praktik, pada aparat pemerintah (*Bureaucracy*), pada penegak hukum sangat mendasar.

Keanekaragaman sumber daya alam hayati dalam arti jenis, jumlah, dan keunikannya mempertinggi sistem pendukung kehidupan. Negara Republik Indonesia adalah negara berdasar atas hukum, maka pengelolaan konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistemnya perlu diberi dasar hukum yang jelas, tegas, dan menyeluruh guna menjamin kepastian hukum bagi usaha pengelolaan tersebut.

Pasal 2 UU No. 5 tahun 1990 menjelaskan bahwa konservasi diartikan sebagai upaya pengelolaan sumber daya alam secara bijaksana dengan berpedoman pada asas pelestarian. Konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistemnya harus berdasarkan pelestarian kemampuan dan pemanfaatan sumber daya alam hayati dalam ekosistemnya secara serasi dan seimbang sesuai dengan pengaturan hukumnya.

Konservasi sumber daya alam adalah pengelolaan sumber daya alam (hayati) dengan pemanfaatannya secara bijaksana dan

menjamin kesinambungan persediaan dengan tetap memelihara dan meningkatkan kualitas nilai dan keragamannya. Pengertian ini juga disebutkan dalam Pasal 1 Undang-Undang (UU) No. 5 tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistemnya.

Peraturan perundang-undangan yang berkaitan dengan konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistemnya seperti UU No. 5 tahun 1967 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Kehutanan, UU No. 4 tahun 1982 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup, UU No. 1 tahun 1988 tentang ketentuan Pokok Pertahanan Negara Republik Indonesia, dan UU No. 9 tahun 1985 tentang Perikanan belum mengatur secara lengkap dan belum sepenuhnya dapat dipakai sebagai dasar hukum untuk pengaturan lebih lanjut.

Undang-undang konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistemnya yang bersifat nasional dan menyeluruh sangat diperlukan sebagai dasar hukum untuk mengatur perlindungan sistem penyangga kehidupan, pengawetan keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa beserta ekosistemnya dan pemanfaatan secara lestari sumber daya alam hayati dan ekosistemnya agar dapat menjamin pemanfaatannya bagi kesejahteraan masyarakat dan peningkatan mutu kehidupan manusia.

Mengacu substansi Pasal 12 UU No. 4 tahun 1982 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup maka ditetapkan UU No. 5 tahun 1990 tentang Konservasi sumber daya alam Hayati dan Ekosistemnya. Ketentuan hukum dalam undang-undang ini menyempurnakan ketentuan dalam perundang-undangan sebelumnya. Berlakunya ketentuan yang baru ini, semua peraturan perundang-undangan yang berlaku sebelumnya harus ditafsirkan sesuai dengan undang-undang ini.

Pemeliharaan lingkungan hidup berdasarkan Pasal 57 Ayat 1 UU No. 32 tahun 2009 dilakukan melalui upaya:

1. Konservasi sumber daya alam;
2. Pencadangan sumber daya alam dan/atau;
3. Pelestarian fungsi atmosfer.

Konservasi merupakan pengaturan pemanfaatan biosfer oleh manusia sehingga diperoleh hasil yang berkelanjutan bagi generasi sekarang dengan menjaga potensi untuk kebutuhan generasi mendatang. Pengertian konservasi adalah suatu upaya atau tindakan untuk menjaga keberadaan sesuatu secara terus menerus berkesinambungan baik mutu maupun jumlah. Menurut Pasal 1 Ayat 1 UU No. 5 tahun 1990, Konservasi sumber daya alam adalah penghematan penggunaan sumber daya alam dan memperlakukannya berdasarkan hukum alam. Pengertian ekosistem sumber daya alam hayati adalah hubungan timbal balik antara unsur dalam alam, baik hayati maupun non hayati yang saling tergantung dan berpengaruh mempengaruhi.

Bentuk konservasi secara umum dapat dibedakan atas 2 (dua) golongan, yaitu :

1. Konservasi *In situ*.

Konservasi *In situ* adalah kegiatan konservasi flora/fauna yang dilakukan di dalam habitat aslinya. Konservasi *In Situ* mencakup kawasan pelestarian alam (Taman Nasional, Taman Hutan Raya, dan Taman Wisata Alam).

Metode konservasi *In Situ* memiliki 3 ciri, yaitu :

- a. Fase pertumbuhan dari spesies target dijaga di dalam ekosistem di mana mereka terdapat secara alami.
- b. Tata guna lahan dari tapak terbatas pada kegiatan yang tidak memberikan dampak merugikan pada tujuan konservasi habitat.
- c. Regenerasi target spesies terjadi tanpa manipulasi manusia atau intervensi terbatas pada langkah jangka pendek untuk menghindarkan faktor-faktor yang merugikan sebagai akibat dari tata guna lahan dari lahan yang berdekatan atau dari fragmentasi hutan.

2. Konservasi *Ek Situ*.

Konservasi *Ek Situ* yaitu kegiatan konservasi flora/fauna yang dilakukan di luar habitat aslinya. Konservasi *ek situ* dilakukan oleh lembaga konservasi, seperti kebun raya, kebun binatang,

taman safari, arboretum, dan tempat penyimpanan benih dan sperma swasta. Konservasi *Ek Situ* memiliki manfaat untuk melindungi biodiversitas, tetapi jauh dari cukup untuk menyelamatkan spesies dari kepunahan. Kegiatan yang umum dilakukan Konservasi *Ek Situ*, antara lain penangkaran, penyimpanan, atau pengklonan.

Tujuan Konservasi itu sendiri seperti tertuang dalam UU No. 5 Tahun 1990 adalah mengusahakan terwujudnya kelestarian sumber daya alam hayati serta keseimbangan ekosistemnya sehingga dapat lebih mendukung upaya peningkatan kesejahteraan masyarakat dan mutu kehidupan manusia. Konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistemnya merupakan tanggung jawab dan kegiatan Pemerintah serta masyarakat. Kegunaan konservasi sumber daya alam diwujudkan dengan:

1. Terjaganya kondisi alam beserta lingkungannya, yang berarti upaya konservasi dilakukan dengan memelihara agar kawasan konservasi tidak rusak.
2. Terhindarnya dari bencana yang diakibatkan oleh adanya perubahan alam, yang berarti gangguan-gangguan yang dialami oleh flora/fauna dan ekosistemnya pada khususnya serta sumber daya alam pada umumnya yang menyebabkan perubahan berupa kerusakan maupun penurunan jumlah dan mutu sumber daya alam tersebut.
3. Terhindarnya makhluk hidup yang langka maupun yang tidak dari kepunahan, yang berarti gangguan-gangguan penyebab turunnya jumlah dan mutu makhluk hidup bila terus dibiarkan tanpa adanya upaya pengendalian akan berakibat makhluk hidup tersebut menuju kepunahan bahkan punah sama sekali. Dengan demikian upaya konservasi merupakan upaya pengawetan dan pelestarian plasma nutfah, yaitu flora dan fauna.
4. Mampu mewujudkan keseimbangan lingkungan baik mikro maupun makro, yang berarti dalam ekosistem terdapat hubungan yang erat antar makhluk hidup maupun antara makhluk hidup dengan lingkungannya.

-
-
5. Mampu memberikan kontribusi terhadap ilmu pengetahuan, yang berarti upaya konservasi sebagai sarana pengawetan dan pelestarian flora dan fauna merupakan penunjang budidaya, sarana untuk mempelajari sifat, potensi maupun penggunaan flora dan fauna.
 6. Mampu memberi kontribusi terhadap kepariwisataan yang berarti kawasan-kawasan konservasi dengan ciri-ciri dan objeknya yang karakteristik merupakan kawasan yang menarik sebagai sarana rekreasi atau wisata alam.

Konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistemnya dilakukan melalui kegiatan:

1. Perlindungan sistem penyangga kehidupan.

Kehidupan adalah merupakan suatu sistem yang terdiri dari proses yang berkait satu dengan lainnya dan saling mempengaruhi, yang apabila terputus akan mempengaruhi kehidupan. Agar manusia tidak dihadapkan pada perubahan yang tidak diduga yang akan mempengaruhi kemampuan pemanfaatan sumber daya alam hayati, maka proses ekologis yang mengandung kehidupan itu perlu dijaga dan dilindungi.

Sistem penyangga kehidupan merupakan suatu proses alami dari berbagai unsur hayati dan non hayati yang menjamin kelangsungan hidup makhluk. Perlindungan sistem penyangga kehidupan ditujukan bagi terpeliharanya proses ekologis yang menunjang kelangsungan kehidupan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan mutu kehidupan manusia. Perlindungan sistem penyangga kehidupan ini meliputi usaha, dan tindakan yang berkaitan dengan perlindungan mata air, tebing, tepian, sungai, danau, jurang, dan goa-goa alam, pengelolaan daerah aliran sungai (DAS), perlindungan terhadap gejala keunikan dan keindahan alam, hutan mangrove dan terumbu karang. Untuk mewujudkan tujuan dalam perlindungan sistem penyangga kehidupan tersebut, pemerintah menetapkan:

-
-
- a. Wilayah tertentu sebagai wilayah perlindungan sistem penyangga kehidupan,
 - b. Pola dasar pembinaan wilayah perlindungan sistem penyangga kehidupan, dan
 - c. Pengaturan cara pemanfaatan wilayah perlindungan sistem penyangga kehidupan.

Wilayah sistem penyangga kehidupan yang mengalami kerusakan secara alami dan/atau oleh karena pemanfaatannya serta oleh sebab-sebab lainnya diikuti dengan upaya rehabilitasi secara berencana dan berkesinambungan.

2. Pengawetan keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa beserta ekosistemnya.

Sumber daya alam hayati dan ekosistemnya terdiri dari unsur-unsur hayati dan non-hayati yang sangat berkaitan dan saling pengaruh mempengaruhi. Semua unsur ini sangat berkait dan pengaruh mempengaruhi. Punahnya salah satu unsur tidak dapat diganti dengan unsur yang lainnya. Pengawetan jenis tumbuhan dan satwa dapat dilaksanakan di dalam kawasan (konservasi *In-Situ*) ataupun di luar kawasan (konservasi *Ex-Situ*). Agar masing-masing unsur dapat berfungsi dan siap sewaktu-waktu dimanfaatkan untuk kesejahteraan manusia, maka perlu diadakan kegiatan konservasi dengan melakukan pengawetan keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa beserta ekosistemnya. Tumbuhan dan satwa digolongkan dalam jenis:

- a. Tumbuhan dan satwa yang dilindungi.
- b. Tumbuhan dan satwa yang tidak dilindungi.

Jenis tumbuhan dan satwa yang dilindungi sebagaimana dimaksud diatas digolongkan menjadi:

- a. Tumbuhan dan satwa dalam bahaya kepunahan.
- b. Tumbuhan dan satwa yang populasinya jarang.

Pengawetan jenis tumbuhan dan satwa yang dilindungi hanya dapat dilakukan dalam bentuk pemeliharaan atau pengembangbiakan oleh lembaga-lembaga yang dibentuk untuk itu. Pengawetan keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa beserta ekosistemnya dilaksanakan melalui kegiatan:

a. Pengawetan keanekaragaman tumbuhan dan satwa beserta ekosistemnya

b. Pengawetan jenis tumbuhan dan satwa.

Pengawetan keanekaragaman tumbuhan dan satwa beserta ekosistemnya dilaksanakan dengan menjaga keutuhan kawasan suaka alam agar tetap dalam keadaan asli. Pengawetan jenis tumbuhan dan satwa bertujuan untuk:

a. Menghindarkan jenis tumbuhan dan satwa dari bahaya kepunahan.

b. Menjaga kemurnian genetik dan keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa.

c. Memelihara keseimbangan dan kemandirian ekosistem yang ada, agar dapat dimanfaatkan bagi kesejahteraan manusia secara berkelanjutan.

Pengawetan jenis tumbuhan dan lingkungan dapat dilaksanakan seperti termuat dalam UU No.5 Tahun 1990, yaitu:

a. Pengawetan jenis tumbuhan dan satwa dilaksanakan di dalam dan di luar kawasan suaka alam

b. Pengawetan jenis tumbuhan dan satwa di dalam kawasan suaka alam dilakukan dengan membiarkan agar populasi semua jenis tumbuhan dan satwa tetap seimbang menurut proses alami di habitatnya,

c. Pengawetan jenis tumbuhan dan satwa di luar kawasan suaka alam dilakukan dengan menjaga dan mengembangbiakkan jenis tumbuhan dan satwa untuk menghindari bahaya kepunahan.

3. Pemanfaatan secara lestari sumber daya alam hayati dan ekosistemnya.

Pemanfaatan secara lestari sumber daya alam hayati pada hakikatnya merupakan pembatasan atau pengendalian dalam pemanfaatan sumber daya atau hayati secara terus menerus dengan tetap menjaga keseimbangan ekosistemnya sehingga pemanfaatan tersebut dapat dilaksanakan secara terus menerus pada masa mendatang. Pemanfaatan sumber daya alam hayati dan ekosistemnya dapat dilaksanakan dalam bentuk:

- a. Pengkajian, penelitian, dan pengembangan,
- b. Penangkaran,
- c. Perburuan,
- d. Perdagangan,
- e. Peragaan,
- f. Pertukaran,
- g. Budidaya tumbuhan obat-obatan,
- h. Pemeliharaan untuk kesenangan, yang aturan lebih lanjut diatur dalam Peraturan Pemerintah.

Pemanfaatan secara lestari sumber daya alam hayati dan ekosistemnya dilakukan melalui kegiatan:

- a. Pemanfaatan kondisi lingkungan kawasan pelestarian alam
- b. Pemanfaatan jenis tumbuhan dan satwa liar.

Pemanfaatan kondisi lingkungan kawasan pelestarian alam dilakukan dengan tetap menjaga kelestarian fungsi kawasan. Pemanfaatan jenis tumbuhan dan satwa liar dilakukan dengan memperhatikan kelangsungan potensi, daya dukung, dan keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa liar.

Lembaga Konservasi adalah lembaga yang bergerak dibidang konservasi tumbuhan dan satwa di luar habitatnya (*Ex-situ*), baik berupa lembaga pemerintah maupun lembaga non pemerintah. Peran serta rakyat dalam konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistemnya diarahkan dan digerakan oleh Pemerintah melalui berbagai kegiatan yang berdaya guna dan berhasil guna. Pemerintah

menumbuhkan dan meningkatkan sadar konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistemnya di kalangan rakyat melalui pendidikan dan penyuluhan sesuai dengan Pasal 32 Ayat 2-3 UU RI No. 5 tahun 1990.

Pelaksanaan konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistemnya, pemerintah dapat menyerahkan sebagian urusan di bidang tersebut kepada pemerintah daerah sebagaimana di maksud dalam UU No. 5 Tahun 1974 tentang Pokok-Pokok Pemerintahan di Daerah. Berhasilnya konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistemnya berkaitan erat dengan tercapainya tiga sasaran konservasi yaitu:

1. Menjamin terpeliharanya proses ekologis yang menunjang sistem penyangga kehidupan bagi kelangsungan pembangunan dan kesejahteraan manusia (perlindungan sistem penyangga kehidupan).
2. Menjamin terpeliharanya keanekaragaman sumber genetik dan tipe-tipe ekosistemnya sehingga mampu menunjang pembangunan, ilmu pengetahuan, dan teknologi yang memungkinkan pemenuhan kebutuhan manusia yang menggunakan sumber daya alam hayati bagi kesejahteraan.
3. Mengendalikan cara-cara pemanfaatan sumber daya alam hayati sehingga terjamin kelestariannya. Akibat sampingan penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi yang kurang bijaksana, belum harmonisnya penggunaan dan peruntukan tanah serta belum berhasilnya sasaran konservasi secara optimal, baik di darat maupun di perairan dapat mengakibatkan timbulnya gejala erosi, polusi dan penurunan potensi sumber daya alam hayati (pemanfaatan secara lestari). Disinilah, diperlukan kearifan manusia dalam berkehidupan bermartabat demi terwujudnya keseimbangan alam semesta berkelanjutan.

1.4. Keanekaragaman Hayati.

Keanekaragaman hayati atau biodiversitas adalah keanekaragaman organisme yang menunjukkan keseluruhan atau totalitas variasi gen, jenis, dan ekosistem pada suatu daerah, yang

merupakan dasar kehidupan di bumi. Keanekaragaman hayati dibedakan menjadi tiga tingkatan, yaitu:

1. Keanekaragaman gen (*Genetic Diversity*) merujuk kepada berbagai macam informasi genetik yang terkandung di dalam individu tumbuhan, hewan, dan mikro organisme yang mendiami bumi.
2. Keanekaragaman jenis (*Species Diversity*) merujuk kepada keanekaragaman organisme hidup di bumi.
3. Keanekaragaman ekosistem (*Ecosystem Diversity*) berkaitan dengan keanekaragaman habitat, komunitas biotik, dan proses ekologi di biosfer.

Pemanfaatan komponen keanekaragaman hayati ini sangat beragam, tidak hanya terbatas sebagai bahan pangan atau untuk memenuhi kebutuhan dasar manusia lainnya, tetapi lebih luar lagi mencakup semua aspek lainnya. Pasal 26 UU No. 5 Tahun 1990 menyebutkan bahwa pemanfaatan sumber daya alam hayati dan ekosistemnya dilakukan melalui kegiatan pemanfaatan kondisi lingkungan kawasan pelestarian alam dan pemanfaatan jenis tumbuhan serta satwa liar. Keanekaragaman budaya manusia dan sistem pengetahuan juga dianggap sebagai bagian dari keanekaragaman hayati.

Peraturan Menteri Negara (Permen) Lingkungan Hidup No. 29 Tahun 2009 tentang Pedoman Konservasi Keanekaragaman Hayati di daerah menyebutkan bahwa keanekaragaman hayati merupakan aset bagi pembangunan nasional dan daerah sehingga diperlukan pengelolaan secara terpadu, baik antar sektor maupun antar tingkat pemerintahan.

Indonesia merupakan negara kedelapan yang menandatangani *United Nations Convention On Biological Diversity* mengenai konvensi Perserikatan Bangsa- Bangsa (PBB) tentang keanekaragaman hayati di Rio De Janeiro, Brazil, pada tanggal 5 Juni 1992.

Penjelasan dalam UU No. 5 Tahun 1994 tentang Konvensi Keanekaragaman hayati, disebutkan bahwa manfaat meratifikasi Konvensi PBB ini adalah:

1. Penilaian dan pengakuan dunia internasional bahwa Indonesia peduli terhadap masalah lingkungan hidup dunia yang menyangkut bidang keanekaragaman hayati dan ikut bertanggung jawab menyelamatkan kelangsungan hidup manusia pada umumnya dan bangsa Indonesia pada khususnya.
2. Penguasaan dan pengendalian dalam mengatur akses terhadap alih teknologi, berdasarkan asas perlakuan dan pembagian keuangan yang adil dan tidak bertentangan dengan peraturan perundang-undangan nasional.
3. Peningkatan kemampuan pemanfaatan dan pengembangan teknologi yang diperlukan untuk memanfaatkan secara lestari dan meningkatkan nilai tambah keanekaragaman hayati Indonesia dengan mengembangkan sumber daya genetik.
4. Peningkatan pengetahuan yang berkenaan dengan keanekaragaman hayati Indonesia, sehingga dalam pemanfaatannya Indonesia benar-benar menerapkan asas ilmu pengetahuan dan teknologi.
5. Jaminan bahwa pemerintah Indonesia dapat menggalang kerja sama di bidang teknik ilmiah, baik antar sektor pemerintah maupun swasta, di dalam dan di luar negeri, memadukan sejauh mungkin pelestarian dan pemanfaatan keanekaragaman hayati kedalam rencana, program, dan kebijakan, baik secara sektoral maupun lintas sektoral.
6. Pengembangan dan penanganan bioteknologi sehingga Indonesia tidak dijadikan ajang uji coba pelepasan organisme yang telah direkayasa secara bioteknologi oleh negara lain.
7. Pengembangan sumber dana untuk penelitian dan pengembangan keanekaragaman hayati Indonesia.
8. Pengembangan kerja sama internasional untuk peningkatan kemampuan dalam konservasi dan pemanfaatan keanekaragaman hayati meliputi :

-
-
- a. Penempatan dan pemanfaatan keanekaragaman hayati, baik secara *In-Situ* dan *Ex-Situ*.
 - b. Pengembangan pola insentif baik secara sosial budaya maupun ekonomi untuk upaya perlindungan dan pemanfaatan secara lestari.
 - c. Pertukaran informasi, dan Pengembangan pendidikan, pelatihan, penyuluhan, dan peningkatan peran serta masyarakat.

Undang-Undang No. 5 Tahun 1990 merupakan *Lex Specialis* dari undang-undang kehutanan, karena undang-undang konservasi ini mengatur sebagian mengenai hutan dan kawasan hutan yang telah diatur secara umum dalam Undang-Undang kehutanan. Ditegaskan pula dalam Undang-Undang ini bahwa akses atas pemanfaatan sumber daya alam hayati diberikan dengan keharusan tetap menjaga keseimbangan populasinya.

Menurut penjelasan Pasal 2 huruf i Undang-Undang No. 32 Tahun 2009, yang dimaksud dengan asas keanekaragaman hayati bahwa lingkungan hidup harus memperhatikan upaya terpadu untuk mempertahankan keberadaan, keanekaragaman, dan keberlanjutan SDA hayati yang terdiri atas SDA nabati dan SDA hewani yang bersama dengan unsur non hayati disekitarnya secara keseluruhan membentuk ekosistem.

Prinsip tersebut sangat penting karena keanekaragaman hayati dewasa ini telah mengalami pengurangan dan kehilangan yang nyata, sehingga dikhawatirkan akan mengganggu keseimbangan sistem kehidupan di bumi dan pada gilirannya akan mengganggu berlangsungnya kehidupan manusia. Upaya konservasi SDA hayati dan ekosistemnya sudah lama menjadi perhatian dunia, baik oleh lembaga-lembaga lingkungan internasional maupun negara-negara yang tergabung dalam PBB.

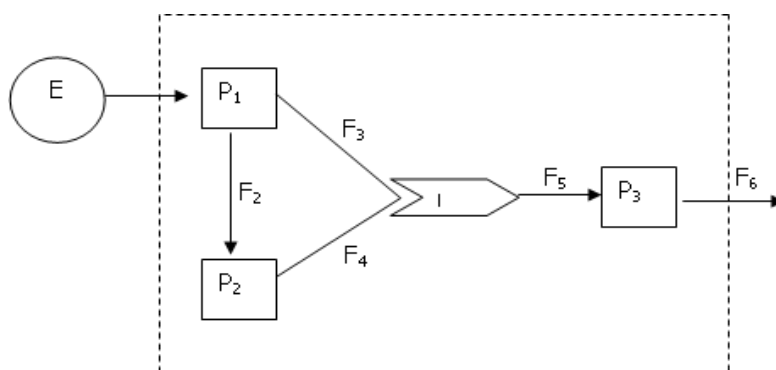
Keanekaragaman hayati yang dimaksud meliputi semua sumber, baik daratan, lautan dan ekosistem akuatik lain serta kompleksitas ekologi yang merupakan bagian dari

keanekaragamannya. Hal ini mencakup keanekaragaman di dalam spesies, antara spesies dan ekosistem.

1.5. Model dalam Ekosistem.

Model merupakan suatu rumusan yang menirukan kejadian alam sebenarnya, sehingga dengan model dapat dibuat peramalan-peramalan. Didalam bentuk yang paling sederhana model dapat dibentuk lisan atau grafik. Pada akhirnya model tersebut harus dapat diuji secara statistik dan matematik sehingga peramalan kuantitatif dapat dipertanggung jawabkan dengan baik.

Model dapat didefinisikan sebagai pernyataan sederhana dari kenyataan-kenyataan yang dijumpai di alam, sehingga keadaan yang kompleks dapat dipelajari, dibandingkan dan dimungkinkan untuk membuat dugaan-dugaan (Odum,1983). Lebih jelas disajikan dalam Gambar 1.



Keterangan :

E	=	sumber energi
P	=	keadaan
F	=	arus energi
I	=	interaksi

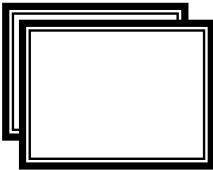
Gambar 1. Model Kerja Ekosistem.

Bentuk formalnya dalam model kerja dari sebuah kondisi ekologi berdasar Gambar 1 mempunyai 4 komponen yaitu :

1. Sumber kekuatan = E (*Forces*) merupakan sumber energi yang mengendalikan sistem.
2. Sifat/keadaan = P (*Properties*) adalah faktor yang menyusun ekosistem.
3. Jalan arus = F (*Flow Pathways*) merupakan arus energi/ perubahan materi yang mengkaitkan hubungan keadaan yang satu dengan keadaan yang lain.
4. Interaksi = I merupakan kekuatan dan keadaan dalam mengadakan interaksi untuk merubah, memperkuat dan mengatur arus.

Model dalam ekosistem padang rumput I menunjukkan interaksi dalam beberapa macam bentuk diantaranya :

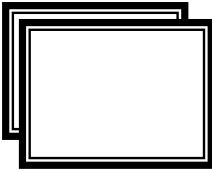
1. Interaksi yang tidak menyebabkan perubahan yaitu jika dalam kenyataan alamiah omnivora P3 makan baik P1 (tumbuhan) maupun P2 (hewan) dimana tergantung adanya di alam.
2. Interaksi dalam imbangan yang tetap, jika makanan. P3 terdiri atas 80% P1 (tumbuhan) dan 20% P2 (hewan) dan tidak terpengaruh oleh persediaan P1 dan P2 di alam.
3. Interaksi yang berubah secara musiman, jika P3 makan P1 (tumbuhan) selama sebagian waktu dalam satu tahun dan P2 (hewan) selama musim yang lain.
4. Interaksi yang berubah sesuai dengan ambang, yaitu P3 memerlukan makanan dari P2 (hewan) dan akan berubah ke P1 (tumbuhan) bila persediaan P2 turun sampai ambang batas terendah.



RANGKUMAN

1. Sumber daya alam adalah unsur-unsur yang terdiri dari sumber daya alami nabati (tumbuhan) dan sumber daya alam hewani (satwa) dengan unsur non hayati disekitarnya yang secara keseluruhan membentuk ekosistem serta memiliki peranan dalam pemenuhan kebutuhan hajat hidup umat manusia.
2. Kebutuhan sumber daya alam setiap tahun semakin meningkat sejalan dan seirama dengan penambahan penduduk serta kemajuan pembangunan sehingga memerlukan pengelolaan sumber daya alam (*Natural Resource Management*) mempunyai tujuan untuk mempertahankan dan meningkatkan kualitas lingkungan melalui pembangunan untuk memberi dampak positif (manfaat) yang tinggi dan menekan dampak negatif (resiko) terhadap umat manusia kembali.
3. Ekosistem merupakan penggabungan dari setiap unit biosistem yang melibatkan interaksi timbal balik dan tak terpisahkan antara makhluk hidup dengan lingkungannya membentuk suatu kesatuan yang terstruktur dan teratur secara alami.
4. Keteraturan dan prinsip saling ketergantungan dalam ekosistem terjadi karena adanya arus materi dan energi yang terkendalikan oleh arus informasi dalam ekosistem tersebut dalam keseimbangan tertentu.

-
-
5. Manusia adalah sebagian dari ekosistem, manusia adalah pengelola aktif dan dominan dari sistem tersebut. Manusia mempengaruhi alam, alam mempengaruhi manusia, berarti manusia dalam hubungannya dengan alam, ia harus memperhitungkan nilai-nilai lain, disamping nilai-nilai teknis dan ekonomis yang akan menjadi penentu kualitas sumber daya alam berkelanjutan.



TUGAS

1. Jelaskan dan uraikan definisi sumber daya alam, ekosistem dan keanekaragaman hayati konservasi berdasarkan pendapatmu!
2. Jelaskan dan uraikan pengelolaan sumber daya alam berdasarkan sifatnya dan dampak positif dan negatif dari upaya pengelolaan yang terjadi !
3. Jelaskan dan uraikan tujuan konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistem!

**BAB
II****AGROEKOSISTEM**

2.1. Konsep Agroekosistem.

Agroekosistem adalah komunitas tanaman dan hewan yang berhubungan dengan lingkungannya (baik fisik maupun kimia) yang telah diubah oleh manusia untuk menghasilkan pangan, pakan, serat, kayu bakar, dan produk-produk lainnya. Pengertian lain tentang agroekosistem adalah bahwa agroekosistem merupakan salah satu bentuk ekosistem binaan manusia yang bertujuan menghasikan produksi pertanian guna memenuhi kebutuhan manusia.

Konsep agroekosistem adalah sistem ekologi yang terdapat didalam lingkungan pertanian, yang biasanya merupakan sistem alami yang terjadi setelah dibentuk oleh manusia. Dalam arti lain agroekosistem adalah suatu kawasan tempat membudidayakan makhluk hidup tertentu meliputi apa saja yang hidup di dalamnya serta material lain yang saling berinteraksi. Agar lebih mudah difahami, dapat diartikan lahan pertanian dalam arti luas, termasuk kedalamnya hutan produksi dengan komoditas tanaman industri (HTI), kawasan peternakan dengan lading penggembalaan serta tambak-tambak ikan.

Fakta empirik dan faktual membuktikan bahwa di dalam suatu ekosistem tentunya terdapat berbagai komponen, dari yang abiotik sampai dengan yang biotik. Di dalam agroekosistem juga demikian, dan antara komponen-komponen tersebut menjalin interaksi satu sama lain yang apabila interaksi tersebut normal, akan terjadi sebuah keseimbangan ekosistem dan sebaliknya, apabila tidak normal, atau ada salah satu di antara komponen tersebut yang

jumlahnya melampaui batas, misalnya meledaknya hama maka interaksinya akan terganggu dan tidak akan seimbang.

2.2. Komponen Agroekosistem.

Komponen agroekosistem yang berada di lingkungan pertanian, terbagi menjadi:

1. Komponen Abiotik.

a. Air.

Tak kurang dari 50 % penyusun tubuh organisme terdiri akan air. Oleh sebab itu, air merupakan salah satu komponen abiotik yang sangat menentukan kelangsungan hidup organisme. Jika kita perhatikan berbagai daerah di sekitar kita, maka ada daerah yang kaya akan air, tetapi ada pula yang kering. Perbedaan keadaan tersebut menyebabkan cara adaptasi berbeda-beda. Di dalam agroekosistem, perbedaan keadaan lahan yang berair dengan lahan kering memiliki penanganan yang berbeda dan tentunya berbeda dalam segi varietas tanaman yang ditanam.

b. Tanah.

Tanah merupakan tempat hidup seluruh kehidupan. Sebagian besar penyusun makhluk hidup baik langsung maupun tidak langsung berasal dari tanah. Oleh sebab itu, tak mungkin ada kehidupan tanpa adanya tanah. Karena sebagian besar kebutuhan makhluk hidup berasal dari tanah, maka perkembangan suatu ekosistem, khususnya ekosistem darat seperti pertanian dan sebagainya sangat dipengaruhi oleh kesuburan tanahnya. Tanah yang subur adalah tanah yang mampu menyediakan kebutuhan organisme, yaitu banyak kandungan unsur hara makro dan mikro-nya, cukup remah, dan mengandung biomass yang berguna bagi tanaman dan tanah itu sendiri khususnya.

c. Udara.

Udara atau gas merupakan komponen utama dari atmosfer bumi. Gas-gas di atmosfer ini disamping sebagai selimut bumi, juga sebagai sumber berbagai unsur zat tertentu,

seperti oksigen, karbon dioksida, nitrogen dan hidrogen. Di atmosfer, udara juga merupakan komponen utama tanah. Tanah yang cukup pori/rongganya akan baik pertukaran udara atau aerasinya dan berdampak pula pada baiknya proses mineralisasi. Dengan demikian komponen udara di atmosfer maupun di tanah sangat berpengaruh terhadap kesuburan tanah yang berpengaruh pada daya dukung tumbuh tanaman.

d. Cahaya.

Cahaya matahari merupakan komponen abiotik yang berfungsi sebagai sumber energi primer bagi ekosistem. Seperti yang kita ketahui, pada aliran energi yang bersumber dari matahari yang kemudian diserap dan digunakan tanaman ataupun tumbuhan dalam proses fotosintesis. Kemudian tumbuhan dimakan oleh konsumen I, dan seterusnya sebagaimana yang kita lihat pada rantai makanan. Penyebaran cahaya matahari ke permukaan bumi tidaklah merata. Oleh sebab itu, organisme mempunyai cara menyesuaikan diri dengan lingkungan yang intensitas dan kualitas cahayanya berbeda.

e. Suhu.

Setiap makhluk hidup memerlukan suhu lingkungan tertentu, hal itu karena pada setiap tubuh makhluk hidup akan berlangsung proses kimia yang berkaitan erat dengan suhu. Tak terkecuali pada tanaman, yang juga memerlukan suhu optimum untuk metabolisnya. Tinggi rendahnya suhu suatu lingkungan mempengaruhi varietas apa yang cocok untuk di tanam di sana. Suhu tanah yang rendah akan berakibat absorpsi air dan unsur hara terganggu, karena transpirasi meningkat. Apabila kekurangan air ini terus-menerus terjadi, maka tanaman akan rusak. Suhu rendah pada kebanyakan tanaman mengakibatkan rusaknya batang, daun muda, tunas, bunga dan buah. Besarnya kerusakan organ atau jaringan tanaman akibat suhu rendah tergantung pada keadaan air, keadaan unsur hara, morfologis dan kondisi fisiologis

tanaman. Pada suhu maksimum, jaringan tanaman akan mati. Suhu yang baik untuk tanaman adalah suhu maksimum.

f. Kelembapan.

Kelembapan adalah kadar air pada udara. Kelembapan udara mempunyai pengaruh yang besar terhadap ketersediaan air dalam tubuh yang akan berperan besar dalam menunjang proses metabolisme. Setiap organisme mempunyai kemampuan untuk beradaptasi dengan lingkungan yang kelembapannya berbeda-beda. Tingkat kelembapan pada suatu wilayah akan mempengaruhi jenis varietas, Organisme Pengganggu Tanaman (OPT), kondisi tanah dan penanganannya.

g. Arus angin.

Arus angin mempunyai pengaruh yang besar terhadap kehidupan tumbuhan dan juga berpengaruh dalam menjaga kesuburan tanah suatu lingkungan. Pada daerah yang arus anginnya kencang, hanya jenis tumbuhan yang mempunyai perakaran kuat dan berbatang liat yang dapat bertahan hidup. Sedangkan, tumbuhan yang perakarannya tidak kuat dan batangnya tidak liat, akan mudah terangkat atau patah oleh kencangnya angin.

h. Derajat keasaman / pH.

Derajat keasaman atau pH pada media memberi pengaruh yang besar terhadap distribusi organisme. Pada lingkungan yang berbeda pH-nya akan berbeda pula organisme yang hidup disana. Hal tersebut karena ada beberapa jenis organisme yang hidup di medium yang netral dan ada juga yang suka hidup di media masam serta ada pula yang menyukai medium yang bersifat basa. Dalam agroekosistem ataupun pertanian, berdasarkan derajat keasamannya memiliki penanganan yang berbeda-beda. Daerah yang memiliki derajat keasaman yang tinggi biasanya adalah daerah gambut.

i. Iklim.

Iklim merupakan komponen abiotik yang terbentuk sebagai hasil interaksi berbagai komponen abiotik lainnya, seperti kelembapan udara, suhu, curah hujan, dan lain-lain. Perbedaan iklim dengan cuaca adalah cuaca merupakan keadaan atmosfer dalam waktu tertentu dan pada area yang terbatas. Sedangkan, iklim adalah rata-rata keadaan cuaca dalam waktu yang lama dan dalam tempat yang luas. Iklim suatu daerah sangat menentukan jenis tanaman dan hasil produksi pertaniannya. Perubahan iklim yang tiba-tiba, akan membuat petani kewalahan terutama dalam menentukan waktu tanam atau bahkan bisa berakibat gagal panen. Bukan hanya itu, akibat iklim tertentu juga dapat menyebabkan meledaknya suatu populasi hama, dan berakibat fatal pada tanaman budidaya petani.

Organisme pengganggu tanaman (OPT) merupakan faktor pembatas produksi tanaman di Indonesia baik tanaman pangan, hortikultura maupun perkebunan. Organisme pengganggu tanaman secara garis besar dibagi menjadi tiga yaitu hama, penyakit dan gulma. Hama menimbulkan gangguan tanaman secara fisik, dapat disebabkan oleh serangga, tungau, vertebrata dan moluska. Sedangkan, penyakit yang menimbulkan gangguan fisiologis pada tanaman, disebabkan oleh cendawan, bakteri, fitoplasma, virus, viroid, nematoda dan tumbuhan tingkat tinggi.

Perkembangan hama dan penyakit sangat dipengaruhi oleh dinamika faktor iklim. Sehingga tidak heran kalau pada musim hujan dunia pertanian banyak disibukkan oleh masalah penyakit tanaman seperti penyakit *kresek* dan *blas* pada padi, *antraknosa* cabai dan sebagainya. Sementara pada musim kemarau banyak masalah hama penggerek batang padi dan hama belalang *Kembara*. Pada hakikatnya, iklim sangat berpengaruh pada kesuburan tanah dan tumbuhan,

banyaknya tumbuhan juga berpengaruh pada iklim, namun tanah yang subur tidak berpengaruh pada tumbuhan.

j. Topografi.

Topografi adalah *altitude* dan *latitude* suatu tempat. Topografi mempunyai pengaruh besar terhadap penyebaran makhluk hidup, yang tampak jelas adalah penyebaran tumbuhannya. Demikian pada pertanian atau agroekosistem, topografi juga sangat menentukan jenis varietas, pengelolaan lahan dan lain-lain. Misalnya pada daerah lereng gunung, pengelolaan lahan biasanya dibuat perundakan pada penanaman padi, atau pada daerah puncak yang biasanya digunakan untuk perkebunan teh.

k. Garam mineral.

Tumbuhan mengambil zat hara dari tanah atau air di lingkungan berupa larutan ion garam-garam mineral. Ada tanaman yang mampu menyerap unsur-unsur tertentu dari tanah tanpa bantuan organisme lain. Namun, ada juga tumbuhan yang untuk mendapatkan suatu unsur memerlukan organisme lain. Misalnya, pada tanaman atau tumbuhan polong-polongan yang memerlukan bantuan bakteri rhizobium untuk mengikat unsur N dari udara.

l. Pestisida.

Pestisida adalah substansi kimia yang digunakan untuk membunuh atau mengendalikan berbagai hama dalam arti luas (jizat pengganggu). Pestisida juga merupakan faktor penting dalam agroekosistem. Penggunaan pestisida dapat membantu petani dalam melindungi tanamannya dari OPT, namun pemakaian pestisida juga ada yang memberi dampak buruk, baik bagi tanaman atau lingkungan sekitar.

m. Teknologi.

Teknologi sangat dibutuhkan dalam pertanian. Mulai dari tahap pembenihan ada yang disebut dengan teknologi benih, sampai dengan pemanenan dan pasca panen. Teknologi berperan dalam menghasilkan varietas unggul demi mendapatkan hasil produksi yang maksimal dan mampu

bersaing di pasaran, serta menciptakan pertanian yang berkelanjutan.

2. Komponen Biotik.

a. Manusia.

Di dalam agroekosistem ataupun ekosistem buatan manusia yang diciptakan untuk memenuhi kebutuhan manusia, manusia sangat berperan penting di dalamnya, mulai dari persiapan awal sampai dengan pasca panen, dan bahkan sebagai konsumen hasil produksi.

b. Biota tanah.

Di dalam tanah, berdasarkan berdasarkan fungsinya dalam budidaya pertanian secara umum terdapat dua golongan jasad hayati tanah yaitu yang menguntungkan dan yang merugikan. Berdasarkan spesifikasi fungsinya, jasad hayati tanah digolongkan menjadi:

1) Jasad fungsional, contohnya bakteri *nitromonas* dan *nitrobacter* yang berperan dalam nitrifikasi, bakteri *rhizobium* alam fiksasi N-bebas, endomikoriza dalam penyediaan dan penyerapan hara P oleh tanaman.

2) Jasad nonfungsional, contohnya media dekomposer bahan organik.

c. Hewan ternak.

Kehadiran hewan ternak seperti kerbau juga dapat menjadi komponen yang menguntungkan dalam pertanian, terutama dalam tipe persawahan. Kerbau dapat digunakan sebagai alat bantu manusia dalam membajak sawah secara tradisional.

d. Pathogen.

Pathogen dapat diartikan sebagai mikroorganisme yang menyebabkan timbulnya penyakit pada tanaman.

e. Gulma.

Gulma adalah tumbuhan yang tidak dikehendaki, atau tumbuhan yang tumbuh tidak sesuai dengan tempatnya. Kehadiran gulma pada suatu lahan pertanian menyebabkan berbagai kerugian yakni menurunkan angka hasil,

menurunkan mutu hasil, menjadi inang alternatif hama atau patogen, mempersulit pengolahan dan mempertinggi biaya produksi, dapat menumbuhkan zat beracun dari golongan fenol bagi umbuhan lainnya, dan mengurangi debit dan kualitas air.

f. Hama.

Ada beberapa hama yang dikenal dalam pertanian yakni *Nematoda Parasitic* tanaman, serangga hama tanaman, tungau, siput, hewan vertebrata, satwa liar dan burung.

2.3. Tipe Agroekosistem.

Tipe agroekosistem umumnya digolongkan menjadi tiga tipe ekosistem utama, yaitu ekosistem akuatik (air), ekosistem terestrial (darat), dan ekosistem buatan. Lebih rinci dijelaskan sebagai berikut:

1. Ekosistem Akuatik.

Ekosistem akuatik (perairan) adalah tipe ekosistem yang sebagian lingkungan fisiknya didominasi oleh air. Ekosistem akuatik dipengaruhi oleh empat faktor, yaitu penetrasi cahaya matahari, substrat, temperatur, dan jumlah material terlarut. Akan tetapi, faktor penentu utama dari ekosistem perairan adalah jumlah garam terlarut di dalam air. Jika perairan tersebut sedikit mengandung garam terlarut, maka disebut ekosistem air tawar. Sebaliknya, jika mengandung kadar garam tinggi, maka disebut ekosistem laut. Adapun lebih rinci lagi ekosistem akuatik dapat dibagi dalam beberapa kelompok antara lain :

a. Air Tawar.

Ekosistem air tawar dibagi menjadi dua, yaitu lotik dan lentik. Ekosistem air tawar lotik memiliki ciri airnya berarus. Contohnya adalah sungai. Organisme yang hidup pada ekosistem ini dapat menyesuaikan diri dengan arus air. Produsen utama pada ekosistem ini adalah ganggang. Akan tetapi, umumnya organisme lotik memakan detritus yang berasal dari ekosistem darat di sekitarnya. Ekosistem air tawar lentik memiliki ciri airnya tidak berarus. Ekosistem air tawar lentik meliputi rawa air tawar, rawa gambut, kolam,

dan danau. Rawa didominasi oleh lumut Spagnum. Ekosistem danau dan kolam terdiri dari tiga wilayah horizontal, yaitu litoral, limnetik, dan profundal. Secara garis besar salah satunya disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Ekosistem Air Tawar.

Berdasar Gambar 2 sangat jelas bahwa ekosistem air tawar sangat unik dan spesifik, sehingga ekosistem air tawar lentik memang cocok untuk komunitas lumut dan ikan yang airnya relatif tidak deras.

b. Laut.

Laut merupakan sumber daya alam terluas. Hampir 71% dari permukaan bumi tertutup oleh laut. Rata-rata salinitas (kadar garam) laut adalah 3%, tetapi angka ini bervariasi dari satu wilayah ke wilayah yang lain sesuai dengan kedalaman dan geografinya. Salinitas tertinggi terdapat di daerah tropis. Pada daerah tropis suhu yang tinggi menyebabkan laju penguapan berlangsung cepat sehingga salinitas laut menjadi tinggi. Contohnya, Laut Merah memiliki salinitas 4%.

Sebaliknya, pada geografi yang lebih tinggi, proses penguapan berkurang sehingga salinitasnya rendah. Contohnya, Laut Baltik dengan salinitas 0,7 %. Untuk memperjelas dan mudah memahami dapat dilihat dalam Gambar 3.



Gambar 3. Ekosistem Laut.

Berdasar Gambar 3 menunjukkan bahwa ekosistem laut menjadi sangat indah dan menawan dan terjadi kesimbangan ekosistem, sehingga berbagai jenis ikan dan ekosistem menyatu bagaikan melodi tersistematis bentuk dan gerakannya.

c. Estuari.

Ekosistem estuari terdapat pada wilayah pertemuan antara sungai dan laut atau disebut muara sungai. Muara sungai disebut juga pantai Lumpur. Esturi memiliki ciri berair payau dengan tingkat salinitas di antara air tawar dan laut. Vegetasi didominasi oleh tumbuhan bakau. Beberapa organisme laut melakukan perkembangbiakan di wilayah ini seperti ikan, udang, dan moluska yang dapat dimakan. Sesungguhnya estuari ini sangat luas dan berpotensi meningkatkan kesejahteraan masyarakat dengan catatan lahan ini dikelola

berdasarkan kaidah budidaya berazaskan keseimbangan dan kelestarian sumber daya alam berkelanjutan. Fakta empirik membuktikan bahwa pengelolaan estuari sangat menyimpang dan akibatnya estuari menjadi tidak produktif karena keserakahan dan kezaliman umat manusia sebagai pengelola maupun pengambil kebijakan. Masalah tersebut harus segera ada solusi terbaik demi keseimbangan dan kelestarian estuari. Untuk memperjelas dan mudah memahami dapat dilihat dalam Gambar 4.



Gambar 4. Ekosistem Estuari.

Berdasar Gambar 4 dapat dijelaskan bahwa ekosistem estuari merupakan anugrah Allah SWT yang perlu disyukuri dan dikembangkan secara berkelanjutan. Terbukti sampai saat ini, ekosistem estuari masih dibiarkan sebagaimana umumnya dan patut menjadi perhatian bersama.

d. Pantai Batu.

Ekosistem pantai batu tersusun dari komponen abiotik, berupa batu-batuan kecil maupun bongkahan batu yang besar. Pada ekosistem pantai batu terdapat organisme seperti ganggang *Eucheuma* dan *Sargassum*, serta beberapa jenis moluska yang dapat melekat di batu. Ekosistem pantai batu antara lain terdapat di Pantai Selatan Jawa, Pantai Barat

Sumatera, Bali, Nusa Tenggara, dan Maluku. Lebih jelas disajikan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Ekosistem Pantai Batu.

Berdasar Gambar 5 dapat dilihat penampakan ekosistem Pantai Batu yang sangat indah dan tenang. Hal tersebut menunjukkan terjadinya keseimbangan ekosistem yang baik pada ekosistem pantai batu. Keseimbangan antar komponen-komponen ekosistem harus tetap dijaga agar keseimbangan ekosistem tetap baik.

e. Terumbu Karang.

Ekosistem terumbu karang hanya dapat tumbuh di dasar perairan yang jernih. Terumbu karang terbentuk dari rangka hewan kelompok Coelenterata. Pada ekosistem ini terdapat berbagai jenis organisme laut dari kelompok Porifera, Coelenterata, ganggang, berbagai jenis ikan, serta udang. Ekosistem terumbu karang antara lain terdapat di perairan Nusa Tenggara dan Maluku. Lebih jelas disajikan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Ekosistem Terumbu Karang.

Berdasar Gambar 6 membuktikan bahwa ekosistem terumbu karang sangat menajubkan dan menggambarkan keanekaragaman terumbu karang seperti tersusun secara terpadu, sehingga menjadikan keseimbangan ekosistem terumbu karang. Ekosistem demikian menjadikan berbagai komunitas dapat hidup berdampingan bagaikan masyarakat berperadapan.

f. Laut Dalam.

Ekosistem laut dalam merupakan zona pelagi laut. Ekosistem ini berada pada kedalaman 76.000 m dari permukaan laut, sehingga tidak ada lagi cahaya matahari. Berdasar kondisi spesifik ini, maka produsen utama di ekosistem ini merupakan organisme kemoautotrof. Lebih jelas disajikan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Ekosistem Laut Dalam.

Berdasar Gambar 7 menunjukkan bahwa ekosistem laut dalam sangat dinamis dan spesifik, sehingga hanya ada komunitas tertentu yang menyatu dalam ekosistem dengan dominasi komunitas tertentu.

2. Ekosistem Terrestrial.

Ekosistem terrestrial (darat) adalah suatu tipe ekosistem yang sebagian besar lingkungan fisiknya berupa daratan. Ekosistem terrestrial memiliki bagian daerah yang luas dengan habitat dan komunitas tertentu, disebut bioma.

a. Hutan Musim.

Bioma daratan yang berada di belahan timur Amerika Utara dikenal dengan bioma hutan musim atau hutan gugur. Pemberian nama bioma tersebut adalah berdasarkan ciri-ciri umum dari ekosistem atau berdasarkan vegetasi yang dominan. Pada bioma hutan musim ditemukan tumbuhan bercirikan pohon keras seperti oak (*Quercus sp.*), beach, dan maple (*Acer saccharinum*), yang menggugurkan daunnya pada musim gugur. Jenis hewan yang menghuni bioma tersebut antara lain rusa, musang, dan salamander. Lebih jelas disajikan dalam Gambar 8.



Gambar 8. Ekosistem Hutan Musim.

Berdasar Gambar 8, maka ekosistem hutan musim menggambarkan hubungan simbiosis mutualisme antara tanaman keras, perdu dan komunitas lain, sehingga sangat dimungkinkan ekosistem hutan musim menjadi penyangga keseimbangan ekosistem berkelanjutan.

b. Padang Rumput.

Di sebelah barat dari hutan musim di Amerika Utara terdapat bioma padang rumput. Curah hujan bioma padang rumput tidak banyak memberikan dukungan bagi pertumbuhan tumbuhan. Penyebabnya adalah pada daerah tersebut terdapat aliran sungai yang panjang sehingga air tersedia dalam jumlah yang besar. Vegetasi dominan dalam bioma padang rumput adalah bermacam-macam spesies rumput-rumputan. Hewan yang ditemukan di daerah tersebut antara lain bison, anjing padang rumput, antelope, belalang, dan ular. Suatu bioma yang mirip dengan sebutan sabana. Sabana adalah tipe bioma yang banyak terdapat di Amerika Selatan. Tumbuhannya terdiri atas rumput dan pohon-pohon yang menyebar. Tipe bioma ini memiliki musim kering dan musim basah. Secara garis besar disajikan dalam Gambar 9.



Gambar 9. Ekosistem Padang Rumput.

Gambar 9 menunjukkan bahwa ekosistem padang rumput merupakan ekosistem yang menyatu dengan komunitas penghuni setia. Dalam konteks ini adalah komunitas kuda bersatu padu dengan alam semesta bagaikan keberagaman terbatas dalam kawasan ekosistem padang rumput.

c. Gurun.

Gurun terdapat di belahan bumi sekitar 20° - 30° lintang utara dan lintang selatan. Curah hujan di gurun rendah, yaitu kurang dari 25 cm per tahun. Kehidupan organisme di gurun beradaptasi dengan lingkungannya yang kering. Vegetasinya terdiri dari berbagai belukar akasia, tumbuhan sukulen, dan kaktus. Hewan yang banyak terdapat di gurun antara lain belalang, burung pemangsa serangga, dan kadal. Umumnya hewan-hewan gurun melakukan kegiatan pada malam hari (nokturnal). Contoh bioma gurun adalah gurun Gobi di Asia, gurun Sahara di Afrika, dan gurun Anzo Borrego di Amerika. Lebih rinci disajikan dalam Gambar 10.



Gambar 10. Ekosistem Gurun.

Berdasar Gambar 10 membuktikan bahwa ekosistem gurun hakikatnya perpaduan antara air, tumbuhan, mikroorganisme dan alam semesta. Kondisi demikian menggambarkan bahwa tidak seluruh komunitas mampu hidup dalam ekosistem gurun.

d. Taiga.

Taiga terdapat di wilayah utara hutan gugur subtropis dan juga di pegunungan tropis. Ciri iklim taiga adalah musim dingin yang panjang. Hujan turun hanya pada musim panas. Taiga merupakan hutan pinus (koifer) yang selalu hijau. Taiga terdapat di Amerika Utara, juga pada dataran tinggi di berbagai wilayah. Hewan yang hidup di taiga antara lain beruang hitam dan serigala sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 11.



Gambar 11. Ekosistem Taiga.

Berdasar Gambar 11 membuktikan ekosistem taiga sangat kontras. Fakta ini ditunjukkan adanya dominasi komunitas tertentu, sehingga komunitas lain menjadi tersandra bahkan stres sampai mati.

e. Tundra.

Tundra adalah Di sebelah utara dari bioma taiga terdapat suatu wilayah yang dikenal sebagai bioma tundra. Karakteristik bioma tundra sangat ekstrim, yaitu lama musim dinginnya lebih panjang dari pada musim panas. Dalam kondisi demikian sangat sedikit ditemukan jenis tumbuhan dan hewan yang hidup di sana. Tumbuhan yang terutama berupa lumut (lichen), dan tumbuhan semusim yang tumbuh cepat selama musim tumbuh. Hewan yang menghuni bioma tundra antara lain rusa kutub (karibu), serigala, ajag, burung hantu salju, tikus, dan beberapa jenis serangga. Lebih jelas disajikan dalam Gambar 12.



Gambar 12. Ekosistem Tundra.

Berdasar Gambar 12 membuktikan ekosistem tundra sangat spesifik, sehingga dalam ekosistem tundra hanya dihuni komunitas tertentu yang sudah beradaptasi sangat lama dan cenderung dominan dalam menguasai sumber daya alam khususnya dilingkup ekosistem tundra.

f. Hutan Hujan Tropik.

Bioma hutan hujan tropik adalah akhir dari spektrum iklim bioma tundra. Bioma hutan hujan tropik, terutama terdapat dekat ekuator di Amerika Selatan dan Amerika Tengah, Afrika, bagian selatan Asia, serta pulau di kepulauan Pasifik. Bioma hutan hujan tropik ditandai dengan suhu yang tinggi, hujan turun hampir setiap hari, dan memiliki ribuan spesies tumbuhan dan hewan. Tumbuhan tumbuh subur dengan cabang-cabang berdaun lebat sehingga membentuk tudung atau kanopi. Secara garis besar disajikan dalam Gambar 13.



Gambar 13. Ekosistem Hutan Hujan Tropik.

Berdasar Gambar 13 membuktikan bahwa ekosistem hutan tropik sangat eksotik dan serasi serta kompak dalam gerak kehidupan bersama dalam berbagai komunitas yang saling berinteraksi positif dalam membangun kebersamaan kehidupan.

g. Savana.

Savana terdapat di wilayah sekitar khatulistiwa, dengan curah hujan lebih rendah dari pada hutan hujan tropis (sekitar 90 – 150 cm per tahun). Vegetasi savanna didominasi oleh rumput dengan semak dan pohon yang tumbuh terpencah. Hewan yang hidup di savana adalah berbagai jenis serangga seperti belalang, kumbang, rayap, herbivora, dan karnivora. Di Kenya (Afrika) terdapat savana yang di dalamnya hidup gajah, jerapah, zebra, dan singa. Di Indonesia, savana terdapat di Sumbawa (NTB). Lebih jelas disajikan dalam Gambar 14.



Gambar 14. Ekosistem Savana.

Berdasar Gambar 14 membuktikan ekosistem savana menjadi suatu ekosistem yang sangat sesuai kehidupan komunitas tertentu dengan ditunjukkan penuh kedamaian antar komunitas.

3. Ekosistem Buatan.

Ekosistem buatan adalah ekosistem yang diciptakan manusia untuk memenuhi kebutuhannya. Contoh ekosistem buatan :

a. Ekosistem Perkebunan.

Perkebunan merupakan usaha penanaman tumbuhan secara teratur sesuai dengan ilmu pertanian dan mengutamakan tanaman perdagangan. Perkebunan penting bagi bahan ekspor dan bahan industri. Jenis-jenis tanaman perkebunan khususnya di Indonesia antara lain karet, kelapa sawit, kopi, teh, tembakau, tebu, kelapa, cokelat, kina, kapas, cengkih (Soerjani, 2007).

Pada sistem pengairan, pertanian lahan kering, kondisi topografi memegang peranan cukup penting dalam penyediaan air, serta menentukan cara dan fasilitas pengairan. Sumber-sumber air biasanya berada pada bagian

yang paling rendah, sehingga air perlu dinaikkan terlebih dahulu agar pendistribusiannya merata dengan baik. Oleh karena itu, pengairan pada lahan kering dapat berhasil dan efektif pada wilayah yang datar-berombak (Kurnia, 2004). Secara garis besar disajikan dalam Gambar 15.



Gambar 15. Ekosistem Perkebunan.

Berdasar Gambar 15 membuktikan bahwa ekosistem buatan yang dirancang secara sistematis, terukur dan berkelanjutan mampu memberikan peluang yang sama, sehingga potensi masing-masing komunitas yang dibudidayakan oleh manusia mampu tumbuh dan berkembang secara optimal sebagaimana ekosistem perkebunan.

b. Ekosistem Persawahan.

Sawah adalah pertanian yang dilaksanakan di tanah yang basah atau dengan pengairan. Bersawah merupakan cara bertani yang lebih baik dari pada cara yang lain, bahkan merupakan cara yang sempurna karena tanah dipersiapkan lebih dahulu, yaitu dengan dibajak, diairi secara teratur, dan dipupuk.

Sawah bukaan baru dapat berasal dari lahan kering yang digenangi atau lahan basah yang dijadikan sawah. Hara N, P, K, Ca, dan Mg merupakan pembatas pertumbuhan dan hasil padi pada lahan sawah bukaan baru. Hara N, P dan K merupakan pembatas pertumbuhan dan hasil padi pada ultisol (Widowati, 2000).

Lahan untuk sawah bukaan baru umumnya mempunyai status kesuburan tanah yang rendah dan sangat rendah. Tanah-tanah di daerah bahan induknya volkan tetapi umumnya volkan tua dengan perkembangan lanjut, oleh sebab itu miskin hara, dengan kejenuhan basa rendah bahkan sangat rendah. Kandungan bahan organik, hara N, P, K dan KTK umumnya rendah (Suharta dan Sukardi, 1994).

Padi (*Oryza Sativa L*) tumbuh baik di daerah tropis maupun sub- tropis. Untuk padi sawah, ketersediaan air yang mampu menggenangi lahan tempat penanaman sangat penting. Oleh karena air menggenang terus- menerus maka tanah sawah harus memiliki kemampuan menahan air yang tinggi, seperti tanah yang lempung. Secara garis besar disajikan dalam Gambar 16.



Gambar 16. Ekosistem Persawahan.

Berdasar Gambar 16 membuktikan bahwa ekosistem persawahan yang alami dan berkelanjutan dapat memberikan peluang yang sama terhadap kehidupan beberapa komunitas untuk hidup bersama dan berdampingan dengan tidak saling mengganggu.

c. Ekosistem *Agroforestry* (hutan tanaman).

Praktek agrikultur dengan intensitas rendah seperti perladangan berpindah, pekarangan tradisional, talun, rotasi lahan, menyisakan banyak proses ekosistem alami dan komposisi tumbuhan, hewan dan mikroorganisme. Sistem dengan intensitas tinggi, termasuk perkebunan modern yang seragam dan peternakan besar, mungkin merubah ekosistem secara keseluruhan sehingga sedikit sekali biota dan keistimewaan bentang alam sebelumnya yang tersisa (Karyono, 2000). Lebih jelas disajikan dalam Gambar 17.



Gambar 17. Ekosistem *Agroforestry*.

Berdasar Gambar 17 menunjukkan bahwa ekosistem *Agroforestry* sangat cocok untuk ditumpang sarikan dengan tanaman pangan. Fakta membuktikan bahwa tanaman

tumpang sari menunjukkan pertumbuhan yang baik dan model ini sangat cocok dikembangkan dikawasan masyarakat pinggir hutan.

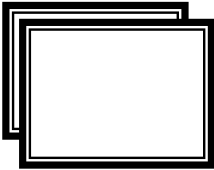
d. Ekosistem Kebun/pekarangan campuran.

Pekarangan adalah areal tanah yang biasanya berdekatan dengan sebuah bangunan. Tanah ini dapat diplester, dipakai untuk berkebun, ditanami bunga atau terkadang memiliki kolam. Pekarangan bisa berada di depan, di belakang, disamping sebuah bangunan, tergantung besar sisa tanah yang tersedia setelah dipakai untuk bangunan utamanya (Anonim, 2009). Lahan pekarangan beserta isinya merupakan satu kesatuan kehidupan yang saling menguntungkan. Sebagian dari tanaman dimanfaatkan untuk pakan ternak, dan sebagian lagi untuk manusia, sedangkan kotoran ternak digunakan sebagai pupuk kandang untuk menyuburkan tanah pekarangan. Dengan demikian, hubungan antara tanah, tanaman, hewan piaraan, ikan dan manusia sebagai unit-unit di pekarangan merupakan satu kesatuan terpadu (Pratiwi, 2004). Lebih jelas disajikan dalam Gambar 18.



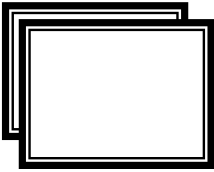
Gambar 18. Ekosistem Kebun/Pekarangan.

Berdasar Gambar 18 membuktikan bahwa ekosistem kebun atau pekarangan perlu dikembangkan dikawasan lahan kurang produktif dengan tetap memperhatikan jenis tanaman yang cocok dan sesuai dengan ekosistem yang ada.



RANGKUMAN

1. Agroekosistem merupakan salah satu bentuk ekosistem binaan manusia yang bertujuan menghasikan produksi pertanian guna memenuhi kebutuhan manusia.
2. Komponen-komponen dalam agroekosistem terjalin interaksi satu sama lain yang apabila interaksi tersebut normal akan terjadi sebuah keseimbangan ekosistem dan sebaliknya apabila tidak normal atau ada salah satu di antara komponen tersebut yang jumlahnya melampaui batas, misalnya meledaknya hama maka interaksinya akan terganggu dan tidak akan seimbang.
3. Komponen agroekosistem yang berada di lingkungan pertanian, terbagi menjadi : (a) komponen abiotik : air, tanah, udara, cahaya, suhu, kelembapan, arus angin, derajat keasaman / pH, iklim, topografi, garam mineral, pestisida dan teknologi, dan (b) komponen biotik : manusia, biota tanah, hewan ternak, pathogen, gulma dan hama.
4. Tipe agroekosistem umumnya digolongkan menjadi tiga tipe ekosistem utama, yaitu ekosistem akuatik (air), ekosistem terestrial (darat), dan ekosistem buatan.



TUGAS

1. Jelaskan dan uraikan definisi dari agroekosistem!
2. Jelaskan dan uraikan komponen Abiotik dan biotik agroekosistem yang berada di lingkungan pertanian !
3. Jelaskan dan uraikan tiga tipe ekosistem utama, yaitu ekosistem akuatik (air), ekosistem terestrial (darat), dan ekosistem buatan!

**BAB
III****ENERGI DAN DAUR
BIOGEOKIMIA**

3.1. Energi.

Energi dapat diartikan sebagai kemampuan untuk melakukan kerja. Energi diperoleh organisme dari makanan yang dikonsumsi dan dipergunakan untuk aktivitas hidupnya. Hukum alam ini bagaikan proses kehidupan yang abadi dan selalu dalam keadaan seimbang. Sebaliknya, bila terjadi hukum terbalik maka keseimbangan alam akan terganggu, sehingga sangat dimungkinkan akan terjadi kompetisi negatif. Bila kondisi ini berlangsung lama dan sangat ekstrim, maka ada salah satu atau lebih komunitas terganggu bahkan mati. Disinilah pentingnya pendidikan bagi umat manusia sebagai umat terbaik dan berakhlak.

Cahaya matahari merupakan sumber energi utama kehidupan. Kita telah mengenal energi yang masuk ke dalam jaring-jaring kehidupan melalui produsen. Pada umumnya produsen adalah organisme yang berfotosintesis. Organisme lainnya merupakan aneka ragam konsumen. Rumput sewaktu tumbuh menimbun energi dalam tubuhnya; rumput dimakan sapi; sapi kita makan. Jadi energi telah dipindahkan dari rumput ke sapi dan dari sapi ke manusia. Tetapi tidak seluruh energi yang semula ditangkap oleh rumput dipindahkan ke dalam tubuh kita, melainkan hanya sebagian saja. Rumput itu sendiri, karena tumbuh dan mempunyai kegiatan-kegiatan lain, menggunakan sebagian energi yang ditangkapnya dari matahari sebelum energi itu sampai ke sapi. Demikian pula, sapi sendiri mengadakan kegiatan yang menggunakan energi, umpamanya untuk berjalan, mengusir lalat dengan ekornya dan lain-

lain. Jadi, jelaslah bahwa kita hanya mendapat sebagian kecil dari cahaya matahari yang telah ditangkap oleh rumput.

Berdasar karakter demikian ini, dan dengan melihat bagaimana organisme memperoleh makanannya sebagai sumber energi, maka organisme dibedakan menjadi dua golongan yaitu organisme yang mampu mengolah atau membuat makanannya sendiri dan golongan yang tidak mampu mengolah makanannya sendiri.

Energi dapat diartikan sebagai kemampuan untuk melakukan pekerjaan. Energi dapat berada dalam berbagai bentuk, seperti energi mekanik, energi listrik dan energi cahaya. Energi kimia, energi panas, energi kinetik, energi inti, tetapi bentuk energi yang erat hubungannya dengan kehidupan organisme adalah energi mekanik, energi kimia, energi radiasi dan energi panas.

Energi mekanik memiliki dua bentuk yaitu energi kinetik dan energi potensial.

1. Energi kinetik dapat dijelaskan sebagai energi yang berguna bila tubuh yang memilikinya melakukan gerakan dan diukur oleh jumlah kerja yang dilakukan sampai tubuh istirahat.
2. Energi potensial merupakan energi cadangan dan berguna bila diubah ke dalam bentuk energi kinetik untuk melakukan kerja. Perubahan bentuk energi potensial ke bentuk energi kinetik melibatkan kerja atau gerakan.

Organisme umumnya untuk dapat hidup harus melakukan kerja, oleh karena itu memerlukan sumber energi potensial yang dapat digunakan. Sumber energi untuk organisme ialah energi kimia yang terdapat di dalam makanannya.

Atom-atom yang terdapat dalam makanannya dapat disusun kembali ke dalam gugusan yang berbeda dengan pergerakan atom-atom itu, maka energi kimia dalam bahan makanan dilepaskan. Oksidasi bahan makanan di dalam proses pernafasan (respirasi) dapat menghasilkan energi yang dapat digunakan untuk melakukan kerja. Perubahan bentuk energi di atas adalah perubahan dari bentuk energi kimia ke bentuk energi mekanik. Sekarang masalahnya dari

mana organisme di alam memperoleh energi, tidak lain tentu dari makanannya. Di alam ada yang kita kenal dengan istilah *tingkat trofik* yaitu urutan tingkat makan- memakan. Dalam tingkat trofik ini ada urutan organisme apa memakan organisme mana dan dimakan oleh organisme lain mana.

Organisme dilihat dari segi memperoleh makanannya sebagai sumber energi, maka organisme dibagi menjadi dua golongan, yaitu:

1. Organisme *Ototrof*.

Organisme *Ototrof* adalah organisme yang mampu mengolah atau membuat makanannya sendiri dari bahan organik dengan bantuan energi dari lingkungannya. Dilihat dari sumber energi yang digunakan organisme *ototrof* dibagi menjadi dua, yaitu *ototrof* yang berfotosintesis jika sumber energinya cahaya matahari dan *ototrof* berkemosintesis jika sumber energinya diperoleh dengan mensintesis bahan organik yang berasal dari reaksi kimia.

2. Organisme *Heterotrof*.

Organisme *Heterotrof* adalah organisme yang menggunakan organisme *ototrof* sebagai sumber makanan penting..

Berdasarkan berbagai hasil penelitian dan fakta sampai sekarang menunjukkan bahwa energi diteruskan dari satu organisme lain. Pertanyaan dalam pikiran kita sekarang ke mana akhirnya energi pergi. Jawabannya adalah energi secara tetap, sedikit demi sedikit hilang dari sistem kehidupan. Akhirnya semua energi yang ditangkap oleh produsen akan kembali ke alam tak hidup. Tetapi energi ini tidak lagi dalam bentuk cahaya seperti waktu diterimanya. Suatu perkecualian adalah cahaya pada kunang-kunang. Pada umumnya energi meninggalkan sistem kehidupan dalam bentuk panas. Karena panas ini tidak dapat digunakan dalam fotosintesis, maka energi mengalir ke luar melalui jaring-jaring kehidupan dalam satu jurusan.

3.2. Aliran Energi.

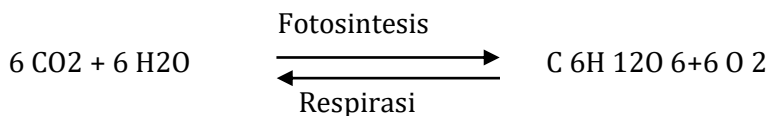
Setiap makhluk hidup memerlukan energi untuk kelangsungan hidupnya. Misalnya, untuk tumbuh, bereproduksi, dan bergerak. Dalam pemenuhan kebutuhan energi tersebut terjadi hubungan saling ketergantungan energi di antara makhluk hidup yang berbeda. Dalam hal ini, ada makhluk hidup yang berperan sebagai produser, konsumen, atau dekomposer.

1. Produser.

Produser merupakan makhluk hidup yang mampu menangkap energi cahaya matahari untuk kegiatan fotosintesis sehingga dapat menghasilkan materi organik yang berasal dari materi anorganik. Contoh produser adalah tumbuhan hijau dan makhluk hidup fotosintesis lainnya. Melalui produser tersebut energi yang berasal dari matahari mengalir ke makhluk hidup lainnya. Banyaknya energi cahaya yang dapat diubah menjadi energi kimia oleh produser disebut produktivitas primer. Jumlah total produktivitas ini dikenal sebagai produktivitas primer kotor (PPK). Sebagian produk materi organik tersebut digunakan sebagai bahan bakar bagi respirasi selularnya, sedangkan sebagian lagi disimpan di dalam tubuh tumbuhan. Bagian materi organik yang disimpan itulah yang dikenal sebagai produktivitas primer bersih (PPB). PPB merupakan keseimbangan terhadap produktivitas primer kotor dikurangi energi yang digunakan oleh produser untuk respirasi (Rs).

$$PPB = PPK - R_s$$

Perhatikan keseimbangan reaksi antara fotosintesis dengan respirasi berikut :



$\text{CO}_2 \rightarrow 2$ letaknya dibawah dst.....

Produktivitas primer diwujudkan dalam istilah energi per satuan luas per satuan waktu ($J/m^2/tahun$) atau sebagai biomassa yang ditambahkan ke ekosistem per satuan luas per satuan waktu ($g/m^2/tahun$). Biomassa merupakan berat kering dari sejumlah materi organik yang berada pada satu tingkat trofik kehidupan.

Selanjutnya, PBB dimanfaatkan sebagai bahan pangan oleh konsumen atau makhluk hidup *heterotrof* (manusia dan hewan). Pada umumnya, konsumen dan detritus akan mensintesis kembali materi organik yang diperoleh dan menyimpannya di dalam jaringan tubuh dalam bentuk energi kimia. Produk itulah yang disebut dengan produktivitas sekunder.

2. Konsumer.

Konsumer merupakan makhluk hidup yang memperoleh energi dalam bentuk materi organik. Misalnya, dengan cara memakan makhluk hidup lainnya. Seluruh hewan tergolong konsumer. Berdasarkan tingkatnya, konsumer dapat dibedakan atas konsumen primer, konsumen sekunder, dan konsumen tersier.

Konsumer primer atau herbivora adalah konsumer yang secara langsung memakan tumbuhan. Konsumer sekunder atau karnivora adalah konsumer yang memakan konsumer primer. Konsumer tersier atau karnivora puncak adalah konsumer yang memakan konsumen sekunder.

Beberapa hewan ada yang berperan sebagai karnivora pada suatu waktu dan herbivora pada saat yang lain. Hewan demikian disebut omnivora. Mereka dapat ditempatkan ke dalam tingkat trofik berbeda bergantung pada materi yang dimakan pada saat itu. Produser dan berbagai karnivora di dalam ekosistem dalam pemenuhan kebutuhan makanan dikenal dengan istilah tingkat trofik. Lebih jelas dan rinci disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Tingkatan Trofik di Dalam Ekosistem.

Tingkat Trofik	Tingkatan Makhluk Hidup	Sumber Energi Kimia (Makanan)
Pertama	Produser	Membuat makanan sendiri dari bahan anorganik dengan menggunakan energi cahaya matahari.
Kedua	Konsumer Primer (herbivora)	Memakan tumbuhan atau produser lainnya.
Ketiga	Konsumer Sekunder (karnivora)	Memakan herbivora.
Keempat	Konsumen Tersier (karnivora puncak)	Memakan predator.
-	Pengurai	Menguraikan senyawa senyawa organik yang berasal dari makhluk hidup yang telah mati

Berdasar Tabel 1 dapat dijelaskan bahwa tingkatan trofik dalam ekosistem sangat dipengaruhi tingkatan makhluk hidup dan sumber energi kimia yang dimakan. Dengan demikian, sangat jelas bahwa tingkatan makhluk hidup sangat menentukan sumber energi kimia yang dimakan atau yang dihasilkan.

3. Dekomposer.

Dekomposer (pengurai) merupakan makhluk hidup yang memperoleh makanannya dengan cara menguraikan senyawa-senyawa organik yang berasal dari makhluk hidup yang telah mati (bangkai). Dalam hal ini, dekomposer berperan mengembalikan materi ke lingkungan abiotik dan digunakan kembali oleh tumbuhan hijau. Contoh dekomposer adalah jamur dan bakteri.

4. Detritivor.

Detritivor adalah organisme yang memakan partikel-partikel organik atau detritus. Detritus merupakan serpihan hancuran jaringan hewan atau tumbuhan. Organisme detritivor antara lain cacing tanah, siput, keluwang, bintang laut, dan kutu kayu. Lebih jelas disajikan dalam Gambar 19.



Gambar 19. Organisme Detritivor.

3.3. Rantai Makanan.

Aliran energi kimia di dalam ekosistem dapat diperlihatkan melalui beberapa cara. Misalnya, melalui rantai makanan dan jaringan-jaringan makanan. Kedua cara tersebut dapat memperlihatkan makhluk hidup pemangsa dan dimangsa. Akan tetapi, masing-masing cara tersebut tidak dapat memperlihatkan jumlah energi kimia yang dipindahkan.

Rantai Makanan merupakan sebuah aliran energi makanan melalui sebuah ekosistem. Energi tersebut mengalir dalam satu arah melalui sejumlah makhluk hidup. Semua energi yang masuk ke dalam rantai makanan umumnya berasal dari cahaya matahari. Melalui proses fotosintesis energi tersebut diubah dan disimpan dalam tubuh makhluk hidup produser dalam bentuk energi kimia.

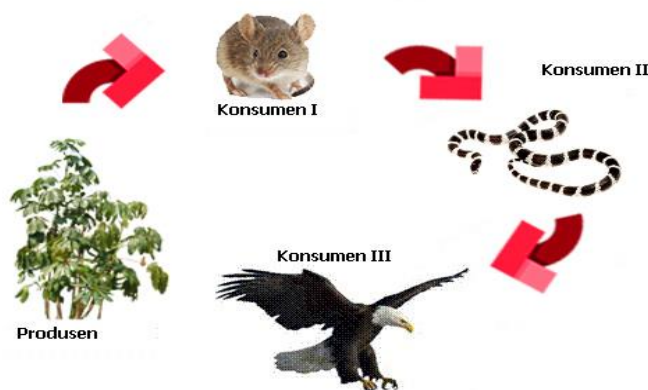
Selanjutnya, energi tersebut mengalir ke konsumen pada berbagai tingkat trofik dalam ekosistem.

Rantai makanan adalah proses makan dan dimakan pada serangkaian organisme dengan urutan tertentu. Tiap kelompok organisme terlibat proses makan atau dimakan. Proses ini terjadi secara berantai. Beberapa kelompok organisme memangsa kelompok organisme lain. Dan organisme pemangsa tersebut juga menjadi mangsa bagi kelompok organisme lainnya.

Rantai makanan dimulai dari organisme autotrof dengan mengubah energi cahaya dari matahari menjadi energi kimia. Energi kimia ini akan diteruskan pada konsumen tingkat pertama atau primer, tingkat kedua atau sekunder, dan seterusnya sampai kelompok organisme pengurai atau dekomposer. Para ilmuwan ekologi mengenal tiga macam rantai pokok, yaitu rantai pemangsa (grazing), rantai parasit, dan rantai saprofit

1. Rantai Pemangsa (Grazing).

Landasan utama dari Rantai Pemangsa adalah tumbuhan hijau sebagai produsen. Rantai pemangsa dimulai dari hewan yang bersifat herbivora sebagai konsumen I, dilanjutkan dengan hewan karnivora yang memangsa herbivora sebagai konsumen ke-2 dan berakhir pada hewan pemangsa karnivora maupun herbivora sebagai konsumen ke-3. Lebih jelas di dalam Gambar 20.



Gambar 20. Rantai Pemangsa.

Berdasar Gambar 20 dapat dijelaskan bahwa tanaman sebagai produsen (trofik I), tikus sebagai konsumen I (trofik II) dan ular sawah sebagai konsumen II (trofik III). Dari rantai makanan tersebut dapat kita gambarkan peristiwa yang akan terjadi jika salah satu komponen dalam rantai makanan tersebut tidak ada atau hilang. Misalkan, pada rantai makanan di atas konsumen I (tikus) tidak ada atau hilang, maka konsumen II (ular) akan terganggu keseimbangannya karena tidak mendapatkan makanan. Sebaliknya produsen (padi) akan melimpah karena tidak ada yang memakannya.

2. Rantai Parasit.

Siklus rantai yang satu ini diawali dari organisme yang besar sampai organisme yang hidup sebagai parasit dengan mengambil makanan dari inangnya. Contoh organisme parasit antara lain cacing, bakteri, dan benalu. Lebih jelas disajikan dalam Gambar 21.



Gambar 21. Rantai Parasit.

Berdasar Gambar 21 dapat dijelaskan bahwa di alam terjadi hukum alam yang dapat dibuktikan diantaranya Tanaman Mangga → Benalu → Ulat → Burung Pemakan Ulat.

3. Rantai Saprofit.

Rantai saprofit berasal dari organisme yang sumber makanannya dari sisa-sisa makhluk hidup yang telah mati. Rantai saprofit dimulai dari organisme mati ke jasad pengurai. Misalnya jamur dan bakteri. Rantai-rantai di atas tidak berdiri sendiri tapi saling berkaitan satu dengan lainnya sehingga membentuk jaring-jaring makanan. Lebih jelas disajikan dalam Gambar 22.



Gambar 22. Rantai Saprofit.

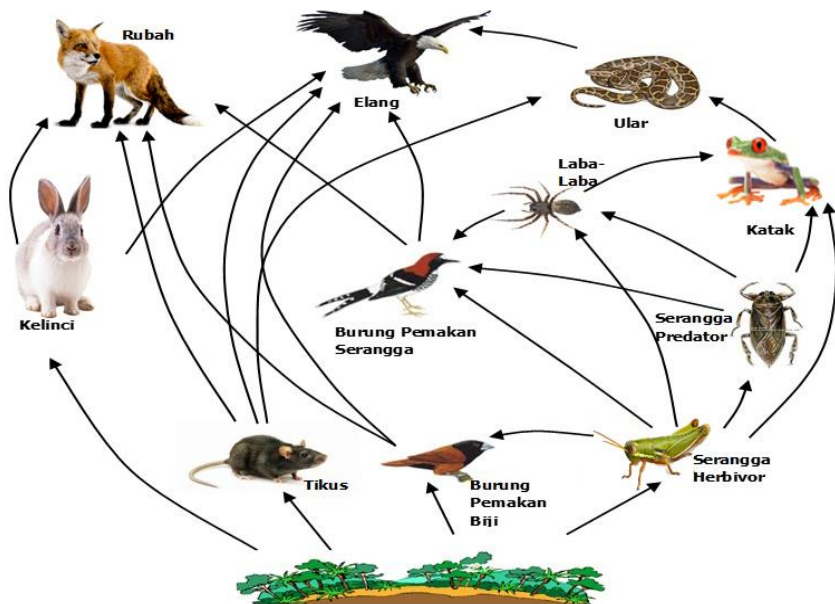
Berdasar Gambar 22 dapat dijelaskan bahwa di alam secara alami terjadi rantai saprofit sebagaimana ditunjukkan dalam peristiwa Hancuran Daun (seresah) → Cacing Tanah → Ayam → Musang.

Siklus dalam rantai makanan dapat berjalan seimbang apabila semua komponen tersedia. Apabila salah satu komponen, misalnya konsumen I tidak ada, maka akan terjadi ketimpangan dalam urutan makan dan dimakan dalam rantai makanan tersebut. Agar rantai makanan dapat berjalan terus menerus maka jumlah produsen harus lebih banyak dari pada konsumen I. Jumlah konsumen I harus lebih banyak dari pada jumlah konsumen II dan seterusnya. Kumpulan dari beberapa rantai makanan akan membentuk jaring-jaring makanan.

3.4. Jaring-Jaring Makanan.

Rantai makanan merupakan gambaran sederhana dari proses makan dimakan yang terjadi di alam. Sebenarnya, proses makan dimakan yang terjadi di dalam ekosistem adalah proses yang kompleks, dan apabila disusun secara lengkap akan diperoleh jarring-jaring makanan.

Tumbuhan hijau tidak hanya dimakan oleh satu organisme saja, tetapi dapat dimakan oleh berbagai konsumen primer. Misalnya: bunga sepatu daunnya dimakan ulat, ulat juga makan daun sawi. Daun sawi juga dimakan belalang, belalang dimakan katak dan burung pipit, burung pipit juga makan ulat, burung pipit dimakan burung elang. Daun sawi juga dimakan oleh tikus, tikus dimakan oleh burung elang. Akibatnya dalam suatu ekosistem tidak hanya terdapat satu rantai makanan saja tetapi banyak bentuk rantai makanan. Rantai-rantai makanan yang saling berhubungan antara satu dengan yang lain disebut jaring-jaring makanan. Lebih jelas disajikan dalam Gambar 23.

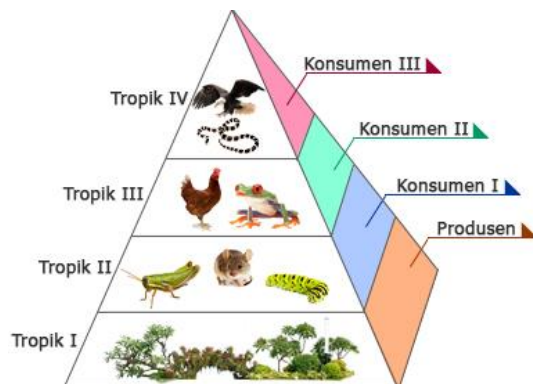


Gambar 23. Jaring-Jaring Makanan.

Berdasar Gambar 23 menunjukkan bahwa jaring-jaring makanan memperlihatkan hubungan populasi yang satu dengan populasi yang lain. Jaring-jaring yang menggambarkan hubungan makan-dimakan itu terbentuk agar kelangsungan hidup tiap populasi terjamin. Semakin kompleks jaring-jaring makanan, menunjukkan semakin kompleksnya aliran energi dan aliran makanan. Hal inilah yang mengakibatkan terjadinya kestabilan komunitas dan kestabilan ekosistem. Artinya, jika salah satu populasi spesies hilang, jaring-jaring makanan masih tetap berjalan. Coba bayangkan jika jaring-jaring makanan itu sederhana. Jika salah satu populasi spesies hilang, maka aliran energi dan aliran makanan di dalam ekosistem tersebut akan kacau. Itulah pentingnya keanekaragaman hayati yang berinteraksi dalam menjaga kestabilan suatu komunitas.

3.5. Tingkat Tropik.

Salah satu cara suatu komunitas berinteraksi adalah dengan peristiwa makan dan dimakan, sehingga akan terjadi aliran energi dari satu bentuk ke bentuk lain sepanjang rantai makanan. Organisme dalam kelompok ekologis yang terlibat dalam rantai makanan digolongkan dalam tingkat-tingkat tropik. Tingkat tropik tersusun dari seluruh organisme pada rantai makanan yang bernomor sama dalam tingkat memakan. Lebih jelas disajikan dalam Gambar 24.



Gambar 24. Tingkat Tropik.

Berdasar Gambar 24 tingkat tropik di alam semesta ini terjadi secara alam. Bukti bahwa tumbuhan sebagai produsen digolongkan dalam tingkat tropik pertama. Hewan herbivora atau organisme yang memakan tumbuhan termasuk anggota tingkat tropik kedua. Karnivora yang secara langsung memakan herbivora termasuk tingkat tropik ketiga, sedangkan karnivora yang memakan karnivora di tingkat tropik tiga termasuk dalam anggota tingkat trofik keempat.

3.6. Piramida Ekologi.

Telah diuraikan sebelumnya bahwa di dalam ekosistem alami, jumlah produser yang berada di tingkat trofik I merupakan jumlah terbesar. Jumlah konsumen yang berada di tingkat trofik II lebih kecil, and demikian seterusnya sehingga jumlah karnivora puncak merupakan jumlah terkecil.

Jika digambarkan akan berbentuk piramida dengan ujung yang semakin meruncing. Piramida itu disebut piramida ekologi. Piramida ekologi dapat dibedakan menjadi piramida jumlah individu, piramida biomassa, dan piramida energi.

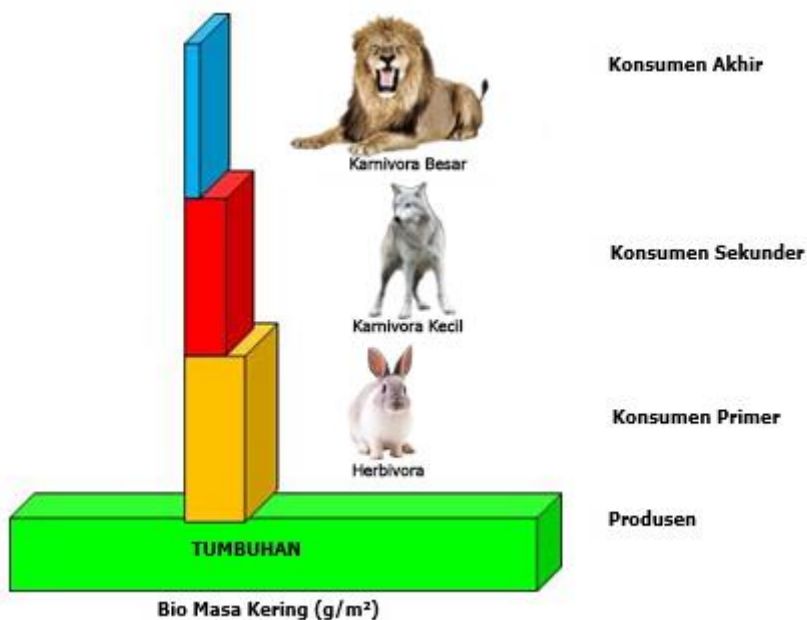
1. Piramida Jumlah Individu.

Piramida jumlah menggambarkan jumlah individu dalam populasi yang menempati tingkat trofik tertentu. Sebagaimana diuraikan di atas, jumlah organisme yang menempati trofik I memiliki jumlah yang lebih besar dibandingkan dengan organisme yang menempati tingkat trofik II. Jumlah organisme yang menempati tingkat trofik II juga lebih besar dibandingkan dengan jumlah organisme yang menempati tingkat trofik III, demikian seterusnya. Jadi, di dalam ekosistem normal, jumlah produser lebih banyak daripada konsumen I (herbivora), dan konsumen I lebih banyak daripada konsumen II (karnivora). Individu yang menempati puncak piramida jumlahnya paling sedikit. Dalam membuat piramida jumlah, kita menghitung jumlah individu dalam populasi pada suatu waktu tertentu per m².

2. Piramida Biomassa.

Biomassa adalah berat total komponen biotik suatu area tertentu pada suatu waktu tertentu. Biomassa tumbuhan diukur dari berat akar, batang, dan daun tumbuhan yang menempati areal tertentu. Piramida biomassa dibuat berdasarkan berat total populasinya pada suatu waktu. Untuk mengukur biomassa seluruhnya, dilakukan dengan teknik sampling (cuplikan) guna memperkirakan keseluruhannya. Jadi, untuk menentukan biomassa hutan yang luas dapat diambil sebagian areal sebagai sampel untuk memperkirakan biomassa seluruhnya. Piramida biomassa lebih memberikan gambaran yang sesungguhnya tentang aliran energi ekosistem. Kelemahannya, piramida biomassa hanya menggambarkan keadaan ekosistem dalam waktu tertentu.

Piramida biomassa dapat juga menggambarkan berkurangnya transfer energi pada setiap tingkat trofik dalam suatu ekosistem. Pada piramida biomassa setiap tingkat trofik menunjukkan berat kering dari seluruh organisme di tingkat trofik yang dinyatakan dalam gram/m². Umumnya bentuk piramida biomassa akan mengecil ke arah puncak, karena perpindahan energi antara tingkat trofik tidak efisien. Tetapi piramida biomassa dapat berbentuk terbalik. Secara garis besar disajikan dalam Gambar 25.



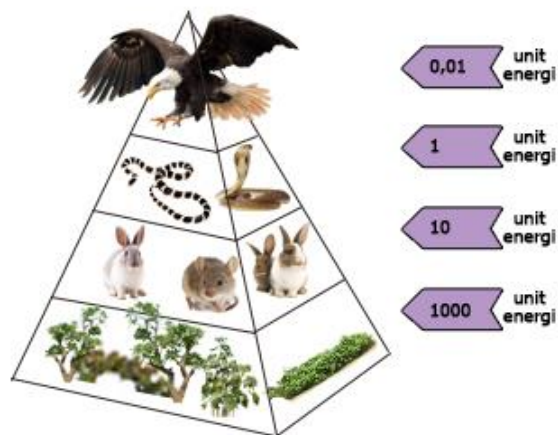
Gambar 25. Piramida Biomassa.

Berdasar Gambar 25 menunjukkan bahwa piramida biomassa menggambarkan ukuran berat materi organisme pada setiap trofik dalam satuan berat. Piramida biomassa hasilnya lebih akurat dari pada piramida jumlah individu. Untuk mengukur berat pada setiap trofik maka rata-rata berat organisme di tiap trofik harus diukur kemudian barulah jumlah organisme pada setiap trofik, tersebut dapat diperkirakan. Misalnya di lautan terbuka produsennya adalah fitoplankton mikroskopik, sedangkan konsumennya adalah makhluk mikroskopik sampai makhluk besar seperti paus biru dimana biomassa paus biru melebihi produsennya. Puncak piramida biomassa memiliki biomassa terendah yang berarti jumlahnya sedikit, dan umumnya individu karnivora pada puncak piramida bertubuh besar.

3. Piramida Energi.

Piramida biomassa hanya menggambarkan keadaan ekosistem pada waktu tertentu. Untuk dapat menggambarkan keadaan ekosistem dalam jangka waktu lebih lama, digunakan piramida energi. Piramida energi dapat memberikan gambaran lebih akurat tentang aliran energi pada suatu ekosistem. Di dalam ekosistem normal terjadi penurunan energi akibat pemborosan energi. Sebagaimana disinggung sebelumnya, hanya sekitar 10% energi dari tingkat trofik sebelumnya yang termanfaatkan.

Piramida energi menggambarkan banyaknya energi yang tersimpan dalam bentuk senyawa organik yang dapat digunakan sebagai bahan makanan. Energi yang tersimpan itu dikenal sebagai energi primer. Energi itu disetarakan dengan mengubah satuan berat kering ke satuan energi yang dinyatakan dalam kalori atau Joule. Dengan demikian, biomassa energi dinyatakan dalam kalori per m² satuan waktu (kal/m² /tahun). Lebih jelas disajikan dalam Gambar 26.



Gambar 26. Piramida Energi.

Berdasarkan Gambar 26 membuktikan bahwa piramida energi di alam semakin ke puncak semakin kecil. Terbukti untuk produktivitasnya, makin ke puncak tingkat trofik makin sedikit, sehingga energi yang tersimpan semakin sedikit juga. Energi dalam piramida energi dinyatakan dalam kalori per satuan luas per satuan waktu. Piramida energi mampu memberikan gambaran paling akurat tentang aliran energi dalam ekosistem.

3.7. Daur Biogeokimia.

Daur atau siklus biogeokimia terjadi sebagai akibat dari peranan ketiga tingkat trofik dalam suatu ekosistem. Daur biogeokimia adalah siklus unsur/senyawa kimia yang mengalir dari komponen abiotik ke biotik dan kembali lagi ke komponen abiotik. Jadi di dalam ekosistem unsur-unsur dari lingkungan mengalami perpindahan dan perubahan melalui organisme dari satu tingkat trofik ke tingkat trofik berikutnya, kemudian kembali lagi ke lingkungan abiotiknya.

Siklus unsur-unsur tersebut tidak hanya melalui makhluk hidup saja, tetapi melibatkan juga reaksi-reaksi kimia di dalam lingkungan abiotiknya. Siklus ini terus-menerus berlangsung dalam suatu ekosistem, sepanjang ekosistem tersebut bertahan dalam keserasian dan keseimbangan.

Makhluk hidup maupun benda mati yang ada di bumi tersusun oleh materi. Materi ini tersusun oleh antara lain: karbon (C), Oksigen (O), Nitrogen (N), Hidrogen (H), Belerang atau sulfur (S) dan Fosfor (P). Unsur-unsur kimia tersebut dimanfaatkan oleh produsen untuk membentuk bahan organik dengan bantuan energi matahari atau energi yang berasal dari reaksi kimia. Bahan organik yang dihasilkan adalah sumber bagi organisme. Proses makan atau dimakan pada rantai makanan mengakibatkan aliran materi dari mata rantai yang lain. Walaupun makhluk dalam satu rantai makanan mati, aliran materi masih tetap berlangsung terus. Karena makhluk hidup yang mati tadi diuraikan oleh dekomposer yang akhirnya akan masuk lagi

ke rantai makanan berikutnya. Begitu selanjutnya terus-menerus sehingga membentuk suatu aliran energi dan daur materi.

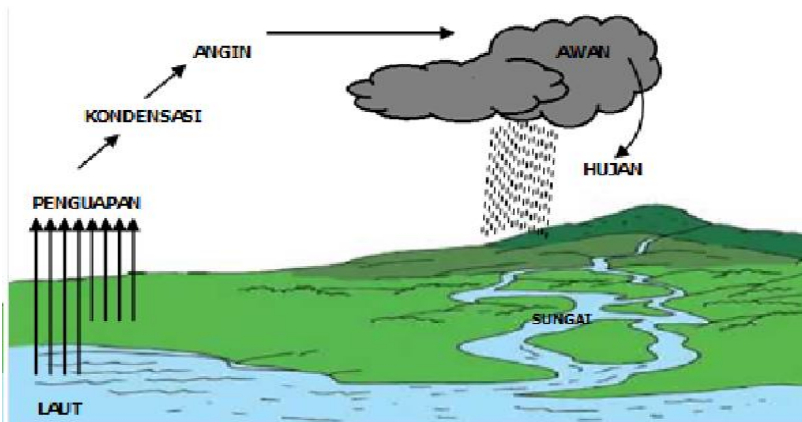
Biogeokimia merupakan pertukaran atau perubahan yang terus menerus, antara komponen biosfer yang hidup dengan tak hidup. Dalam suatu ekosistem, materi pada setiap tingkatan trofik tak hilang. Materi berupa unsur-unsur penyusun bahan organik di daur ulang. Unsur-unsur tersebut masuk ke dalam komponen biotik melalui udara, tanah, dan air. Daur ulang materi tersebut melibatkan makhluk hidup dan batuan (geofisik) sehingga disebut daur biogeokimia. Fungsi daur biogeokimia adalah sebagai siklus materi yang melibatkan semua unsur kimia yang sudah terpakai oleh semua yang ada di bumi baik komponen biotik maupun abiotik, sehingga kelangsungan hidup di bumi tetap terjaga.

Pendaaurulangan unsur-unsur organik tersebut sangat penting bagi kelangsungan hidup semua organisme. Hal itu disebabkan sumber unsur-unsur sangat terbatas sehingga unsur-unsur anorganik menjadi habis terpakai jika digunakan secara terus-menerus. Unsur-unsur anorganik yang mengalami *daur biogeokimia* tersebut, ada yang mengikuti daur edafik (yang dalam daurnya, tidak pernah membentuk gas di udara) dan ada yang mengikuti daur atmosferik (yang dalam daurnya mengalami fase berbentuk gas di udara). Berikut ini akan diuraikan proses *daur biogeokimia* beberapa unsur-unsur anorganik penting, antara lain:

1. Daur Air.

Semua organisme hidup memerlukan air untuk melakukan aktivitas hidupnya. Oleh karena itu, ketersediaan air di lingkungan sangat mutlak bagi organisme hidup. Hewan mengambil air, langsung dari air permukaan, tumbuhan dan hewan yang dimakan, sedangkan tumbuhan mengambil air dari air tanah dengan menggunakan akarnya. Manusia menggunakan sekitar seperempat air tanah yang ada di daratan. Air keluar dari hewan dan manusia berupa urin dan keringat, sedangkan pada tumbuhan melalui proses transpirasi.

Air sangat penting karena fungsinya sebagai pelarut kation dan anion, pengatur suhu tubuh, pengatur tekanan osmotik sel, dan bahan baku fotosintesis. Di alam daur air secara garis besar disajikan sebagaimana terlihat dalam Gambar 27.



Gambar 27. Daur air.

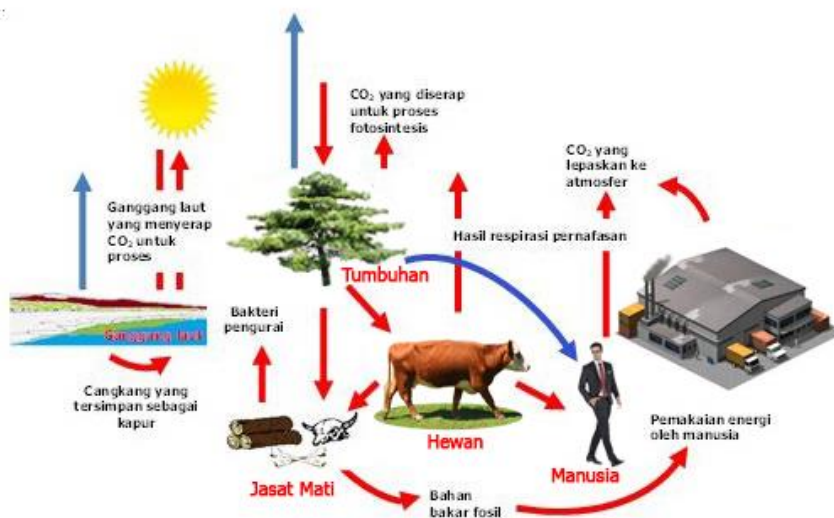
Berdasar Gambar 27 dapat dijelaskan bahwa semua tempat yang terkena energi matahari (air laut, air danau, dll) akan menguap termasuk pada tumbuhan dan hewan. Akibat tiupan angin, awan menuju permukaan daratan. Pengaruh suhu yang rendah mengakibatkan terjadinya kondensasi uap air menjadi titik-titik air hujan. Hujan turun di permukaan bumi sebagian meresap ke dalam tanah, sebagian dimanfaatkan oleh hewan dan tumbuhan (yang tidak diserap akan menjadi mata air) sebagian lagi mengalir ke sungai-sungai sampai laut. Setelah dimanfaatkan manusia, hewan, dan tumbuhan dikeluarkan lagi dan menguap. Sedangkan air yang ada di dalam tanah mengalir sampai laut semuanya berlanjut terus.

Jika terjadi gangguan daur air, misalnya illegal logging maka terjadi banjir dan kegiatan distribusi tak lancar dan pada akhirnya bisa terjadi kekeringan seperti di Indonesia.

2. Daur karbon dan Oksigen.

Karbon dan oksigen juga penting bagi kehidupan seperti penyusun materi dalam tubuh dan digunakan sebagai fotosintetis. Di alam daur ini sebagai berikut: awalnya karbon dioksida diserap oleh tumbuhan melalui fotosintetis dijadikan glukosa. Lalu, disusun menjadi amilum, kemudian diubah menjadi senyawa gula yang lain, lemak, protein, dan vitamin. Pada proses pernafasan tumbuhan, dihasilkan lagi karbondioksida dan oksigen. Daur oksigen juga sama. Hewan makan tumbuhan dapat karbon lalu setelah berjalannya waktu tubuh hewan dan tumbuhan mati dan diuraikan menjadi karbon dioksida, air, dan mineral. Karbon tadi dilepaskan ke udara dan seterusnya. Dari kedua unsur tadi yang paling panjang daurnya adalah karbon.

Unsur karbon di atmosfer dalam bentuk gas karbon dioksida (CO_2), sedangkan unsur oksigen dalam bentuk gas oksigen (O_2). Konsentrasi (CO_2) di atmosfer diperkirakan 0,03 %. Karbon dioksida masuk ke dalam komponen biotik melalui organisme fotoautotrof (tumbuhan hijau) dan kemoautotrof (bakteri kemoautotrof) dalam proses fotosintesis dan kemosintesis. Karbon kemudian tersimpan sebagai zat organik dan berpindah melalui rantai makanan, respirasi dan ekskresi ke lingkungan. Sedangkan, oksigen (O_2) masuk ke komponen biotik melalui proses respirasi untuk membakar bahan makanan, lalu dihasilkan karbon dioksida (CO_2). Daur karbon berkaitan erat dengan daur oksigen di alam ini secara garis besar disajikan dalam Gambar 28.



Gambar 28. Daur Karbon.

Berdasar Gambar 28 membuktikan bahwa daur karbon di alam semesta berlangsung dan terjadi sesuai hukum alam dengan syarat seluruh faktor pembentuk berlangsung optimal dan seimbang.

3. Daur Nitrogen.

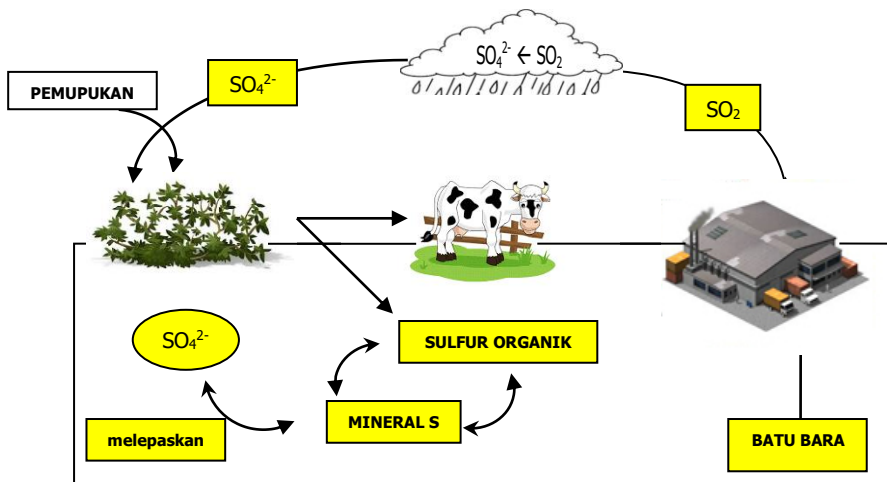
Nitrogen merupakan unsur penyusun udara atau atmosfer yang terbesar, yaitu sekitar 80%. Unsur ini merupakan penyusun senyawa organik, khususnya protein. Meskipun ketersediaan nitrogen di udara sangat melimpah, hewan dan tumbuhan tidak dapat mengambil langsung dari udara. Hal itu disebabkan nitrogen bebas di udara terdiri atas molekul-molekul dinitrogen (N₂) yang stabil dan jumlah energi yang diperlukan untuk memecah ikatan dinitrogen tersebut relatif besar. Nitrogen tersedia bagi tumbuhan hanya dalam bentuk ammonium (NH₄⁺) dan nitrat (NO₃⁻).

Beberapa jenis tumbuhan (misalnya, tumbuhan polong-polongan atau *Leguminosae*) dapat menggunakan nitrogen bebas dari udara karena mereka hidup bersimbiosis dengan mikroorganisme prokariota, yaitu bakteri dan *Cyanobacteria*, yang dapat mengikat (memfiksasi) nitrogen bebas serta memecahnya menjadi senyawa nitrat (NO_3^-). Bakteri tersebut, contohnya *Rhizobium*, terdapat di dalam bintil-bintil akar tumbuhan *Leguminosae*.

Jika tumbuhan atau hewan mati, jaringan tubuhnya mengalami pembusukan yang merupakan hasil kerja dekomposer (bakteri dan jamur saprotrof). Salah satu hasil penting pembusukan adalah ammonia (NH_3), yaitu suatu senyawa nitrogen yang akan diendapkan ke tanah. Hasil ekskresi hewan juga mengandung bahan-bahan buangan bernitrogen, seperti ammonia, urea, dan asam urat yang juga didekomposisi oleh bakteri tanah. Ammonia bereaksi dengan air (H_2O) tanah membentuk garam-garam ammonium (NH_4^+) yang selanjutnya dioksidasi menjadi nitrit (NO_2^-) lalu menjadi nitrat oleh bakteri nitrifikasi kemosintesis, seperti *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*. Dalam kondisi anaerob, nitrat dengan garam-garam ammonium tersebut direduksi menjadi gas dinitrogen (N_2) oleh bakteri kemosintesis denitrifikasi. Bakteri denitrifikasi itu terdapat di tanah, limbah, dan timbunan kompos. Nitrat diserap dan digunakan tumbuhan untuk membentuk asam-asam amino yang diperlukan dalam sintesis protein untuk pertumbuhan tumbuhan. Senyawa nitrogen yang terdapat pada tumbuhan dapat berpindah ke hewan ataupun manusia melalui rantai makanan.

Proses pengikatan nitrogen secara alami lainnya adalah melalui kerja sinar ultraviolet di permukaan atmosfer dan dari kilat/petir dalam kondisi tekanan dan suhu yang tinggi serta adanya oksigen. Hasilnya adalah senyawa nitrogen oksida, yaitu nitrat. Gambar di bawah akan menunjukkan kepada Anda skema daur nitrogen di alam. Secara garis besar disajikan dalam Gambar 29.

berasal dari gas gunung berapi, pembakaran bahan bakar fosil berkadar belerang tinggi, peleburan bijih yang mengandung senyawa belerang, dan dari pemrosesan bubur kayu (pulp). Di udara, sulfur dioksida bereaksi dengan oksigen dan air membentuk asam sulfat yang jatuh ke tanah, sungai, serta lautan dalam bentuk ion-ion sulfat (SO_4^{2-}) bersama air hujan. Selanjutnya, ion-ion sulfat yang ada di dalam tanah diserap oleh tumbuhan dan digunakan untuk mensintesis protein. Unsur belerang dalam tubuh tumbuhan akan berpindah ke tubuh hewan dan manusia melalui rantai makanan. Ketika hewan dan tumbuhan mati, bakteri-bakteri anaerob tanah mereduksi ion-ion sulfat dan melepaskan gas hidrogen sulfida (H_2S) yang berbau seperti telur busuk serta sama beracunnya dengan sianida. Gas hidrogen sulfida yang lepas ke udara bereaksi dengan oksigen membentuk gas sulfur dioksida, sedangkan di dalam tanah hidrogen sulfida dioksidasi oleh bakteri tanah menjadi ion sulfat dan senyawa sulfur oksida (SO). Untuk lebih jelasnya, coba Anda lihat Gambar di bawah. Lebih jelas disajikan dalam Gambar 30.



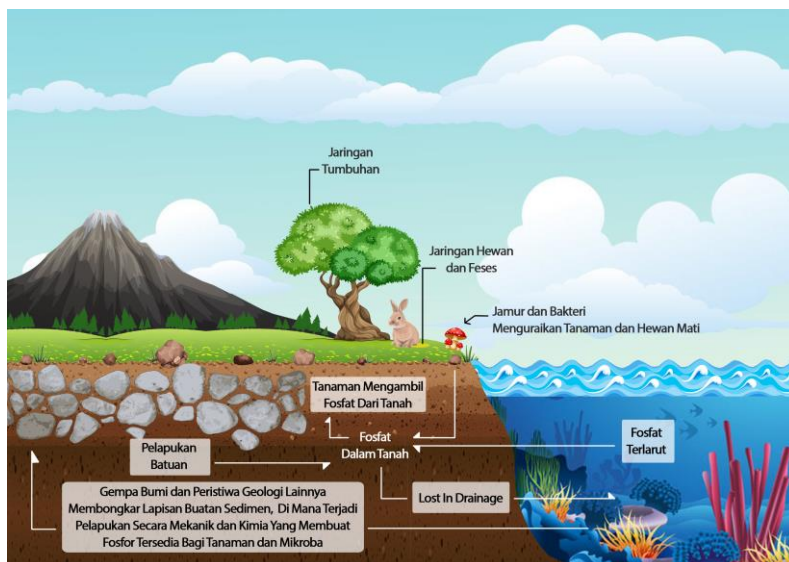
Gambar 30. Siklus Sulfur.

Berdasar Gambar 30 dapat dijelaskan bahwa siklus sulfur akan berlangsung terus di alam sepanjang seluruh komponen komunitas pembentuknya tersedia dan berperan optimal serta dalam kondisi seimbang.

5. Daur Fosfor.

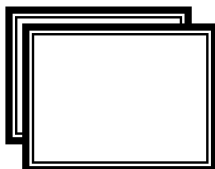
Fosfor merupakan unsur kimia yang jarang terdapat di alam dan merupakan faktor pembatas produktivitas ekosistem, serta merupakan unsur yang penting untuk pembentukan asam nukleat, protein, ATP dan senyawa organik vital lainnya. Fosfor satu-satunya daur zat yang tidak berupa gas, sehingga daurnya tidak melalui udara. Sebagian besar fosfor mengalir ke laut dan terikat pada endapan di perairan atau dasar laut. Begitu sampai di laut hanya ada dua mekanisme untuk daur ulangnya ke ekosistem darat, salah satunya melalui burung-burung laut yang mengambil fosfor melalui rantai makanan laut dan mengembalikan ke darat melalui kotorannya kemudian masuk ke rantai makanan

Fosfor merupakan bahan pembentuk tulang pada hewan. Semua mahluk memerlukan sebagai pembentuk DNA, RNA, protein, energi (ATP), dan senyawa organik lainnya. Daur fosfor lebih sederhana dari pada daur lainnya karena tidak melibatkan atmosfer. Lebih jelas di alam, daur fosfor diilustrasikan dalam Gambar 31.



Gambar 31. Daur Fosfor.

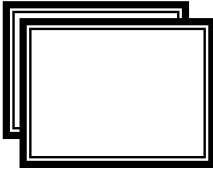
Berdasar Gambar 31 dapat dijelaskan bahwa daur fosfor di alam terjadi secara alami sepanjang tidak ada campur manusia mnerusak. Di dalam tanah mengandung fosfat anorganik yang dapat diserap oleh tumbuhan. Kemudian tumbuhan dimakan oleh konsumen sehingga fosfor berpindah ke hewan. Tumbuhan dan hewan mati, feses, dan urinnya akan terurai menjadi fosfat organik. Oleh bakteri fosfat tersebut diubah menjadi fosfat arorganik yang dapat diserap tumbuhan. Dan seperti biasa akan terulang.



RANGKUMAN

1. Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja yang diperoleh organisme dari makanan yang dikonsumsinya untuk kelangsungan hidupnya. Misalnya, untuk tumbuh, bereproduksi, dan bergerak.
2. Proses pemenuhan kebutuhan energi tersebut terjadi hubungan saling ketergantungan energi di antara makhluk hidup yang berbeda. Dalam hal ini, ada makhluk hidup yang berperan sebagai produser, konsumen, atau dekomposer.
3. Rantai Makanan merupakan sebuah aliran energi makanan melalui sebuah ekosistem. Energi tersebut mengalir dalam satu arah melalui sejumlah makhluk hidup.
4. Rantai makanan dimulai dari organisme autotrof dengan mengubah energi cahaya dari matahari menjadi energi kimia. Energi kimia ini akan diteruskan pada konsumen tingkat pertama atau primer, tingkat kedua atau sekunder, dan seterusnya sampai kelompok organisme pengurai atau dekomposer.
5. Rantai makanan merupakan gambaran sederhana dari proses makan dimakan yang terjadi di alam. Sebenarnya, proses makan dimakan yang terjadi di dalam ekosistem adalah proses yang kompleks, dan apabila disusun secara lengkap akan diperoleh jaring-jaring makanan.
6. Biogeokimia merupakan pertukaran atau perubahan yang terus menerus, antara komponen biosfer yang hidup dengan tak hidup. Dalam suatu ekosistem, materi pada setiap tingkatan trofik tak hilang. Materi berupa unsur-unsur penyusun bahan organik di

-
-
- daur ulang. Unsur-unsur tersebut masuk ke dalam komponen biotik melalui udara, tanah, dan air.
7. Fungsi daur biogeokimia adalah sebagai siklus materi yang melibatkan semua unsur kimia yang sudah terpakai oleh semua yang ada di bumi baik komponen biotik maupun abiotik, sehingga kelangsungan hidup di bumi tetap terjaga.



TUGAS

1. Jelaskan dan uraikan hubungan rantai makanan dengan aliran energi dalam ekosistem berdasarkan pendapatmu!
2. Jelaskan dan uraikan cara menentukan tingkatan trofik suatu organisme pada suatu rantai makanan!
3. Jelaskan kasus ledakan ulat bulu (berdasarkan sudut pandang rantai makanan) !
4. Jelaskan dan uraikan definisi energi dan aliran energi!
5. Jelaskan dan uraikan mengenai rantai makanan dan jejaring makanan berdasarkan pendapatmu!
6. Jelaskan tentang tingkatan trofik di dalam ekosistem!
7. Sebutkan dan sertakan contoh mengenai piramida ekologi !
8. Jelaskan dan sertakan contoh proses daur biogeokimia!

**BAB
IV****DINAMIKA DAN
KOMUNITAS VEGETASI**

4.1. Suksesi.

Lucy E. Braun (1956) mengatakan bahwa vegetasi merupakan sistem yang dinamik, sebentar menunjukkan pergantian yang kompleks kemudian nampak tenang, dan bila dilihat hubungan dengan habitatnya, akan nampak jelas pergantiannya setelah mencapai keseimbangan. Pengamatan yang lama pada pergantian vegetasi di alam menghasilkan konsep suksesi.

Suksesi vegetasi menurut Odum (1971) adalah urutan proses pergantian komunitas tanaman di dalam satu kesatuan habitat, adanya pergantian komunitas cenderung mengubah lingkungan fisik sehingga habitat cocok untuk komunitas lain sampai keseimbangan biotik dan abiotik tercapai. Sedangkan menurut Clements (1974), Suksesi adalah proses alami dengan terjadinya koloni yang bergantian, biasanya dari koloni sederhana ke yang lebih kompleks.

Komunitas yang terdiri dari berbagai populasi bersifat dinamis dalam interaksinya yang berarti dalam ekosistem mengalami perubahan sepanjang masa. Proses perubahan atau perkembangan ekosistem atau komunitas yang berlangsung menuju kedewasaan dan keseimbangan kesatu arah yang berlangsung lambat secara teratur, pasti, dan terarah serta dapat diramalkan disebut suksesi.

Perubahan komposisi dan struktur dalam komunitas dapat dengan mudah diamati atau terlihat dan seringkali perubahan itu berupa pergantian satu komunitas oleh komunitas lain setelah beberapa gangguan, seperti kebakaran besar atau ledakan gunung

berapi. Daerah yang terganggu itu bisa dikolonisasi oleh berbagai varietas spesies, yang secara perlahan-lahan digantikan oleh suatu komunitas spesies lain.

Dinamika di alam adalah suatu kenyataan yang tidak dapat diingkari. Segala sesuatu yang sekarang ada sebenarnya hanyalah merupakan suatu stadium dari deretan proses perubahan yang tidak pernah ada akhirnya. Keadaan keseimbangan yang tampaknya begitu mantap, hanyalah bersifat relatif karena keadaan itu segera akan berubah jika salah satu dari komponennya mengalami perubahan.

Suksesi terjadi akibat dari modifikasi lingkungan fisik dalam komunitas atau ekosistem, dan terjadinya faktor persaingan di antara satuan-satuan vegetasi menyebabkan perubahan ke arah tertentu. Kondisi demikian apabila berlangsung lama dan terus menerus sangat dimungkinkan memunculkan dominasi komunitas tertentu dan atau malah terjadi keseimbangan komunitas tertentu. Fakta empirik dalam satu kawasan hamparan didominasi tumbuhan alang-alang.

Proses suksesi berakhir dengan sebuah komunitas mantap (ekosistem klimaks), akibat telah tercapai keadaan seimbang (homeostatis). Fakta demikian ini banyak terjadi di alam semesta. Jadi, proses alam ini sesungguhnya terjadi sedemikian rupa, sehingga sering kali campur tangan manusia malah menghambat bahkan memusnahkan komunitas tertentu. Akibatnya, terjadi ketidakseimbangan ekosistem dan menuju kepunahan komunitas tertentu.

Suksesi vegetasi menurut Odum (1971) adalah urutan proses pergantian komunitas tanaman di dalam satu kesatuan habitat, adanya pergantian komunitas cenderung mengubah lingkungan fisik sehingga habitat cocok untuk komunitas lain sampai keseimbangan biotik dan abiotik tercapai.

Menurut **Salisbury** (.....), suksesi vegetasi adalah kecenderungan kompetitif setiap individu dalam setiap fase perkembangan sampai mencapai klimaks, dan menurut Clements (1974) adalah proses alami dengan terjadinya koloni yang bergantian, biasanya dari koloni sederhana ke yang lebih kompleks.

Suksesi merupakan proses yang menyeluruh dan kompleks dengan adanya permulaan, perkembangan dan akhirnya mencapai kestabilan pada fase klimaks. Klimaks merupakan fase kematangan yang final, stabil memelihara diri dan memproduksi sendiri dari suatu perkembangan vegetasi dalam suatu iklim.

Interaksi dari semua faktor lingkungan yang berpengaruh akan menentukan komposisi jenis vegetasi komunitas. Dengan demikian keberadaan tegakan vegetasi akan bervariasi antar satu tipe dengan tipe lainnya bahkan terdapat variasi antar unit hutan. Faktor lingkungan yang membatasi jumlah spesies yang hidup pada suatu tahap suksesi dikenal ke dalam dua kategori, yaitu (Mueller;1974):

1. Faktor lingkungan yang mengakibatkan stres terdiri dari fenomena-fenomena yang membatasi hasil fotosintesa seperti cahaya, air, unsur hara tanah dan suhu;
2. Faktor yang berhubungan dengan terjadinya kerusakan baik kerusakan sebagian maupun keseluruhan biomassa vegetasi seperti serangan hama, patogen atau manusia.

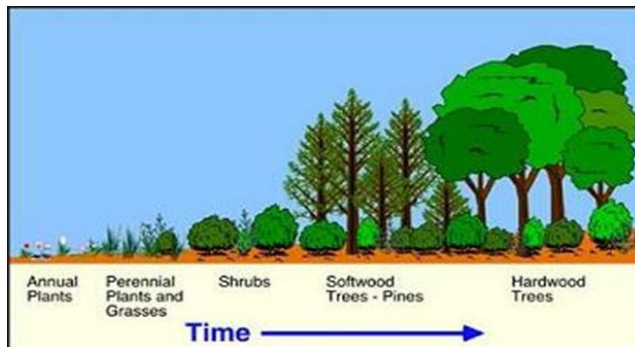
Komunitas tumbuhan umumnya terbentuk mulai dari tingkat pioner yang kemudian digeser oleh seri tumbuhan yang lebih dewasa sampai pada komunitas yang relatif stabil dan berada dalam keseimbangan dengan lingkungan setempat.

Perubahan dalam suksesi bersifat kontinu, dimana rentetan suatu perkembangan dan pergantian komunitas merupakan suatu seri komunitas yang terbentuk pada keadaan tertentu disebut SERE, dan komunitas yang sudah mencapai kemantapan dan permanen disebut KLIMAKS.

Proses suksesi yang berakhir dengan suatu komunitas atau ekosistem klimaks, dapat diartikan bahwa komunitas sudah dapat mempertahankan kestabilan internalnya sebagai akibat dari respon (tanggapan) yang terkoordinasi dari komponennya terhadap setiap rangsangan yang cenderung mengganggu kondisi atau fungsi normal komunitas.

Laju pertumbuhan populasi dan komposisi spesies berlangsung dengan cepat pada fase awal suksesi, kemudian menurun pada perkembangan berikutnya.

Kondisi yang membatasi laju pertumbuhan populasi dan komposisi spesies pada tahap berikutnya adalah faktor lingkungan yang kurang cocok untuk mendukung kelangsungan hidup permudaan jenis-jenis tertentu. Lebih jelas disajikan dalam Gambar 32.



Gambar 32. Suksesi Pada Habitat Darat.

Berdasar Gambar 32 dapat dijelaskan bahwa suksesi pada habitat darat berlangsung sesuai berlangsungnya waktu dan kemampuan beradaptasi dengan lingkungan alam pembentuknya.

Menurut Clements (1974), dalam mekanisme suksesi dikenal adanya enam sub-komponen, yaitu :

1. Nudasi :terbukanya lahan, bersih dari vegetasi.
2. Migrasi :tersebarinya biji.
3. Ekseisis :proses perkecambahan, pertumbuhan dan reproduksi
4. Kompetisi :adanya pergantian spesies.
5. Reaksi :perubahan habitat karena aktivitas spesies.
6. Final stabilisasi, klimaks: komunitas stabil.

Beberapa ahli berpendapat bahwa proses suksesi selalu progresif (selalu mengalami kemajuan), sehingga membawa pengertian ke dua hal:

-
-
1. Pergantian progresif pada kondisi tanah (habitat) yang biasanya pergantian itu dari habitat yang ekstrim ke optimum untuk pertumbuhan vegetasi.
 2. Pergantian progresif dalam bentuk pertumbuhan (life form). Berdasarkan perkembangan yang terjadi di alam, sangat mungkin terjadi pergantian suksesi sangat cepat dan dominan, akan tetapi, perubahan-perubahan vegetasi tersebut dapat mengakibatkan hilangnya jenis-jenis komunitas tertentu dan dapat pula terjadi suatu penurunan kompleksitas struktural sebagai akibat dari degradasi ekosistem setempat.

Keadaan seperti itu mungkin saja terjadi misalnya hilangnya mineral dalam tanah. Perubahan vegetasi seperti itu dapat dikatakan sebagai suksesi retrogresif atau regresi (suksesi yang mengalami kemunduran). Fakta ini harus dijadikan umat manusia sebagai bahan pertimbangan yang komprehensif demi terciptanya keberlangsungan ketersediaan mineral dalam tanah.

Konsep lama tentang suksesi menyatakan bahwa suksesi berlangsung secara teratur, pasti, terarah, dapat diramalkan, dan berakhir dengan komunitas klimaks, konsep ini masih diterima.

Sedangkan menurut konsep mutakhir, suksesi ini tidak lebih dari pergantian jenis-jenis pionir oleh jenis-jenis yang lebih mantap dan dapat menyesuaikan secara lebih baik dengan lingkungannya.

4.2. Jenis Suksesi.

Mueller (1974) menyatakan suksesi ada dua tipe, yaitu suksesi primer dan suksesi sekunder. Perbedaan dua tipe suksesi ini terletak pada kondisi habitat awal proses terjadinya suksesi.

1. Suksesi Primer.

Suksesi primer terjadi jika suatu komunitas mendapat gangguan yang mengakibatkan komunitas awal hilang secara total sehingga terbentuk habitat baru. Gangguan tersebut dapat terjadi secara alami maupun oleh campur tangan manusia. Gangguan secara alami dapat berupa tanah longsor, letusan gunung berapi, dan endapan lumpur di muara sungai. Gangguan

oleh campur tangan manusia dapat berupa kegiatan penambangan (batu bara, timah, dan minyak bumi). Suksesi primer ini diawali tumbuhnya tumbuhan pionir, biasanya berupa lumut kerak. Lumut kerak mampu melapukkan batuan menjadi tanah sederhana. Lumut kerak yang mati akan diuraikan oleh pengurai menjadi zat anorganik. Zat anorganik ini memperkaya nutrisi pada tanah sederhana sehingga terbentuk tanah yang lebih kompleks. Benih yang jatuh pada tempat tersebut akan tumbuh subur. Setelah itu, akan tumbuh rumput, semak, perdu, dan pepohonan.

Bersamaan dengan itu pula hewan mulai memasuki komunitas yang baru terbentuk. Hal ini dapat terjadi karena suksesi komunitas tumbuhan biasanya selalu diikuti dengan suksesi komunitas hewan. Secara langsung atau tidak langsung. Hal ini karena sumber makanan hewan berupa tumbuhan sehingga keberadaan hewan pada suatu wilayah komunitas tumbuhan akan senantiasa menyesuaikan diri dengan jenis tumbuhan yang ada. Akhirnya terbentuklah komunitas klimaks atau ekosistem seimbang yang tahan terhadap perubahan (bersifat homeostatis). Salah satu contoh suksesi primer yaitu peristiwa meletusnya gunung Krakatau. Setelah letusan itu, bagian pulau yang tersisa tertutup oleh batu apung dan abu sampai kedalaman rata-rata 30 m.

2. Suksesi Sekunder.

Suksesi sekunder terjadi jika suatu gangguan terhadap suatu komunitas tidak bersifat merusak total tempat komunitas tersebut sehingga masih terdapat kehidupan / substrat seperti sebelumnya. Proses suksesi sekunder dimulai lagi dari tahap awal, tetapi tidak dari komunitas pionir. Gangguan yang menyebabkan terjadinya suksesi sekunder dapat berasal dari peristiwa alami atau akibat kegiatan manusia. Gangguan alami misalnya angin topan, erosi, banjir, kebakaran, pohon besar yang tumbang, aktivitas vulkanik, dan kekeringan hutan.

Gangguan yang disebabkan oleh kegiatan manusia contohnya adalah pembukaan areal hutan.

4.3. Proses Terjadinya Suksesi.

Proses pergantian antar tingkat dalam suksesi primer untuk mencapai klimaks, dapat membutuhkan waktu puluhan, ratusan bahkan ribuan tahun. Waktu yang dibutuhkan suksesi sekunder lebih cepat dibandingkan dengan suksesi primer.

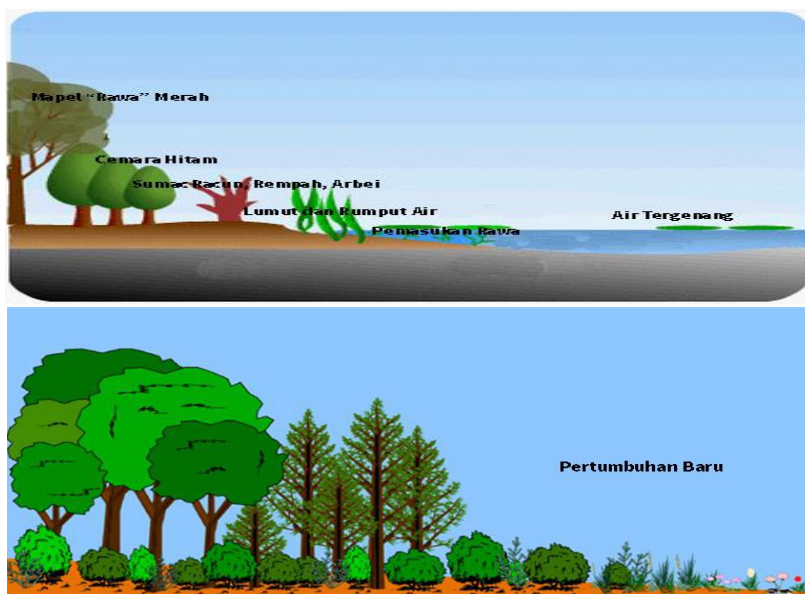
Tingkat perubahan komunitas berlangsung dalam periode pendek dengan perkembangan yang cepat, hal ini disebabkan habitat (tanah dan air) sudah terbentuk untuk menyokong pertumbuhan vegetasi. Proses yang terjadi selama proses suksesi dapat diringkaskan sebagai berikut :

1. Perkembangan sifat substrat atau tanah yang progresif, misalnya terjadinya penambahan kandungan bahan organik sejalan dengan perkembangan komunitas yang semakin kompleks dengan komposisi jenis yang lebih beranekaragam dari pada sebelumnya.
2. Struktur komunitas semakin kompleks, peningkatan kepadatan, dan tingginya tumbuhan, mengakibatkan dalam komunitas terbentuk stratifikasi.
3. Peningkatan produktifitas sejalan dengan perkembangan komunitas dan perkembangan tanah.
4. Peningkatan jumlah jenis sampai pada tahap tertentu dari suksesi.
5. Peningkatan pemanfaatan sumber daya lingkungan sesuai dengan peningkatan jumlah jenis.
6. Perubahan iklim mikro sesuai dengan perubahan komposisi jenis bentuk hidup (life form) tumbuhan dan struktur komunitas.
7. Komunitas berkembang menjadi lebih kompleks.

Kecepatan proses suksesi pada suatu komunitas atau ekosistem dipengaruhi beberapa faktor, antara lain :

1. Luasnya komunitas asal yang rusak karena gangguan
2. Jenis-jenis tumbuhan yang terdapat di sekitar komunitas yang terganggu
3. Kehadiran tumbuhan pemencar biji dan benih
4. Iklim, terutama arah dan kecepatan angin yang membawa biji, spora dan benih lain, serta curah hujan yang mempengaruhi perkecambahan biji dan spora dan perkembangan semai selanjutnya.
5. Macam atau jenis substrat baru yang terbentuk
6. Sifat-sifat jenis tumbuhan yang ada di sekitar tempat terjadinya suksesi.

Kecepatan proses suksesi pada suatu komunitas dalam ekosistem di alam secara faktual dan empirik disajikan dalam Gambar 33.



Gambar 33. Suksesi di Ekosistem Daratan yang Mengarah ke Perairan.

Berdasar Gambar 33 dapat dijelaskan bahwa suksesi di ekosistem daratan yang mengarah ke perairan berlangsung terbalik dibanding suksesi daratan. Jika vegetasi yang ada kemudian musnah dan timbul lahan kosong disebut *lahan sekunder* atau *lahan terdenudasi*. Suksesi sekunder mempunyai tahap yang lebih sedikit dari pada suksesi primer, dan biasanya klimaks pada suksesi sekunder lebih cepat dicapai.

Sebaliknya proses suksesi primer berjalan lambat, hal ini disebabkan oleh keadaan iklim batuan yang kering yang disertai belum terbentuknya tanah. Karenanya hanya tumbuhan tertentu yang dapat hidup pada keadaan tersebut. Spesies pertama hidup di atas habitat yang belum pernah ditumbuhi tumbuhan disebut *tumbuhan pioner*, contoh lumut.

Tumbuhan lumut umumnya sangat sedikit pengaruhnya dalam penghancuran bongkah batuan menjadi tanah. Lumut dan tumbuhan berpembuluh merupakan penyokong terbesar dalam pembentukan tanah dan vegetasi. Ada beberapa macam tipe suksesi berdasarkan habitatnya yaitu:

1. Hidrosere.

Tipe suksesi yang berkembang di daerah (habitat) perairan yang biasanya disebut *Hidrarch*. Vegetasi yang sering berganti dalam hidrarch disebut *hidrosere*. Tipe suksesi ini tidak selalu memerlukan komunitas aquatic untuk menuju ke perkembangan komunitas daratan. Jika air yang ada dalam jumlah cukup besar dan sangat dalam atau jika air selalu bergerak kuat (gelombang) atau adanya kekuatan fisik lain, suksesi menghasilkan suatu komunitas aquatik yang stabil dan sukar mengalami pergantian.

Jadi suksesi ini hanya terjadi jika kolonisasi komunitas tumbuhan menempati kolam buatan yang kecil dan dangkal, serta diikuti terjadinya erosi tanah di tepi danau, sehingga batas air semakin kecil dan hilang setelah waktu yang lama. Tumbuhan pelopor adalah tumbuhan air yang terendam,

kemudian diganti tumbuhan terapung seperti eceng gondok, kemudian lumpur rawa, rumput daratan, semak dan akhirnya pohon.

Di kolam, eceng gondok berangsur-angsur akan menutup permukaan air, kemudian akumulasi seresahnya baru menumpuk di dasar kolam dan kemudian mengubah kolam menjadi rawa dengan jenis tumbuhan baru menggantikan jenis tumbuhan sebelumnya. Secara berangsur-angsur kemudian habitat menjadi lebih kering dengan aerasi yang lebih baik yang akhirnya akan terjadi tanah yang cukup matang dan tebal.

2. Halosere.

Suksesi yang dimulai pada tanah bergaram atau air asin, biasanya dimulai dari jenis tumbuhan yang tahan kadar garam tinggi, seperti *Spindifec*, *Ipomea pescapre* dll.

3. Xerosere.

Suksesi vegetasi yang berkembang pada daerah *xeric* (kering), disebut *Xerarch*. Suksesi xerik biasanya terjadi pada lahan yang tinggal batuan induknya saja. Dengan demikian tumbuhan yang mampu hidup disitu hanyalah tumbuhan yang tahan kering dan mampu hidup di tanah miskin.

Tumbuhan pioner adalah lumut kerak (*Lichenes*) dalam bentuk lapisan kerak. Dalam proses respirasi *Lichenes* akan mengeluarkan CO_2 yang akan bereaksi dengan H_2O membentuk H_2CO_3 . Asam karbonat ini akan bereaksi dengan bahan-bahan dari batuan induk sehingga melepaskan ikatan partikel batuan. Partikel batuan yang lepas itu akan bereaksi dengan sisa-sisa *Lichenes* yang mengalami pembusukan, mengikat N yang terbawa oleh air hujan. Kondisi seperti itu tidak sesuai lagi bagi lumut kerak sehingga lumut kerak mati. Setelah itu akan muncul vegetasi jenis lain yaitu *Thallus (Thallophyta)*. Demikian seterusnya vegetasi pertama akan memberikan pengaruh pada habitat yang tidak cocok untuk vegetasi kedua. Urut-urutan terjadinya proses ini : Lumut kerak → lumut kerak berdaun —

> lumut → rumput-rumputan (*herbaceus*) → semak (*shrubs*)
→ pohon-pohonan.

Tidak semua proses suksesi xerik seperti di atas. Kalau habitat permukaannya merupakan pasir maka akan dimulai oleh rumput tahan kering, baru kemudian semak dan pohon-pohonan.

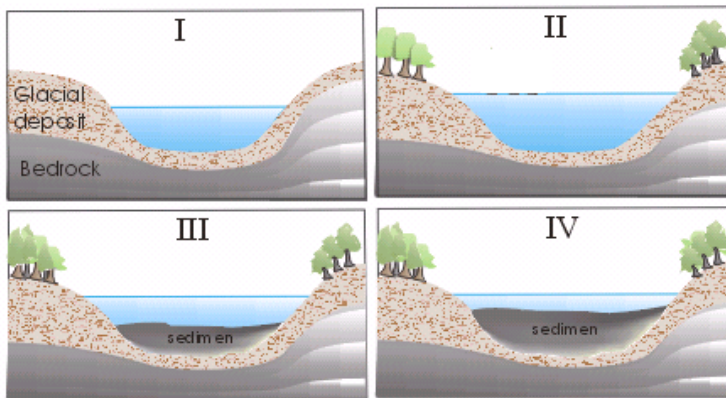
Suksesi xerosere, ada 3 macam, didasarkan pada substrat awal yaitu:

1. Psamosere: suksesi vegetasi yang dimulai pada daerah berpasir.
2. Lithosere: suksesi vegetasi yang dimulai pada batuan.
3. Serule: suksesi untuk mikroorganisme (bakteri, fungi) dalam sisa-sisa produsen/konsumen.

4.4. Suksesi di Perairan (*Aquatic Succession*).

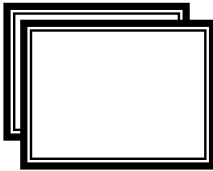
Suksesi alami pada perairan umumnya dijumpai pada kolam-kolam dan danau yang terjadi secara bertahap akibat masuknya bahan tererosi dari sekeliling ekosistem daratan. Proses ini terjadi karena kuantitas partikel tanah yang tererosi tidak dapat dihindarkan dari darat dan mengendap atau tertinggal di dalam kolam atau danau. Tumbuhan akuatik memproduksi detritus juga berkontribusi terhadap proses pengendapan.

Tahap selanjutnya terjadinya pergerakan tumbuhan darat ke arah dalam perairan secara bertahap yang dimulai oleh tumbuhan air ke tumbuhan darat berupa rumput-rumputan sampai pada semak dan pohon, sehingga kolam dan danau hilang sama sekali. Proses ini berlangsung terus menerus dan berlangsung lama, sehingga komunitas tersebut semakin lama semakin mampu beradaptasi dengan lingkungan baru dan pada akhirnya menjadi dominan dalam suatu komunitas. Secara garis besar diilustrasikan sebagaimana terlihat dalam Gambar 34.



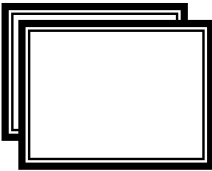
Gambar 34. Suatu Seri Suksesi Pada Ekosistem Danau.

Berdasar Gambar 34 dapat dijelaskan bahwa seri suksesi ekosistem danau akan berlangsung secara sistematis dan masif, sehingga saatnya muncul komunitas tertentu yang mampu melaksanakan suksesi dan menyatu secara seksama dalam satu kesatuan ekosistem terpadu yang indah nan mempesona.



RANGKUMAN

1. Suksesi merupakan proses yang menyeluruh dan kompleks dengan adanya permulaan, perkembangan dan akhirnya mencapai kestabilan pada fase klimaks. Klimaks merupakan fase kematangan yang final, stabil memelihara diri dan memproduksi sendiri dari suatu perkembangan vegetasi dalam suatu iklim.
2. Perubahan dalam suksesi bersifat kontinu, dimana rentetan suatu perkembangan dan pergantian komunitas merupakan suatu seri komunitas yang terbentuk pada keadaan tertentu disebut SERE, dan komunitas yang sudah mencapai kematapan dan permanen disebut KLIMAKS.
3. Laju pertumbuhan populasi dan komposisi spesies berlangsung dengan cepat pada fase awal suksesi, kemudian menurun pada perkembangan berikutnya.
4. Suksesi primer terjadi jika suatu komunitas mendapat gangguan yang mengakibatkan komunitas awal hilang secara total sehingga terbentuk habitat baru. Gangguan tersebut dapat terjadi secara alami maupun oleh campur tangan manusia.
5. Suksesi sekunder terjadi jika suatu gangguan terhadap suatu komunitas tidak bersifat merusak total tempat komunitas tersebut sehingga masih terdapat kehidupan / substrat seperti sebelumnya. Proses suksesi sekunder dimulai lagi dari tahap awal, tetapi tidak dari komunitas pionir.
6. Proses pergantian antar tingkat dalam suksesi primer untuk mencapai klimaks, dapat membutuhkan waktu puluhan, ratusan bahkan ribuan tahun. Sedangkan waktu yang dibutuhkan suksesi sekunder lebih cepat dibandingkan dengan suksesi primer.



TUGAS

-
-
1. Jelaskan dan uraikan definisi suksesi berdasarkan pendapatmu!
 2. Jelaskan dan uraikan penyebab terjadinya suksesi!
 3. Jelaskan dan uraikan terjadinya suksesi primer dan sekunder!

**BAB
V****ADAPTASI DAN
DISTRIBUSI VEGETASI**

5.1. Adaptasi.

Adaptasi adalah setiap sifat atau bagian yang dimiliki oleh organisme yang berguna bagi kelanjutan hidupnya pada keadaan sekeliling habitatnya. W.A. Gerungan (1996) menyebutkan bahwa adaptasi adalah mengubah diri sesuai dengan keadaan lingkungan, tetapi juga mengubah lingkungan sesuai dengan keadaan (keinginan diri).

Mengubah diri sesuai dengan keadaan lingkungan sifatnya pasif (autoplastis), misalnya seorang bidan desa harus dapat menyesuaikan diri dengan norma-norma dan nilai-nilai yang dianut masyarakat desa tempat ia bertugas. Sebaliknya, apabila individu berusaha untuk mengubah lingkungan sesuai dengan keinginan diri, sifatnya adalah aktif (alloplastis), misalnya seorang bidan desa ingin mengubah perilaku ibu-ibu di desa untuk meneteki bayi sesuai dengan manajemen laktasi. Menurut Soeharto Heerdjan (1987), bahwa adaptasi merupakan pertahanan yang didapat sejak lahir atau diperoleh karena belajar dari pengalaman untuk mengatasi stres. Cara mengatasi stres dapat berupa membatasi tempat terjadinya stres, mengurangi, atau menetralkan pengaruhnya.

Makhluk hidup untuk bisa bertahan hidup akibat perubahan lingkungan dapat melakukan adaptasi dan lingkungan. Faktor abiotik sangat menentukan dalam sebaran dan kepadatan organisme dalam suatu daerah. Hal ini berkaitan erat dengan masalah adaptasi dan suksesi organisme terhadap faktor-faktor lingkungannya. Adaptasi

adalah suatu kemampuan makhluk hidup menyesuaikan diri terhadap kondisi lingkungannya; dapat melalui adaptasi morfologi, fisiologi dan adaptasi perilaku dari organisme yang berada dalam lingkungan yang ditempatinya. Secara rinci dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Adaptasi Morfologis.

Suatu jenis adaptasi menyangkut perubahan bentuk struktur tubuhnya disesuaikan dengan lingkungan hidupnya. Misalnya: pada bentuk tubuh manusia, orang eskimo yang hidup di daerah arktik yang dingin mempunyai bentuk tubuh yang pendek dan kekar. Bentuk demikian mempunyai nisbah luas permukaan tubuh terhadap volume tubuh yang kecil. Dengan nilai nisbah yang kecil itu, panas badan yang hilang dari tubuh dapat dikurangi. Sebaliknya orang suku Masai yang hidupnya di daerah yang panas di afrika mempunyai tubuh yang tinggi langsing. Nisbah luas permukaan tubuh terhadap volume tubuh besar. Panas badan dapat dengan mudah dilepaskan dari tubuh. Rubah kutub yang merubah ketebalan rambutnya tiga kali dalam musim dingin dan dua kali dalam musism panas. Pada golongan tumbuhan yang hidupnya di rawa pantai, ia memiliki buah/biji yang sudah berakar sebelum jatuh ke lumpur pantai agar dapat terus tumbuh di lingkungan tersebut, seperti golongan *Rhizophora* (tumbuhan bakau). Contoh lain adalah: 1) adaptasi pada morfologi paruh burung yang disesuaikan dengan jenis makanannya, 2) Bentuk kaki burung sesuai dengan cara hidupnya, 3) tipe mulut serangga sesuai dengan cara hidupnya, 4) bentuk gigi pada omnivora, herbivora, dan karnivora sesuai dengan jenis makannya

2. Adaptasi Fisiologis.

Suatu jenis adaptasi menyangkut perubahan kerja faal organ tubuh disesuaikan dengan lingkungan hidupnya. Misalnya, tubuh manusia jika terdedah oleh udara dingin maka pembuluh darah di wajah akan mengerut dan akan terasa dingin, usaha ini dilakukan untuk mengurangi hilangnya panas. Beberapa serangga menghindari pembekuan di musim dingin dengan

menambah gliseron (anti beku) dalam darah mereka. Adaptasi fisiologi juga tergambar pada ikan air tawar dan ikan air laut yang dilakukan untuk menjaga keseimbangan konsentrasi ion dalam tubuhnya. Pada tumbuhan adaptasi fisiologi ditunjukkan oleh luas permukaan daun-daunnya sehubungan dengan lingkungan hidupnya, seperti: tumbuhan serofit (hidup di gurun/ daerah kering, seperti kaktus) memiliki daun-daunnya serupa duri atau sempit saja, sedangkan tumbuhan hidrofita (hidup di air, seperti eceng gondok) memiliki daun-daunnya berukuran lebar-lebar dan batangnya berongga untuk mengimbangi kadar air tubuhnya dengan masalah penguapan yang terjadi.

3. Adaptasi Perilaku.

Respon kaki seribu ketika disentuh dengan seketika menggulung tubuhnya. Contoh ini adalah bentuk adaptasi perilaku yang merupakan penyesuaian diri makhluk hidup terhadap faktor lingkungan yang ditunjukkan oleh perilakunya. Contoh lainnya adalah Kerbau yang berkubang jika kepanasan, Lumba-lumba memiliki kebiasaan meloncat-loncat di atas permukaan air untuk menghirup udara, karena bernapas menggunakan paru-paru. Pada tumbuhan yang melakukan adaptasi perilaku adalah pohon jati dan pohon kedondong. Keduanya akan menggugurkan daunnya saat musim kemarau untuk meminimalkan laju transpirasi (penguapan). Keladi meneteskan air untuk mengurangi kelebihan air

Keadaan lingkungan disini berarti keadaan yang terus menerus berubah selama pertumbuhan tanaman berlangsung. Hal ini berarti setiap organisme mempunyai adaptasi untuk hidup pada berbagai macam keadaan lingkungan. Dengan demikian berarti organisme (setiap makhluk hidup) merupakan hasil keturunan biologi dalam lingkungannya. Johannsen (1903) memberikan istilah genotipe untuk sifat-sifat keturunan yang diterima organisme yang relatif konstan selama hidupnya. Sedangkan fenotipe untuk rupa atau bentuk organisme yang akan selalu mengalami perubahan.

5.1.1.Sumber Adaptasi.

Berdasarkan berbagai pendapat para pakar dan sudah merupakan suatu pendapat umum bahwa setiap makhluk hidup (organisme) itu dapat hidup dalam suatu keadaan lingkungan tertentu. Misalnya: ikan hidup di dalam air karena alat pernafasannya, burung-burung terbang karena mereka mempunyai sayap. Banyak tanaman digurun (padang pasir) yang mempunyai struktur tertentu yang memungkinkan mereka dapat bertahan pada lingkungannya. Semua kemampuan ini disebut adaptasi, tetapi bagaimana terjadinya adaptasi ini?

Jean Baptise Lamarch (1744 - 1829) seorang ahli biologi Perancis yang juga merupakan penganut paham teleologi, mencoba menerangkan perubahan-perubahan tersebut. (Teleologi adalah suatu paham yang mengatakan bahwa adaptasi timbul karena diingini, yaitu perubahan struktur atau bentuk yang terjadi karena adanya keinginan yang timbul dari dalam untuk menghadapi perubahan lingkungan). Tingkat perkembangan suatu organ adalah sebanding dengan penggunaannya dan apa yang diperoleh atau diubah pada individu dalam masa hidupnya adalah kekal dan bilamana terdapat dalam dua jenis kelamin, sifat itu akan diturunkan

Darwin (1809 - 1882) yang membuka tabir dari misteri ini. Menurut pendapatnya, organisme menjadi sesuai dengan lingkungannya dalam proses evolusi, proses ini dikendalikan oleh varian-varian genetik hasil seleksi alami yang relatif lebih baik ketahanannya.

Pokok-pokok teori Darwin dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Sesuai dengan Malthus bahwa kecepatan berkembang biak dari binatang lebih besar daripada mempertahankan jumlahnya.
2. Apabila banyak individu yang musnah maka akan terjadi suatu kemauan untuk bertahan, baik di antara anggota dari jenis yang sama maupun di antara anggota-anggota dari jenis yang berbeda.
3. Keragaman binatang berikut variasi-variasinya yang ada akan diturunkan.

-
-
4. Dalam berjuang mempertahankan eksistensi kehidupannya, organisme yang tahan akan terus hidup dan yang lemah akan kalah dan musnah.

Point keempat dari teori Darwin inilah yang dikenal dengan seleksi alami dimana variasi yang dapat bertahan akan terkumpul untuk mengalami lagi perubahan untuk selanjutnya menuju kearah adaptasi. Perubahan bertingkat ini kalau cukup lama akan membentuk suatu spesies baru.

Wallace dan Srb (1963) kurang menyokong pendapat Darwin yang menyatakan bahwa adaptasi yang prosesnya sampai pada tingkatan dimana kemampuan menyesuaikan diri sudah berlangsung turun temurun pada prinsipnya adalah proses evolusi. Dalam hal ini beliau menegaskan bahwa perubahan bentuk atau fungsi dalam proses adaptasi secara turun temurun yang berlangsung perlahan-lahan adalah perubahan secara evolusi, tetapi bukanlah berarti semua proses evolusi sama dengan adaptasi atau sebaliknya.

Arti dari evolusi asalnya bahwa suatu jenis jelas dihasilkan oleh alam. Dari teori ini timbul "Konsep Genetik Adaptasi" yang menyatakan bahwa adaptasi terjadi karena seleksi lingkungan yang bekerja sebagai saringan terhadap variasi-variasi genetik yang ada. Baik Darwin maupun Wallace (mempunyai teori yang sama dengan Darwin), melihat organisme secara keseluruhannya, dalam kehidupan di alam sekitarnya. Mereka melihat bahwa pengaruh luar memberi efek pada organisme atau ekologi tumbuhan dan binatang.

5.1.2. Nilai Adaptasi Dan Koefisien Seleksi.

Nilai adaptasi dalam suatu tanaman ditentukan oleh banyak faktor diantaranya:

- a). Vigor somatic.
- b). Daya tunbuh.
- c). Lamanya periode reproduksi.
- d). Banyaknya keturunan (biji, dll).
- e). Efisiensi mekanisme pollinasi.

Daya tumbuh dan keberhasilan reproduksi menentukan besarnya peranan pembawa genotipe ke gen pool generasi berikutnya (suatu spesies atau populasi) ini yang digunakan sebagai ukuran nilai adaptif.

5.2. Distribusi Vegetasi.

Distribusi vegetasi merupakan khasanah alam semesta yang keberadaannya dapat dijadikan untuk menurut asal usul keberadaan organisma dalam suatu habitat. Kehadiran setiap organisme pada suatu habitat adalah hasil perpaduan dengan keadaan lingkungan setempat. Untuk seorang ahli ekologi merupakan hal yang menarik bila dapat mengetahui dimana macam-macam tumbuhan itu tumbuh dan mengapa tumbuh disitu. Sedang ahli geografi tumbuhan (fitogeografi) mempelajari hubungan antara kehadiran tumbuhan sekarang dan waktu lampau dan mencoba menerangkan asal-usul, perkembangan dan penyebarannya. Penyebarannya vegetasi dapat melalui dua cara yaitu:

- 1). Secara alami yaitu perubahan geologis dan iklim dari jaman dulu sampai sekarang.
- 2). Karena kegiatan manusia.

Bersumber dari berbagai data empirik yang ada sampai saat ini terdapat kurang lebih 225.000 jenis tumbuhan berbunga, 9.000 jenis paku-pakuan dan jenis tumbuhan berbiji terbuka. Kebanyakan dari jenis-jenis ini terdapat di daerah tropis dan sub tropis. Semakin tinggi di atas permukaan tanah (altitude) maka semakin sedikit jenis tanaman.

Kecuali di gurun (Arizon) mempunyai kurang lebih 3.400 jenis. Jumlah ini cukup tinggi bila dibandingkan dengan luas daerahnya yang relatif kecil. Kesemuanya ini karena kekuasaan Allah SWT dan kehendak Nya. Oleh karena itu tugas umat manusia menjaga dan merawatnya sehingga keberadaannya tetap terjamin dan dapat berkembang secara optimal. Dengan demikian manusia sangat menentukan keberadaannya.

Secara geografis, penyebarannya terbatas yaitu hanya ditemukan pada daerah tertentu. Ada pendapat bahwa jenis ini sebagai jenis-jenis dengan bentuk baru dan muda terbatas pada daerah asalnya dan belum mempunyai kesempatan untuk meluaskan daerah penyebarannya. Pendapat lain mengatakan bahwa jenis endemik adalah jenis-jenis tua yang penyebarannya luas pada waktu lampau tetapi karena perubahan lingkungan dan adaptasi ekologinya sempit maka daerah penyebarannya mengecil sehingga jenis-jenis ini hanya terdapat di tempat-tempat tertentu yang cocok dengan keadaannya. Di alam, kedua katagori di atas dapat terjadi, sebaliknya dari jenis endemik ada jenis kosmopolitan dengan penyebaran luas, banyak ditemukan dimana-mana. Selain itu ada jenis-jenis terputus (*discontinuous*) yang kisarannya terjadi dalam dua bagian atau lebih kadang-kadang dipisahkan oleh jarak yang panjang atau jauh misalkan laut.

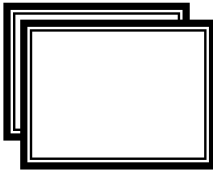
Penyebaran vegetasi umumnya ada 6 tipe, yaitu:

- 1). Artik Alpine: Tipe ini mempunyai kurang lebih 450 jenis, kebanyakan herba, rumput-rumputan, beberapa dikotiledoneae. Dikenal juga sebagai tanaman tundra, terbatas di daerah dingin yang bersalju.
- 2). Temperate: Jenis ini tersebar luas pada bagian-bagian yang basah dan utara zone temperate. Kebanyakan jenis temperate ini adalah gulma yang mempunyai kapasitas genetik untuk menghasilkan individu yang beradaptasi dengan keadaan iklim yang berbeda (tertentu) dan mempunyai teknik penyebarannya yang baik.
- 3). Pantropik: Tipe ini umumnya di daerah tropis, jumlah jenisnya sangat besar tetapi sukar ditentukan statusnya pada bagian lain di dunia. Jadi ada yang asli ada yang introduksi. Misal kelapa (*Cocos nucifera*) hampir terdapat di semua daerah tropis, tetapi tempat asalnya belum dapat dipastikan. Kebanyakan jenis pantropik adalah gulma dari anggota familia *Euphorbiaceae*, *Legumi-nosae*, umumnya rumput-rumputan. Contoh: *Cynodon dactylon* suatu jenis rumputan yang berkembang dengan cepat melalui biji dan rhizomanya.

4). Endemik luas: Umumnya jenis-jenis yang berpembuluh yaitu mereka yang terbatas pada suatu daerah tumbuhan tertentu, yang floranya berbeda pada tingkat spesies (jenis) dan batas tak tegas antara daerah-daerah ini. Luas kawasan dari yang luas sekali seperti Euro siberia sampai yang sempit/kecil seperti Hawaii. Tetapi masing-masing mempunyai flora yang berbeda-beda. Contoh: *Quercus Alba*, *Acer Accharum*, *Liriodendron Tulipifera* dan lain-lain.

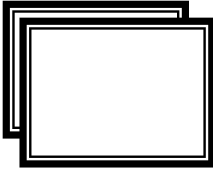
5). Endemik sempit: Jenis yang terdapat dengan luas yang kecil (beberapa kilometer persegi) dan mempunyai kisaran toleransi yang sempit untuk keadaan lingkungan sehingga hampir tidak ada bagian di dunia dimana mereka hidup. Contoh: Tanaman pionner, tanaman yang tumbuh di tanah serpentine.

6). Terputus (*Discontiuous*/diskontinyu): Pada dasarnya, hampir semua tanaman termasuk tipe ini. Diantaranya yang banyak ditemukan di zone temperate bagian utara adalah: *Potentilla Fructicosa*, *Arabis Alpina*, *Acer Rubrum*, *Polygonum Virginicum* dan di Zone Tropis adalah *Eragrostis Aspera*, *Hibiscus Lobatus*, *Hyptis Lobata* dan lain-lain.



RANGKUMAN

1. Adaptasi adalah suatu kemampuan makhluk hidup menyesuaikan diri terhadap kondisi lingkungannya; dapat melalui adaptasi morfologi, fisiologi dan adaptasi perilaku dari organisme yang berada dalam lingkungan yang ditempatinya.
2. Distribusi merupakan komponen dinamika populasi yang menjamin kelangsungan jangka panjang populasi dan jenis hewan.
3. Pola distribusi makhluk hidup sebagian besar tersebar pada beberapa tahap dari siklus hidup mereka. Mereka meninggalkan lingkungan asal mereka baik secara permanen maupun musiman untuk habitat yang lebih sesuai. Perpindahan tersebut sangat penting untuk kelangsungan hidup individu.
4. Faktor-faktor yang mempengaruhi pola distribusi makhluk hidup dalam waktu, yaitu faktor biotik (organisme), faktor abiotik (lingkungan), faktor sejarah geologi dan faktor penghambat fisik.



TUGAS

-
-
1. Jelaskan dan uraikan definisi adaptasi dan distribusi vegetasi berdasarkan pendapatmu!
 2. Jelaskan dan uraikan faktor-faktor yang mempengaruhi pola distribusi makluk hidup dalam kurun waktu!
 3. Buatlah makalah sederhana mengenai adaptasi dan distribusi vegetasi yang bersumber dari beberapa artikel penelitian (minimal 10 referensi). Lebih elegan minimal 3 jurnal internasional sebagai bahan makalah.

**BAB
VI****ANALISIS
VEGETASI**

Vegetasi yaitu kumpulan dari beberapa jenis tumbuhan yang tumbuh bersama-sama pada satu tempat di mana antara individu-individu penyusunnya terdapat interaksi yang erat, baik di antara tumbuh-tumbuhan maupun dengan hewan-hewan yang hidup dalam vegetasi dan lingkungan tersebut. Vegetasi tidak hanya kumpulan dari individu-individu tumbuhan melainkan membentuk suatu kesatuan di mana individu-individunya saling tergantung satu sama lain, yang disebut sebagai suatu komunitas tumbuh-tumbuhan (Soerianegara dan Indrawan, 1978).

Menurut Marsono (1977), Vegetasi merupakan kumpulan tumbuh-tumbuhan, biasanya terdiri dari beberapa jenis yang hidup bersama-sama pada suatu tempat. Dalam mekanisme kehidupan bersama tersebut terdapat interaksi yang erat, baik diantara sesama individu penyusun vegetasi itu sendiri maupun dengan organisme lainnya sehingga merupakan suatu sistem yang hidup dan tumbuh serta dinamis.

Analisis komunitas tumbuhan merupakan suatu cara mempelajari susunan atau komposisi jenis dan bentuk atau struktur vegetasi. Dalam ekologi hutan, satuan vegetasi yang dipelajari atau diselidiki berupa komunitas tumbuhan yang merupakan asosiasi konkrit dari semua spesies tetumbuhan yang menempati suatu habitat. Oleh karena itu, tujuan yang ingin dicapai dalam analisis komunitas adalah untuk mengetahui komposisi spesies dan struktur komunitas pada suatu wilayah yang dipelajari. Hasil

analisis komunitas tumbuhan disajikan secara deskripsi mengenai komposisi spesies dan struktur komunitasnya. Struktur suatu komunitas tidak hanya dipengaruhi oleh hubungan antar spesies, tetapi juga oleh jumlah individu dari setiap spesies organisme. Hal yang demikian itu menyebabkan kelimpahan relatif suatu spesies dapat mempengaruhi fungsi suatu komunitas, distribusi individu antar spesies dalam komunitas, bahkan dapat memberikan pengaruh pada keseimbangan sistem dan akhirnya akan berpengaruh pada stabilitas komunitas (Bakri, 2009).

Struktur komunitas tumbuhan memiliki sifat kualitatif dan kuantitatif. Dengan demikian, dalam deskripsi struktur komunitas tumbuhan dapat dilakukan secara kualitatif dengan parameter kualitatif atau secara kuantitatif dengan parameter kuantitatif. Namun persoalan yang sangat penting dalam analisis komunitas adalah bagaimana cara mendapatkan data terutama data kuantitatif dari semua spesies tumbuhan yang menyusun komunitas, parameter kuantitatif dan kualitatif apa saja yang diperlukan, penyajian data, dan interpretasi data, agar dapat mengemukakan komposisi floristik serta sifat-sifat komunitas tumbuhan secara utuh dan menyeluruh (Bakri, 2009).

Menurut Soerianegara dan Indrawan (1978) yang dimaksud analisis vegetasi atau studi komunitas adalah suatu cara mempelajari susunan (komposisi jenis) dan bentuk (struktur) vegetasi atau masyarakat tumbuh-tumbuhan. Menurut pendapat Cain dan Castro (1959) dalam Soerianegara dan Indrawan (1978) menyatakan bahwa penelitian yang mengarah pada analisis vegetasi, titik berat penganalisan terletak pada komposisi jenis atau jenis. Struktur masyarakat hutan dapat dipelajari dengan mengetahui sejumlah karakteristik tertentu diantaranya, kepadatan, frekuensi, dominansi dan nilai penting.

Analisis vegetasi merupakan cara yang dilakukan untuk mengetahui seberapa besar sebaran berbagai spesies dalam suatu area melalui pengamatan langsung. Implementasi dilapang dalam membuat analisis vegetasi dapat dilakukan dengan membuat plot dan mengamati morfologi serta identifikasi vegetasi yang ada.

Kehadiran vegetasi pada suatu landscape akan memberikan dampak positif bagi keseimbangan ekosistem dalam skala yang lebih luas. Secara umum peranan vegetasi dalam suatu ekosistem terkait dengan pengaturan keseimbangan karbon dioksida dan oksigen dalam udara, perbaikan sifat fisik, kimia dan biologis tanah, pengaturan tata air tanah dan lain-lain. Meskipun secara umum kehadiran vegetasi pada suatu area memberikan dampak positif, tetapi pengaruhnya bervariasi tergantung pada struktur dan komposisi vegetasi yang tumbuh pada daerah itu. Sebagai contoh vegetasi secara umum akan mengurangi laju erosi tanah, tetapi besarnya tergantung struktur dan komposisi tumbuhan yang menyusun formasi vegetasi daerah tersebut.

Bertumpu pada berbagai bukti empirik sesungguhnya dalam komunitas vegetasi, menunjukkan bahwa tumbuhan yang mempunyai hubungan di antara mereka, mungkin pohon, semak, rumput, lumut kerak dan *Thallophyta*, tumbuh-tumbuhan ini lebih kurang menempati strata atau lapisan dari atas ke bawah secara horizontal, ini disebut stratifikasi. Individu yang menempati lapisan yang berlainan menunjukkan perbedaan-perbedaan bentuk pertumbuhan, setiap lapisan komunitas kadang-kadang meliputi klas-klas morfologi individu yang berbeda seperti, strata yang paling tinggi merupakan kanopi pohon-pohon atau liana

Vegetasi dalam ekologi adalah istilah untuk keseluruhan komunitas tetumbuhan. Vegetasi merupakan bagian hidup yang tersusun dari tetumbuhan yang menempati suatu ekosistem. Beraneka tipe hutan, kebun, padang rumput, dan tundra merupakan contoh-contoh vegetasi. Analisis vegetasi adalah cara mempelajari susunan (komposisi jenis) dan bentuk (struktur) vegetasi atau masyarakat tumbuh-tumbuhan.

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

yaitu jumlah petak contoh, cara peletakan petak contoh dan teknik analisa vegetasi yang digunakan.

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 1 m x 1 m atau 2 m x 2 m atau 20 m x 20 m, karena yang penting adalah konsistensi luas petak berikutnya yang merupakan dua kali luas petak awal dan kemampuan pengerjaannya dilapangan. Untuk lebih jelas bagan pekerjaan dapat dilihat pada Gambar 35. Hasil pengukuran KSA tumbuhan bawah dapat dilihat dan dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran KSA Tumbuhan Bawah.

No	Ukuran petak	Luas (Ha)	Jumlah Jenis	Penambahan jenis	
				Jumlah	%
1	2 m x 2m	0,0004	5	-	-
2	2 m x 4m	0,0008	10	5	100,0%
3	4 m x 4m	0,0016	16	6	60,0%
4	4 m x 8m	0,0032	19	3	18,8%
5	8 m x 8m	0,0064	21	2	10,5%
6	8 m x 16m	0,0128	22	1	4,8%

Berdasar Tabel 2 dapat dijelaskan bahwa penambahan jenis pada ukuran petak 8 m x 16 m 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 adalah 8m x 16m atau 0.128 ha. Luasan 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 x 12m.

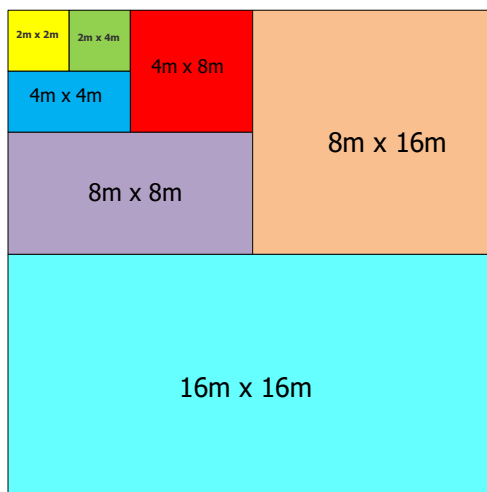
Prinsip utama bahwa apabila sudah dapat ditentukan luas petak minimum, maka juga harus dapat ditentukan jumlah petak contoh keseluruhan. Hitungan sederhananya, tergantung kita menginginkan berapa luas total sampling yang kita inginkan. Sebagai contoh luas kawasan yang akan kita eksplorasi adalah 10 ha, ukuran petak contoh yang ditentukan 12m x 12m dan kita menginginkan intensitas sampling (IS) 5% (artinya, kita hanya akan mengukur 1% dari luas total 10 ha). Jumlah petak contoh yang harus kita gunakan dapat dijelaskan sebagai berikut :

Diketahui : N = 10 ha
 IS = 5% = 5% x 10ha = 0.5 ha
 LPC = 12m x 12m = 0.0144 ha

Ditanya : Jumlah petak contoh (n) ?

Jawab :
 $n = 0.5 \text{ ha} / 0.0144 \text{ ha}$
 $n = 34.72$
 $n = 35 \text{ petak}$

Hitungan tersebut adalah perhitungan sederhana tanpa mempertimbangkan tingkat ketelitian dan tingkat eror pada pengambilan sampling. Lebih jelas disajikan dalam Gambar 35.



Gambar 35. Bentuk Pertambahan Petak Kurva Spesies Area.

Berdasarkan Gambar 35 dapat dijelaskan bahwa 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 sistematik sampling, karena lebih mudah dalam pelaksanaannya dan data yang dihasilkan dapat bersifat representative. Bahkan dalam keadaan tertentu, dapat digunakan *purposive sampling*.

Diskusi problem solving mengenai vegetasi, kita tidak dapat terlepas dari komponen penyusun vegetasi itu sendiri dan komponen tersebutlah yang menjadi fokus dalam pengukuran vegetasi. Komponen tumbuh-tumbuhan penyusun suatu vegetasi umumnya 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.

Tingkat pohon secara umum dapat dibagi lagi menurut tingkat permudaannya, yaitu :

- 1). Semai (*Seedling*) : Permudaan mulai dari kecambah sampai anakan kurang dari 1.5 m.
- 2). Pancang (*Sapling*) : Permudaan dengan tinggi 1.5 m sampai anakan berdiameter kurang dari 10 cm.
- 3). Tiang (*Poles*) : Pohon muda berdiameter 10 cm sampai kurang dari 20 cm.

Berdasar maksud dan tujuan maka parameter vegetasi yang diukur dilapangan secara langsung adalah :

- 1). Nama jenis (lokal atau botanis)
- 2). Jumlah individu setiap jenis untuk menghitung kerapatan
- 3.) Penutupan tajuk untuk mengetahui persentase penutupan vegetasi terhadap lahan
- 4). Diameter batang untuk mengetahui luas bidang dasar dan berguna untuk menghitung volume pohon.
- 5). Tinggi pohon, baik tinggi total (TT) maupun tinggi bebas cabang (TBC), penting untuk mengetahui stratifikasi dan bersama diameter batang dapat diketahui ditaksir ukuran volume pohon.

Hasil pengukuran lapangan dilakukan dianalisis data untuk mengetahui kondisi kawasan yang diukur secara kuantitatif. Dibawah ini adalah beberapa rumus yang penting diperhatikan dalam menghitung hasil analisa vegetasi, yaitu :

- 1). Indeks Nilai Penting (INP).

Indeks Nilai Penting (INP) ini digunakan untuk menetapkan dominasi suatu jenis terhadap jenis lainnya atau dengan kata lain nilai penting menggambarkan kedudukan ekologis suatu jenis dalam komunitas. Indeks Nilai Penting dihitung berdasarkan penjumlahan nilai Kerapatan Relatif (KR), Frekuensi Relatif (FR) dan Dominansi Relatif (DR), (Mueller-Dombois dan Ellenberg, 1974; Soerianegara dan Indrawan, 2005).

Kerapatan adalah jumlah individu suatu jenis tumbuhan dalam suatu luasan tertentu, misalnya 100 individu/ha. Dalam mengukur kerapatan biasanya muncul suatu masalah sehubungan dengan efek tepi (*side effect*) dan *life form* (bentuk tumbuhan). Untuk mengukur kerapatan pohon atau bentuk vegetasi lainnya yang mempunyai batang yang mudah dibedakan antara satu dengan lainnya umumnya tidak menimbulkan kesukaran yang berarti. Tetapi, bagi tumbuhan yang menjalar dengan tunas pada buku-bukunya dan berrhizoma (berakar rimpang) akan timbul suatu kesukaran dalam penghitungan individunya. Untuk mengatasi hal ini, maka kita harus membuat suatu kriteria tersendiri tentang pengertian individu dari tipe tumbuhan tersebut.

Masalah lain yang harus diatasi adalah efek tepi dari kuadrat sehubungan dengan keberadaan sebagian suatu jenis tumbuhan yang berada di tepi kuadrat, sehingga kita harus memutuskan apakah jenis tumbuhan tersebut dianggap berada dalam kuadrat atau di luar kuadrat. Untuk mengatasi hal ini biasanya digunakan perjanjian bahwa bila > 50% dari bagian tumbuhan tersebut berada dalam kuadrat, maka dianggap tumbuhan tersebut berada dalam kuadrat dan tentunya harus dihitung pengukuran kerapatannya (Irwanto, 2010).

Frekwensi suatu jenis tumbuhan adalah jumlah petak contoh dimana ditemukannya jenis tersebut dari sejumlah petak contoh yang dibuat. Biasanya frekwensi dinyatakan dalam besaran persentase. Misalnya jenis *Avicennia marina* (api-api) ditemukan dalam 50 petak contoh dari 100 petak contoh yang dibuat, sehingga frekwensi jenis api-api tersebut adalah $50/100 \times 100\% = 50\%$. Jadi dalam penentuan frekwensi ini tidak ada counting, tetapi hanya suatu permasalahan mengenai keberadaan suatu jenis saja (Irwanto, 2010).

Kelindungan adalah proporsi permukaan tanah yang ditutupi oleh proyeksi tajuk tumbuhan. Oleh karena itu, kelindungan selalu dinyatakan dalam satuan persen. Misalnya, jenis *Rhizophora apiculata* (bakau) mempunyai proyeksi tajuk seluas 10 mZ dalam suatu petak contoh seluas 100 m², maka kelindungan jenis bakau tersebut adalah $10/100 \times 100\% = 10\%$. Jumlah total kelindungan semua jenis tumbuhan dalam suatu komunitas tumbuhan mungkin lebih dari 100%, karena sering proyeksi tajuk dari satu tumbuhan dengan tumbuhan lainnya bertumpang tindih (*overlapping*). Sebagai pengganti dari luasan areal tajuk, kelindungan bisa juga mengimplikasikan proyeksi basal area pada suatu luasan permukaan tanah dan luasannya diukur dengan planimeter atau sistem dotgrid dengan kertas grafik (Irwanto, 2010).

Basal area ini merupakan suatu luasan areal dekat permukaan tanah yang dikuasai oleh tumbuhan. Untuk pohon, basal area diduga dengan mengukur diameter batang. Dalam hal ini, pengukuran diameter umumnya dilakukan pada ketinggian 1.30 m dari permukaan tanah (diameter setinggi dada atau diameter at breast height, DBf) (Irwanto, 2010).

2). Keanekaragaman Jenis.

Keanekaragaman jenis adalah parameter yang sangat berguna untuk membandingkan dua komunitas, terutama untuk mempelajari pengaruh gangguan biotik, untuk mengetahui tingkatan suksesi atau kestabilan suatu komunitas. Keanekaragaman jenis ditentukan dengan menggunakan rumus Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener :

$$H' = - \sum_{i=1}^n \left[\frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N} \right]$$

Dimana : H' = Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener

n_i = Jumlah individu jenis ke-n

N = Total jumlah individu

a). Indeks Kekayaan Jenis dari Margallef (R_1).

$$R_1 = \frac{S - 1}{\ln(N)}$$

dimana :

R_1 = Indeks kekayaan Margallef

S = Jumlah jenis

N = Total jumlah individu

b). Indeks Kemerataan Jenis.

$$E = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Dimana : E = Indeks kemerataan jenis

H' = Indeks keanekaragaman jenis

S = Jumlah jenis

Berdasarkan Magurran (1988) besaran $R_1 < 3.5$ menunjukkan kekayaan jenis yang tergolong rendah, $R_1 = 3.5 - 5.0$ menunjukkan kekayaan jenis tergolong sedang dan R_1 tergolong tinggi jika > 5.0 . Besaran $H' < 1.5$ menunjukkan keanekaragaman jenis tergolong rendah, $H' = 1.5 - 3.5$ menunjukkan keanekaragaman jenis tergolong sedang dan $H' > 3.5$ menunjukkan keanekaragaman tergolong tinggi. Besaran $E' < 0.3$ menunjukkan kemerataan jenis tergolong rendah, $E' = 0.3 - 0.6$ kemerataan jenis tergolong sedang dan $E' > 0.6$ maka kemerataan jenis tergolong tinggi.

c). Koefisien Kesamaan Komunitas.

Untuk mengetahui kesamaan relatif dari komposisi jenis dan struktur antara dua tegakan yang dibandingkan dapat menggunakan rumus sebagai berikut (Bray dan Curtis, 1957 dalam Soerianegara dan Indrawan, 2005) :

$$IS = \frac{2W}{a + b}$$

Dimana: IS = Koefisien masyarakat atau koefisien kesamaan komunitas

W = Jumlah nilai yang sama dan nilai terendah (\leq) dari jenis-jenis yang terdapat dalam dua tegakan yang dibandingkan

a, b = Jumlah nilai kuantitatif dari semua jenis yang terdapat pada tegakan pertama dan kedua

Nilai koefisien kesamaan komunitas berkisar antara 0-100 %. Semakin mendekati nilai 100%, keadaan tegakan yang dibandingkan mempunyai kesamaan yang tinggi. Dari nilai kesamaan komunitas (IS) dapat ditentukan koefisien ketidaksamaan komunitas (ID) yang besarnya $100 - IS$. Untuk menghitung IS, dapat digunakan nilai kerapatan, biomassa, penutupan tajuk atau INP.

Sebagai contoh, kita membandingkan tingkat permudaan semai hutan primer dengan hutan setelah ditebang dan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Kesamaan Kerapatan antara Hutan Primer dengan Hutan setelah ditebang pada tingkat Semai. Tolong dlm tabel ketik ulang.....

No	Nama Latin	Famili	Jumlah Individu		W
			Primer	Tebangan	
1	<i>Sterculia gilva</i>	Sterculiaceae	41	0	0
2	<i>Shorea copressa</i>	Dipterocarpaceae	53	0	0
3	<i>Syzygium gaertia</i>	Myristicaceae	34	32	32
4	<i>Litsea firma</i>	Lauraceae	56	23	23
5	<i>Shorea sp.</i>	Dipterocarpaceae	40	0	0
6	<i>Calophyllum sp.</i>	Guttiferac	0	29	0
Total			224	84	55

Berdasar tabel 3 dapat dijelaskan bahwa nilai kesamaan komunitas (IS) = $((2 \times 55) / (224 + 84)) \times 100\% = 35.71\%$

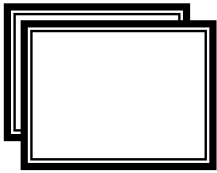
Nilai diatas menunjukkan bahwa antara kondisi primer dan setelah ditebang dari segi jumlah individu (kerapatan) hanya mempunyai tingkat kesamaan sekitar 35.71% artinya setelah dilakukan penebangan terjadi kehilangan jumlah individu sekitar 64.29%.

1. Indeks Dominasi

Indeks dominasi digunakan untuk mengetahui pemusatan dan penyebaran jenis-jenis dominan. Jika dominasi lebih terkonsentrasi pada satu jenis, nilai indeks dominasi akan meningkat dan sebaliknya jika beberapa jenis mendominasi secara bersama-sama maka nilai indeks dominasi akan rendah. Untuk menentukan nilai indeks dominasi digunakan rumus Simpson (1949) dalam Misra (1973) sebagai berikut :

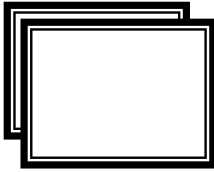
$$C = \sum_{i=1}^n \left[\frac{n_i}{N} \right]^2$$

Dimana C : Indeks dominasi
n_i : Nilai penting masing-masing jenis ke-n
N : Total nilai penting dari seluruh jenis



RANGKUMAN

1. Vegetasi sebagai salah satu komponen dari ekosistem yang dapat menggambarkan pengaruh dari kondisi-kondisi fakta lingkungan yang mudah di ukur dan nyata. Dalam mendeskripsikan vegetasi harus di mulai dari suatu titik padang bahwa vegetasi merupakan suatu pengelompokkan dari suatu tumbuhan yang hidup di suatu hidup tertentu yang mungkin di karakterisasi baik oleh spesies sebagai komponennya maupun oleh kombinasi dan struktur serta fungsi sifat-sifatnya yang mengkarakterisasi gambaran vegetasi secara umum.
2. Analisis vegetasi adalah 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.
3. Implementasi analisis vegetasi dapat diperoleh informasi kuantitatif tentang struktur dan komposisi suatu komunitas tumbuhan.



TUGAS

-
-
1. Jelaskan dan uraikan definisi analisis vegetasi berdasarkan pendapatmu!
 2. Jelaskan dan uraikan macam-macam metode analisis vegetasi!
 3. Bagaimana rumus-rumus perhitungan metode analisis vegetasi?

**BAB
VII****ANALISIS BIODIVERSITAS
EKOSISTEM**

Analisis keanekaragaman hayati (biodiversitas) komunitas tumbuhan merupakan suatu cara mempelajari susunan atau komposisi jenis dan bentuk atau struktur vegetasi. Dalam ekologi hutan, satuan vegetasi yang dipelajari atau diselidiki berupa komunitas tumbuhan yang merupakan asosiasi konkrit dari semua spesies tumbuhan yang menempati suatu habitat (Indriyanto 2012).

Menurut Gopal dan Bhardwaj (1979) dalam Indriyanto (2012), untuk kepentingan deskripsi analisis keanekaragaman hayati suatu komunitas tumbuhan diperlukan minimal tiga macam parameter kuantitatif, yaitu densitas, frekuensi, dan dominansi. Parameter dominansi ini dapat diketahui dari penarikan parameter kekayaan, keragaman, dan pemerataan.

Analisis keanekaragaman hayati pada akhirnya akan mencoba membuat ekosistem yang ideal dan stabil. Kestabilan ekosistem ditandai dengan adanya kekayaan spesies, keragaman spesies, dan pemerataan spesies dalam ekosistem. Kestabilan ekosistem akan memberikan manfaat jasa lingkungan yang sangat berharga bagi manusia.

Indeks keanekaragaman spesies merupakan indeks yang menyatakan struktur komunitas dan kestabilan ekosistem. Semakin baik indeks keragaman spesies maka suatu ekosistem semakin stabil. Indeks keragaman ini biasa menggunakan indeks Shannon, indeks Margalef, dan indeks Simpson (Indriyanto 2012). Indeks Shannon-Wiener merupakan indeks yang sesuai untuk menghitung tingkat keragaman spesies (Suratissa dan Rathnayake 2016).

Indeks kekayaan komunitas tumbuhan ditentukan oleh indeks Margalef, indeks ini menunjukkan perbandingan banyaknya satu spesies terhadap jumlah seluruh spesies. Adapula indeks pemerataan yang disebut juga indeks Pielou. Indeks pemerataan ini merupakan tingkat kesamaan jumlah spesies satu dengan spesies yang lainnya (Naidu dan Kumar 2016).

Pengalaman empirik membuktikan bahwa selain data-data kuantitatif, data-data kualitatif juga dibutuhkan dalam analisis ekosistem (Indriyanto 2012). Data kualitatif yang dibutuhkan adalah:

- 1). Fisiognomi.
- 2). Fenologi.
- 3). Periodisitas.
- 4). Stratifikasi.
- 5). Kelimpahan.
- 6). Penyebaran.
- 7). Daya hidup.
- 8). Bentuk pertumbuhan.

Proses belajar mengajar dan implementasi mengenai analisis keanekaragaman hayati sangat penting dalam pelestarian lingkungan hidup. Saatnya kita mempunyai wawasan yang ramah lingkungan agar kita dapat hidup selaras dan seimbang dengan alam semesta.

Beberapa metodologi yang umum dan sangat efektif serta efisien jika digunakan untuk penelitian, yaitu metode kuadrat, metode garis, metode tanpa plot dan metode kwarter. Metode kuadrat, bentuk percontoh atau sampel dapat berupa segi empat atau lingkaran yang menggambarkan luas area tertentu. Luasnya bisa bervariasi sesuai dengan bentuk vegetasi atau ditentukan dahulu luas minimumnya. Untuk analisis yang menggunakan metode ini dilakukan perhitungan terhadap variabel-variabel kerapatan, kerimbunan, dan frekuensi.

Kelimpahan setiap spesies individu atau jenis struktur biasanya dinyatakan sebagai suatu persen jumlah total spesies yang ada dalam komunitas dengan demikian merupakan pengukuran yang relative. Secara bersama-sama, kelimpahan dan frekuensi adalah sangat penting dalam menentukan struktur komunitas.

Keragaman spesies dapat diambil untuk menandai jumlah spesies dalam suatu daerah tertentu atau sebagai jumlah spesies diantara jumlah total individu dari seluruh spesies yang ada. Hubungan ini dapat dinyatakan secara numerik sebagai indeks keragaman atau indeks nilai penting. Jumlah spesies dalam suatu komunitas adalah penting dari segi ekologi karena keragaman spesies tampaknya bertambah bila komunitas menjadi makin stabil.

Kerapatan, ditentukan berdasarkan jumlah individu suatu populasi jenis tumbuhan di dalam area tersebut. Kerimbunan ditentukan berdasarkan penutupan daerah cuplikan oleh populasi jenis tumbuhan. Untuk variabel kerapatan dan kerimbunan, cara perhitungan yang dipakai dalam metode kuadrat adalah berdasarkan kelas kerapatan dan kelas kerimbunan. Sedangkan frekuensi ditentukan berdasarkan kekerapan dari jenis tumbuhan dijumpai dalam sejumlah area sampel (n) dibandingkan dengan seluruh total area sampel yang dibuat (N), biasanya dalam persen (%).

Beberapa sifat yang terdapat pada individu tumbuhan dalam membentuk populasinya, dimana sifat-sifatnya bila di analisa akan menolong dalam menentukan struktur komunitas. Sifat-sifat individu ini dapat dibagi atas dua kelompok besar, dimana dalam analisisnya akan memberikan data yang bersifat kualitatif dan kuantitatif. Analisa kuantitatif meliputi: distribusi tumbuhan (frekuensi), kerapatan (density), atau banyaknya (abundance). Dalam pengambilan contoh kuadrat, terdapat empat sifat yang harus dipertimbangkan dan diperhatikan, karena hal ini akan mempengaruhi data yang diperoleh dari sample. Keempat sifat itu meliputi:

- 1). Ukuran petak.
- 2). Bentuk petak.
- 3). Jumlah petak.
- 4). Cara meletakkan petak di lapangan.

Metode kuadrat menurut Weaver dan Clements (1938) kuadrat adalah daerah persegi dengan berbagai ukuran. Ukuran tersebut bervariasi dari 1 dm² sampai 100 m². Bentuk petak sampel dapat persegi, persegi panjang atau lingkaran.

Pengalaman yang didasari ilmu pengetahuan menunjukkan bahwa ada dua macam metode yang umum digunakan :

1. Point-quarter.

Point quarter adalah metode yang penentuan titik-titik terlebih dahulu ditentukan disepanjanggaris transek. Jarak satu titik dengan lainnya dapat ditentukan secara acak atau sistematis. Masing-masing titik dianggap sebagai pusat dari arah kompas, sehingga setiap titik didapat empat buah kuadran. Pada masing-masing kuadran inilah dilakukan pendaftaran dan pengukuran luas penutupan satu pohon yang terdekat dengan pusat titik kuadran. Selain itu diukur pula jarak antara pohon terdekat dengan titik pusat kuadran.

2. Wandering-quarter.

Wandering quarter adalah suatu metode dengan cara membuat suatu garis transek dan menetapkan titik sebagai titik awal pengukuran. Dengan menggunakan kompas ditentukan satu kuadran (sudut 90°) yang berpusat pada titik awal tersebut dan membelah garis transek dengan dua sudut sama besar. Kemudian dilakukan pendaftaran dan pengukuran luas penutupan dan jarak satu pohon terdekat dengan titik pusat kuadran (Soegianto, 1994). Penarikan contoh sampling dengan metode-metode diatas umumnya digunakan pada penelitian-penelitian yang bersifat kuantitatif.

Kegiatan selanjutnya adalah membuat ukuran sub-petak untuk setiap tingkat permudaan adalah sebagai berikut:

- a). Semai dan tumbuhan bawah: 2 x 2 m.
- b). Pancang: 5 x 5 m.
- c). Pohon: 10 x 10 m.

Menurut Weaver dan Clements (1938) kuadrat adalah daerah persegi dengan berbagai ukuran. Ukuran tersebut bervariasi dari 1 dm² sampai 100 m². Bentuk petak sampel dapat persegi, persegi panjang atau lingkaran.

Berdasar beberapa teori maka metode kuadrat juga ada beberapa jenis diantaranya:

1). Liat kuadrat.

Liat kuadrat adalah spesies di luar petak sampel dicatat.

2). Count/list count kuadrat.

Count adalah metode yang dikerjakan dengan menghitung jumlah spesies yang ada beberapa batang dari masing-masing spesies di dalam petak. Jadi merupakan suatu daftar spesies yang ada di daerah yang diselidiki.

3). Cover kuadrat (basal area kuadrat).

Cover kuadrat adalah penutupan relatif dicatat, jadi persentase tanah yang tertutup vegetasi. Metode ini digunakan untuk memperkirakan berapa area (penutupan relatif) yang diperlukan tiap-tiap spesies dan berapa total basal dari vegetasi di suatu daerah. Total basal dari vegetasi merupakan penjumlahan basal area dari beberapa jenis tanaman. Cara umum untuk mengetahui basal area pohon dapat dengan mengukur diameter pohon pada tinggi 1,375 meter (setinggi dada).

4). Chart kuadrat.

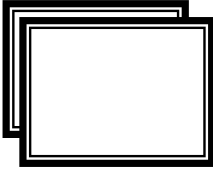
Chart kuadrat adalah penggambaran letak/bentuk tumbuhan disebut Pantograf. Metode ini terutama berguna dalam mereproduksi secara tepat tepi-tepi vegetasi dan menentukan letak tiap-tiap spesies yang vegetasinya tidak begitu rapat. Alat yang digunakan pantograf dan planimeter. Pantograf dilengkapi dengan lengan pantograf. Planimeter merupakan alat yang dipakai dalam pantograf yaitu alat otomatis mencatat ukuran suatu luas bila batas-batasnya diikuti dengan jarumnya (Wahyu, 2009).

Keanekaragaman tumbuhan adalah keanekaragaman makhluk hidup yang menunjukkan keseluruhan variasi gen, spesies dan ekosistem di suatu daerah. Ada dua faktor penyebab keanekaragaman hayati, yaitu faktor genetik dan faktor luar. Faktor genetik bersifat relatif konstan atau stabil pengaruhnya terhadap

morfologi organisme. Sebaliknya, faktor luar relatif stabil pengaruhnya terhadap morfologi organisme. “ Tidak ada dua individu yang sama persis”. Hal ini disebabkan oleh adanya variasi organism dari spesies yang sama atau keanekaragaman spesies. Lingkungan atau faktor eksterna; seperti makanan, suhu, cahaya matahari, kelembaban, curah hujan dan faktor lainnya bersama-sama faktor menurun yang diwariskan dari kedua induknya sangat berpengaruh terhadap fenotip suatu individu. Dengan demikian fenotip suatu individu merupakan hasil interaksi antara genotip dengan lingkungannya. Baik hewan maupun tumbuhan juga mempunyai variasi yang tampak antara lain dalam bentuk, ukuran tubuh, warna dan ciri khas lainnya.

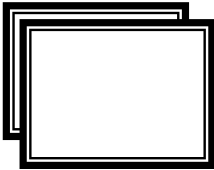
Keanekaragaman tumbuhan yang berada di dekat fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Gresik hasil pengamatan Setyo Budi (2017) di lahan kering holywood Gresik didominasi tumbuhan rerumputan. Pada plot 1 ditemukan species A berjumlah 168, species B berjumlah 29, species C 21, species D 7, species E 6, species F 12, species G 23, spesies H 2, spesies I 22. Pada plot 2 ditemukan species A 200, species B 31, species C 42, species D 20, species E 3, species F 9, species G 3, species H 5, species I 2. Sedangkan pada plot 3 ditemukan species A 102, species B 14, species C 4, species D 8, species E 6, species F 6, spesies G 5, spesies H 9, spesies I 1. Maka dapat dirata-ratakan dengan jumlah hasil dari penjumlahan plot1, plot 2, dan plot 3 berjumlah 244.

Berdasarkan data yang di peroleh dari ketiga plot tersebut vegetasi rumput pada spesies A terdapat paling banyak di antara vegetasi yang lainnya, sedangkan vegetasi spesies I menunjukkan data yang paling sedikit. Ini menunjukan data yang paling banyak pada luas habitat sebenarnya terdapat sangat banyak di habitat aslinya.



RANGKUMAN

1. Kepentingan deskripsi analisis keanekaragaman hayati suatu komunitas tumbuhan diperlukan minimal tiga macam parameter kuantitatif, yaitu densitas, frekuensi, dan dominansi. Parameter dominansi ini dapat diketahui dari penarikan parameter kekayaan, keragaman, dan pemerataan.
2. Keanekaragaman tumbuhan adalah keanekaragaman makhluk hidup yang menunjukkan keseluruhan variasi gen, spesies dan ekosistem di suatu daerah.
3. Ada dua faktor penyebab keanekaragaman hayati, yaitu faktor genetik dan faktor luar. Faktor genetik bersifat relatif konstan atau stabil pengaruhnya terhadap morfologi organisme. Sebaliknya, faktor luar relatif stabil pengaruhnya terhadap morfologi organisme.
4. Indeks keanekaragaman spesies merupakan indeks yang menyatakan struktur komunitas dan kestabilan ekosistem. Semakin baik indeks keragaman spesies maka suatu ekosistem semakin stabil
5. Studi mengenai analisis keanekaragaman hayati sangat penting dalam pelestarian lingkungan hidup. Saatnya kita mempunyai wawasan yang ramah lingkungan agar kita bisa hidup selaras dengan alam.
6. Beberapa metodologi yang umum dan sangat efektif serta efisien jika digunakan untuk penelitian, yaitu metode kuadrat, metode garis, metode tanpa plot dan metode kwarter.



TUGAS

-
-
1. Jelaskan dan uraikan definisi analisis keanekaragaman hayati (biodiversitas) berdasarkan pendapatmu!
 2. Jelaskan manfaat analisis keanekaragaman hayati (biodiversitas)!
 3. Jelaskan definisi Indeks keanekaragaman spesies dan sebutkan faktor-faktor yang mempengaruhinya, jelaskan!

**BAB
VIII****INTERAKSI ANTARA
AGROEKOSISTEM DAN
EKOSISTEM ALAMI**

8.1. Interaksi Antar Komponen Ekosistem.

Interaksi antara agroekosistem dan ekosistem alami akan selalu terjadi, karena kejadian ini merupakan hukum alam dan memang harus terjadi guna menghasilkan individu dalam komunitas yang sudah teruji dalam ekosistem. Ekosistem terdiri atas dua komponen yaitu komponen biotik dan komponen abiotik. Komponen abiotik menunjukkan benda mati dan kondisi lingkungan yang mendukung kehidupan makhluk hidup contohnya air, cahaya matahari, udara, iklim, cuaca, batu, tanah, dan sebagainya. Sedangkan komponen biotik menunjukkan makhluk hidup yang ada dalam ekosistem, termasuk manusia, hewan, dan tumbuhan. Interaksi antar komponen dapat terjadi berupa interaksi antar komponen abiotik, antar komponen biotik dan abiotik, dan antar komponen biotik.

Komponen abiotik dan biotik di dalam agroekosistem saling berinteraksi untuk mencapai keseimbangan ekosistem pertanian. Kebutuhan pangan atau sumber nutrisi bagi faktor biotik tersedia dengan adanya faktor abiotik tanah, air, unsur hara, dan anasir iklim yang mendukung nutrisi dalam tanah maupun udara menjadi tersedia. Adanya daur unsur atau daur biogeokimiawi di alam menunjukkan keterkaitan antara faktor biotik dan abiotik. Secara substansial dan rinci dijelaskan sebagai berikut.

1). Interaksi Komponen Abiotik dengan Komponen Biotik.

Interaksi antara komponen biotik dengan abiotik membentuk ekosistem. Hubungan antara organisme dengan lingkungannya

menyebabkan terjadinya aliran energi dalam sistem itu. Selain aliran energi, di dalam ekosistem terdapat juga struktur atau tingkat trofik, keanekaragaman biotik, serta siklus materi.

Komponen biotik banyak dipengaruhi oleh komponen abiotik. Tumbuhan sangat bergantung keberadaan dan pertumbuhannya dari tanah, air, udara tempat hidupnya. Jenis tanaman tertentu dapat tumbuh dengan baik pada kondisi tanah tertentu. Sebaran tumbuhan juga sangat dipengaruhi oleh cuaca dan iklim. Misalnya di pantai, tanaman kelapa dapat tumbuh subur, tetapi tidak demikian di daerah pegunungan. Sebaliknya komponen abiotik juga dipengaruhi oleh komponen biotik. Keberadaan tumbuhan mempengaruhi kondisi tanah, air, dan udara disekitarnya. Banyaknya tumbuhan membuat tanah menjadi gembur dan dapat menyimpan air lebih banyak serta membuat udara menjadi sejuk. Organisme lainnya seperti cacing juga mampu menggemburkan tanah, menghancurkan sampah atau serasa daun, dan menjadikan pengudaraan tanah menjadi lebih baik, sehingga semua dapat menyuburkan tanah.

2). Interaksi antar komponen Abiotik.

Di alam antar komponen abiotik juga saling berinteraksi. Komponen abiotik dapat memengaruhi komponen abiotik lain secara timbal balik. Proses pelapukan batuan dipengaruhi oleh cuaca dan iklim. Cuaca dan iklim juga mempengaruhi keberadaan air di suatu wilayah. Suhu udara di suatu tempat dalam kadar tertentu dipengaruhi oleh warna batuan, kandungan mineral dalam air juga dipengaruhi oleh batuan dan tanah yang dilaluinya. Contoh lain. Jika intensitas cahaya matahari yang mengenai suatu perairan meningkat mengakibatkan laju penguapan meningkat. Dari peristiwa tersebut terbentuklah awan yang apabila dalam jumlah banyak dapat menghalangi sinar matahari ke bumi, sehingga intensitas cahaya matahari ke bumi berkurang, di samping juga dapat menyebabkan air hujan kembali ke perairan.

3). Interaksi antar komponen Biotik.

Di alam antar komponen biotik juga terjadi interaksi. Interaksi tersebut dapat terjadi antar organisme, populasi maupun komunitas.

a). Interaksi antar organisme.

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

b). Netralisme.

Netralisme adalah interaksi antara dua jenis organisme yang tidak saling memengaruhi meskipun makhluk hidup tersebut berada dalam habitat yang sama. Hubungan tidak saling mengganggu antar organisme dalam habitat yang sama yang bersifat tidak menguntungkan dan tidak merugikan kedua belah pihak serta terjadi perbedaan dalam jenis asupan pakannya, disebut netral. Contohnya: interaksi antara kucing dan ayam di kebun sebagaimana terlihat dalam Gambar 36.



Gambar 36. Interaksi antara Kucing dan Ayam di Kebun.

Gambar 36 menunjukkan bahwa interaksi antara kucing dan ayam yang saling tidak mengganggu dalam kehidupan berkomunitas, sehingga kehidupannya penuh kedamaian dalam ekosistem.

c). Predasi.

Predasi adalah hubungan antara mangsa dan pemangsa (predator). Hubungan ini sangat erat sebab tanpa mangsa, predator tak dapat hidup. Sebaliknya, predator juga berfungsi sebagai pengontrol populasi mangsa. Contoh : Singa dengan mangsanya, yaitu kijang, rusa, dan burung hantu dengan tikus. Lebih jelas disajikan dalam Gambar 37.



Gambar 37. Hubungan antara Mangsa dan Pemangsa.

Berdasar Gambar 37 menunjukkan bahwa betapa sadis dan tenangnya komunitas yang dominan dalam suatu ekosistem dalam kehidupan dan mempertahankan hidup di alam yang menjadi kawasan penguasaanya.

d). Parasitisme.

Parasitisme adalah hubungan antar organisme yang berbeda spesies, bila salah satu organisme hidup pada organisme lain dan mengambil makanan dari hospes/inangnya sehingga bersifat merugikan

inangnya. Contoh : *Plasmodium* dengan manusia, *Taenia saginata* dengan sapi, dan benalu dengan pohon inang. Lebih jelas disajikan dalam Gambar 38. Gb Kerbau diganti berwarna.....



Gambar 38. Hubungan antar Organisme yang Berbeda Spesies.

Berdasar Gambar 38 menunjukkan bahwa di alam semesta ada dan terjadi hubungan harmonis antara organisme yang berbeda spesies. Fakta ini membuktikan bahwa hakekatnya kehidupan menjadi harmonis apabila ada kesepahaman walaupun kepentingan berbeda dalam menempati ekosistem.

e). Komensalisme.

Komensalisme merupakan hubungan antara dua organisme yang berbeda spesies dalam bentuk kehidupan bersama untuk berbagi sumber makanan; salah satu spesies diuntungkan dan spesies lainnya tidak dirugikan. Contohnya anggrek dengan pohon yang ditumpanginya. Lebih jelas disajikan dalam Gambar 39.

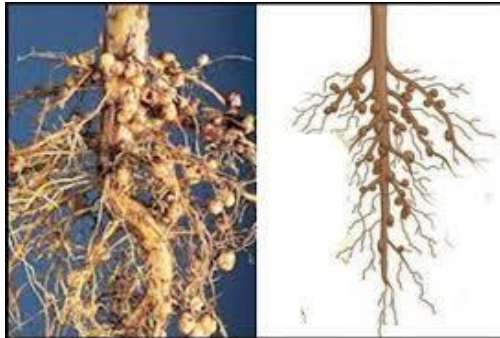
Gambar tanaman anggrek diganti yg baru.....



Gambar 39. Hubungan Dua Organisme Berbeda Spesies.

Berdasar Gambar 39 membuktikan bahwa dua organisme berbeda spesies mampu hidup bersama dalam satu ikatan kasih sayang dalam satu ekosistem tanpa saling mengganggu dan bahkan kedua organisme tersebut mampu tumbuh dan berkembang sesuai potensi yang dimiliki. Fakta ini menggambarkan kepada umat manusia bahwa hakekatnya perbedaan spesies dapat menjadikan hidup bersama yang saling menguntungkan dengan penuh kedamaian.

f). Mutualisme. Mutualisme adalah hubungan antara dua organisme yang berbeda spesies yang saling menguntungkan kedua belah pihak. Fakta empirik ini menunjukkan kepada kita semua betapa kekuasaan Allah luar biasa, karena perbedaan spesies yang hidup bersama dalam suatu komunitas tertentu ternyata saling menguntungkan, karena masing-masing spesies dapat membantu memenuhi kebutuhan hidup produktif dan berkomitmen tidak saling mengganggu. Contoh, bakteri *Rhizobium* yang hidup pada bintil akar kacang-kacangan. Lebih jelas disajikan dalam Gambar 40.



Gambar 40. Hubungan Dua Organisme Berbeda Spesies dan Saling Menguntungkan.

Berdasar Gambar 40 menunjukkan bahwa terjadi hubungan dua organisme berbeda spesies dan saling menguntungkan dalam satu ikatan ekosistem. Fakta ini secara makro terjadi disemua tanaman kelompok Leguminosa dan beberapa tanaman tahunan.

g). Interaksi Antar populasi.

Populasi antara yang satu dengan populasi lain dalam suatu komunitas selalu terjadi interaksi secara langsung atau tidak langsung dalam komunitasnya. Beberapa contoh interaksi antar populasi adalah sebagai berikut.

1) Alelopati.

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

pertumbuhan bakteri tertentu. Lebih jelas disajikan dalam Gambar 41.



Gambar 41 Allelopati.

Berdasar Gambar 41 membuktikan bahwa ada tanaman yang mampu mengeluarkan zat kimia bersifat racun, sehingga akibatnya mampu menghambat pertumbuhan tanaman disekitarnya.

2) Kompetisi.

Kompetisi merupakan interaksi antar populasi. Fakta di lapang bahwa apabila antar populasi terdapat kepentingan yang sama, maka berpotensi dan berkorelasi positif terjadi persaingan untuk mendapatkan apa yang diperlukan. Hakekatnya dalam waktu bersamaan antar populasi dalam suatu ekosistem membutuhkan suatu yang sama, maka akan terjadi kompetisi. Akhirnya dalam waktu tertentu diantara populasi ada yang dominan dan ada yang kalah. Kondisi demikian terjadi dialam semesta. Oleh karena itu kondisi ini menjadi pengetahuan yang sangat berharga bagi umat manusia yang ingin produktif dan berkemajuan. Contoh, persaingan antara populasi kuda dengan populasi sapi di padang rumput.



Gambar 42. Persaingan Antara Populasi Kuda Dengan Populasi Sapi Di Padang Rumput

Berdasar Gambar 42 dapat dijelaskan bahwa antar komunitas terjadi kompetisi, karena saling memperebutkan kebutuhan dan kepentingan yang sama dalam waktu bersamaan.

c). Interaksi Antar Komunitas.

Komunitas adalah kumpulan populasi yang berbeda di suatu daerah yang sama dan saling berinteraksi. Contoh komunitas, misalnya komunitas sawah dan sungai. Komunitas sawah disusun oleh bermacam-macam organisme, misalnya padi, belalang, burung, ular, dan gulma. Komunitas sungai terdiri dari ikan, ganggang, zooplankton, fitoplankton, dan dekomposer. Antara komunitas sungai dan sawah terjadi interaksi dalam bentuk peredaran nutrien dari air sungai ke sawah dan peredaran organisme hidup dari kedua komunitas tersebut. Interaksi antarkomunitas cukup kompleks karena tidak hanya melibatkan organisme, tapi juga aliran energi dan makanan. Interaksi antarkomunitas dapat kita amati, misalnya pada daur

karbon. Daur karbon melibatkan ekosistem yang berbeda misalnya laut dan darat.

Proses alami terjadinya interaksi-interaksi tersebut, maka suatu ekosistem dapat mempertahankan keseimbangannya. Pengaturan untuk menjamin terjadinya keseimbangan ini merupakan ciri khas suatu ekosistem. Apabila keseimbangan ini tidak diperoleh, maka akan mendorong terjadinya dinamika perubahan ekosistem untuk mencapai keseimbangan baru. Lebih lengkap dijelaskan sebagai berikut :

1). Interaksi Makhluk Hidup dengan Lingkungannya.

Antara makhluk hidup yang satu dengan yang lain terjadi hubungan, baik antara sesama spesies maupun antarspesies, baik antara komponen biotik maupun antara komponen abiotik. Hubungan timbal balik dikenal pula dengan istilah interaksi, atau interaksi. Dalam bagian ini, akan dibahas mengenai interaksi antar-individu, antar-populasi, antara komunitas dan faktor biotik, dan interaksi antar ekosistem.

2). Interaksi Antar-Individu Membentuk Populasi.

Sekumpulan makhluk hidup dari spesies yang sama yang hidup pada suatu waktu dan kawasan tertentu serta saling berinteraksi membentuk populasi. Oleh karena berasal dari spesies yang sama, maka individu di dalam populasi mempunyai potensi melakukan kawin silang yang akan menghasilkan keturunan yang fertile (mampu bereproduksi). Contoh populasi adalah populasi itik, populasi padi, dan populasi sapi

Populasi umumnya dapat dikenali dengan adanya ciri-ciri :

- a). Memiliki kesamaan morfologi.
- b). Memiliki kesamaan fungsi fisiologi.
- c). Dapat melakukan perkawinan silang.
- d). Dapat menghasilkan keturunan yang fertile.

Berdasar ciri tersebut dapat dijelaskan bahwa populasi memiliki sifat dapat tumbuh dan berkembang, dari populasi berukuran kecil menjadi populasi yang berukuran besar. Sebaliknya, karena alasan-alasan tertentu (misalnya, diburu, terkena penyakit, bencana alam), ukuran populasi bisa menjadi lebih kecil dari semula.

Semakin besar populasi, semakin banyak kebutuhan makanannya. Demikian pula dengan kebutuhan oksigen, air, dan ruangan. Antarindividu tersebut akan terjadi persaingan atau kompetisi untuk memenuhi kebutuhan oksigen, air, makanan, ruangan, dan cahaya matahari. Oleh karena itu, ledakan populasi akan menimbulkan persaingan dan persaingan menimbulkan masalah lingkungan.

Populasi dapat bertambah atau berkurang, tergantung dari kondisi lingkungannya. Pada musim hujan, populasi rumput meningkat. Sebaliknya, pada musim kemarau, populasinya menurun. Banyaknya individu dalam populasi dapat dihitung sehingga dapat diketahui ukuran populasi per satuan luas. Banyaknya individu per satuan luas disebut kepadatan populasi atau kerapatan populasi. Misalnya, kepadatan populasi pohon kelapa 3 pohon / 10.000 m².

3). Interaksi Antar-Populasi Membentuk Komunitas.

Interaksi antara populasi yang satu dengan yang lain dalam suatu areal tertentu membentuk komunitas. Contoh komunitas adalah komunitas hutan hujan tropik yang di dalamnya terdapat berbagai populasi tumbuhan, reptilian, burung, mamalia, mikroorganisme, cacing moluska.

Interaksi antar makhluk hidup biasanya akan membentuk hubungan khusus yang berpengaruh secara nyata terhadap persebaran dan kepadatannya.

8.2. Interaksi Dalam Ekosistem Sawah.

Sawah merupakan salah satu contoh ekosistem buatan. Sebagian besar penduduk Indonesia mencari nafkah dengan cara bertani sehingga peran biologi dalam bidang pertanian perlu dipelajari. Seperti ekosistem pada umumnya, ekosistem sawah disusun oleh komponen biotik dan abiotiknya. Komponen biotik dan abiotik dalam ekosistem sawah antara lain:

- 1). Komponen biotik : padi, jagung, ulat, belalang, laba laba, rumput liar, ular sawah, kangkung, cacing, genjer, dan kerang sawah.
- 2). Komponen abiotik : cahaya matahari, air, tanah, unsur hara, batu, angin.

Beberapa bentuk interaksi dalam ekosistem sawah meliputi:

- 1). Interaksi biotik dan abiotik.

Contohnya interaksi padi dengan komponen biotik seperti cahaya, air, dan udara.

- 2). Netral.

Netral dalam ekosistem ini termasuk interaksi netral yaitu interaksi antara belalang dan cacing, laba laba dan cacing, jagung dengan padi, juga tanaman kangkung liar dengan padi.

- 3). Predasi.

Predasi di alam contohnya interaksi antara laba laba dengan belalang.

- 4). Herbivori.

Contohnya interaksi antara belalang dengan padi, interaksi ulat dengan padi

- 5). Kompetisi.

Kompetisi di alam contohnya hubungan antara rumput liar dan padi (bersaing memperebutkan air dan unsur hara)

- 6). Simbiosis komensalisme.

Simbiosis komensalisme di alam contohnya interaksi antara laba laba dengan padi, dimana laba laba sebagai pihak yang diuntungkan.

7). Simbiosis parasitisme .

Contohnya hubungan padi dengan keong racun

8). Simbiosis mutualisme.

Simbiosis mutualisme di alam contohnya hubungan antara padi dengan genjer. Genjer adalah sejenis tumbuhan ekosistem rawa yang juga biasa ditemukan di sawah. Genjer bersimbiosis mutualisme dengan padi karena dapat mengurangi bahaya logam berat bagi lingkungan yang terlarut diperairan sawah.

Setiap tingkatan organisasi kehidupan dalam ekosistem sawah saling berinteraksi dan menjaga keseimbangan ekosistemnya. Sayangnya kegiatan dan perilaku manusia itu sendiri justru membuat ekosistem terganggu. Beberapa kegiatan yang dilakukan manusia dalam bidang pertanian yang mengganggu ekosistem sawah adalah:

1). Pemakaian pestisida secara berlebihan.

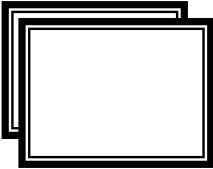
Penggunaan pestisida secara berlebihan justru meningkatkan kekebalan hama terhadap pestisida.

2). Memakai pupuk kimia secara terus menerus

Pemakaian bahan kimia justru membuat tanah kehilangan unsur haranya. Hal ini sebenarnya dapat diatasi dengan menggunakan pupuk kandang dan menerapkan sistem rotasi tanam untuk mengembalikan unsur hara tanah

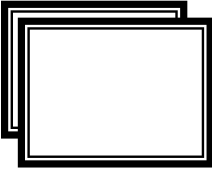
3). Pencemaran tanah dan air sungai

Pengairan adalah hal yang paling penting dalam penanaman padi. Apabila air yang digunakan tercemar maka hal ini akan mengganggu kesuburan tanaman. Ini juga berlaku bagi sampah plastik. Dampak sampah plastik sangat mengganggu pertumbuhan tanaman padi.



RANGKUMAN

1. Ekosistem terdiri atas dua komponen yaitu komponen biotik dan komponen abiotik. Komponen abiotik menunjukkan benda mati dan kondisi lingkungan yang mendukung kehidupan makhluk hidup contohnya air, cahaya matahari, udara, iklim, cuaca, batu, tanah, dan sebagainya. Sedangkan komponen biotik menunjukkan makhluk hidup yang ada dalam ekosistem, termasuk manusia, hewan, dan tumbuhan.
2. Interaksi antar komponen dapat terjadi berupa interaksi antar komponen abiotik, antar komponen biotik dan abiotik, dan antar komponen biotik.
3. Komponen abiotik dan biotik di dalam agroekosistem saling berinteraksi untuk mencapai keseimbangan ekosistem pertanian. Kebutuhan pangan bagi faktor biotik tersedia dengan adanya faktor abiotik tanah, air, unsur hara, dan anasir iklim yang mendukung nutrisi dalam tanah maupun udara menjadi tersedia. Adanya daur unsur atau daur biogeokimiawi di alam menunjukkan keterkaitan antara faktor biotik dan abiotik.
4. Adanya interaksi-interaksi tersebut, suatu ekosistem dapat mempertahankan keseimbangannya. Pengaturan untuk menjamin terjadinya keseimbangan ini merupakan ciri khas dari suatu ekosistem. Apabila keseimbangan ini tidak diperoleh maka akan mendorong terjadinya dinamika perubahan ekosistem untuk mencapai keseimbangan baru.



TUGAS

1. Jelaskan dan uraikan interaksi komponen abiotik dengan komponen biotik!
2. Jelaskan dan uraikan interaksi antar komponen abiotik!
3. Jelaskan dan uraikan interaksi antar komponen biotik!
4. Jelaskan dan uraikan Interaksi antar populasi!
5. Sebutkan beberapa bentuk interaksi dalam ekosistem sawah ?
6. Sebutkan kegiatan yang dilakukan manusia dalam bidang pertanian yang mengganggu ekosistem sawah ?

**BAB
IX****FAKTOR
LINGKUNGAN**

Faktor lingkungan secara umum sangat mempengaruhi kualitas dan kelangsungan hidup makhluk hidup. Kelangsungan hidup makhluk hidup (manusia, hewan dan tumbuhan) tidak terlepas dari pengaruh lingkungan. Lingkungan yang kita tempati di bumi ini akan membawa dampak bagi kelangsungan hidup makhluk hidup terlebih pada tumbuhan dalam hal ini tanaman. Tidak hanya manusia, tanaman sebagai makhluk hidup juga mengalami pertumbuhan dan perkembangan.

Fakta empirik dan deskripsi membuktikan bahwa dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman ini, lingkungan merupakan salah satu faktor terpenting dalam proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pengaruh lingkungan terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman meliputi tanah, air dan udara. Oleh sebab itu, tujuan mengetahui dan menghayati faktor lingkungan dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman nantinya dapat membantu kita untuk mempermudah dan menemukan solusi cepat dan benar bila terjadi hambatan pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Lingkungan merupakan sistem yang kompleks yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Hasil penelitian dan diperkuat banyak teori, maka untuk mempelajari pengaruh lingkungan terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman, maka perlu dilakukan penggolongan faktor-faktor lingkungan tersebut. Faktor-faktor lingkungan dapat digolongkan menjadi faktor biotik dan abiotik. Faktor abiotik terdiri

atas tanah, air, udara, kelembaban udara, angin, cahaya matahari, dan suhu. Sedangkan lingkungan biotik terdiri dari organisme-organisme hidup di luar lingkungan abiotik (manusia, tumbuhan, hewan dan mikroorganisme).

Pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan merupakan hasil interaksi kompleks dua faktor yaitu faktor intern dan ekstern. Faktor intern adalah faktor yang berasal dari dalam tubuh tumbuhan sendiri yang berpengaruh terhadap pertumbuhan. Faktor ini dibedakan menjadi dua yakni faktor intrasel dan intersel. Yang termasuk faktor intrasel adalah sifat yang menurun atau faktor hereditas, sedangkan yang termasuk faktor intersel adalah hormon. Faktor luar atau ekstern yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan adalah air tanah dan mineral, kelembaban, suhu, cahaya dan lain lain.

Lingkungan tanaman merupakan gabungan dari berbagai macam unsur yang dapat dikelompokkan ke dalam dua bagian yaitu unsur penyusun lingkungan di atas tanah dan lingkungan dalam tanah. Bagian unsur ini khususnya yang terdapat dalam tanah dapat dikendalikan sedang unsur yang terdapat di atas tanah pada umumnya sulit untuk dikendalikan. Unsur-unsur penyusun tersebut sering terdapat dalam kuantitas yang bervariasi dari satu tempat ke tempat yang lain sehingga lingkungan merupakan sumber potensial sebagai penyebab keragaman tanaman dilapangan (Sitompul,1995).

Faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman dibedakan menjadi dua yaitu faktor abiotik dan faktor biotik. Faktor abiotik terdiri dari tanah, air, udara, kelembaban udara, angin, cahaya matahari dan suhu, sedangkan faktor biotik terdiri dari organisme-organisme hidup di luar lingkungan abiotik yaitu manusia, tumbuhan, hewan dan mikroorganisme. Suhu merupakan faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pertumbuhan tanaman akan baik pada suhu antara 15°C sampai 40°C. Suhu akan mengaktifkan proses fisik dan kimia pada tanaman. Energi panas akan menggiatkan reaksi biokimia pada tanaman atau

reaksi fisiologis dikontrol oleh selang suhu tertentu (Hasan Basri Jumin, 2001).

Faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman diantaranya :

1. Faktor Tanah.

Tanah memiliki banyak arti, namun yang terpenting adalah tanah merupakan komponen hidup dari lingkungan yang penting yang dapat dimanipulasi untuk mempengaruhi penampilan tanaman. Tanah merupakan tempat hidup bagi organisme yang terbentuk dari proses pelapukan. Tanah menyediakan unsur-unsur hara yang diperlukan tumbuhan untuk pertumbuhan. Tanah akan memberikan tanggapan yang baik pada tanaman apabila pengolahan tanah baik disertai dengan pemberian pupuk yang cukup. Pengolahan tanah adalah memanipulasi mekanik tanah terhadap tanah untuk menciptakan keadaan tanah yang cukup baik untuk pertumbuhan tanaman. Pengolahan tanah membuat aerasi dalam tanah menjadi lebih baik sehingga pertukaran CO₂ dan O₂ pada daerah perakaran dapat lancar (Thomas, *et.all*, 2004).

Ditinjau dari segi asal-usul, tanah merupakan hasil alih-rupa dan alih tempat zat-zat mineral dan organik yang berlangsung di permukaan daratan di bawah pengaruh faktor-faktor lingkungan yang bekerja selama waktu sangat panjang, dan berbentuk tubuh dengan organisasi dan morfologi tertentu. Sifat-sifat tanah muncul dan berkembang secara berangsur menuruti perjalanan waktu yang sangat panjang.

Tanah adalah gejala alam permukaan daratan, membentuk zone yang disebut pedosfer, tersusun atas massa yang mudah hilang, berupa pecahan dan lapukan batuan bercampur dengan bahan organik.

Tanah sendiri memiliki fungsi tertentu, berikut fungsi tanah yang primer yaitu :

- a). Memberikan unsur-unsur mineral, melayaninya baik sebagai medium pertukaran maupun sebagai tempat persediaan.
- b). Memberikan air dan melayaninya sebagai reservoir
- c). Melayani tanaman sebagai tempat berpegang dan bertumpu untuk tegak

Tanah disusun dari butir-butir tanah dengan berbagai ukuran yang terdiri dari bahan kasar tanah dan bahan halus tanah.

- a). Bahan Kasar Tanah yaitu Bagian butir tanah yang berukuran lebih dari 2 mm. contohnya seperti kerikil, koral sampai batu.
- b). Bahan Halus Tanah adalah Bagian butir tanah yang berukuran kurang dari 2 mm. Bahan halus tanah dibedakan menjadi:
 - a). Pasir, yaitu butir tanah yang berukuran antara 0,050 mm sampai dengan 2 mm.
 - b). Debu, yaitu butir tanah yang berukuran antara 0,002 mm sampai dengan 0,050 mm.
 - c). Liat, yaitu butir tanah yang berukuran kurang dari 0,002 mm

2. Faktor Air.

Air berpengaruh terhadap ekosistem karena air dibutuhkan untuk kelangsungan hidup organisme. Air dibutuhkan tumbuhan dalam pertumbuhan, perkecambahan, dan penyebaran biji. Air mempunyai beberapa fungsi yaitu sebagai daya pelarut unsur-unsur yang diambil oleh tanaman, mempertinggi reaktivitas persenyawaan yang sederhana/ kompleks, berperan dalam proses fotosintesis, penyangga tekanan di dalam sel yang penting dalam aktivitas sel tersebut, mengabsorpsi temperatur dengan baik/mengatur temperatur di dalam tanaman, menciptakan situasi temperatur yang konstan. Air merupakan substrat fotosintesis, tetapi hanya 0,1% dari jumlah air total

digunakan oleh tumbuhan untuk fotosintesis. Transpirasi meliputi 99% dari seluruh air yang digunakan oleh tumbuhan, kira-kira 1% digunakan untuk embasahi tubuh, mempertahankan tekanan turgor dan memungkinkan terjadinya pertumbuhan (Suwasono Haddy, 2001).

Air merupakan senyawa yang sangat penting bagi tumbuhan. Fungsi air antara lain sebagai media reaksi enzimatik, berperan dalam fotosintesis, menjaga turgiditas sel dan kelembapan. Kandungan air dalam tanah mempengaruhi kelarutan unsure hara dan menjaga suhu tanah. Tanaman, menyerap unsur hara dari media tempat hidupnya, yaitu dari tanah ataupun dari air. Unsur hara merupakan salah satu penentu pertumbuhan suatu tanaman baik atau tidaknya tumbuhan berkembangbiak (Muawin, 2002).

Air merupakan salah satu komponen penting yang dibutuhkan oleh tanaman untuk tumbuh, berkembang dan bereproduksi. Air yang dapat diserap tanaman adalah air yang berada dalam pori-pori tanah di lapisan perakaran. Penyerapan air oleh tanaman dikendalikan oleh beberapa hal sebagai berikut : kebutuhan untuk transpirasi, kerapatan serta total panjang akar dan kandungan air tanah di lapisan jelajah akar tanaman. Sebagian besar air yang diabsorpsi oleh tanaman dikeluarkan lagi ke atmosfer lewat proses transpirasi. Dalam budidaya tanaman di lapangan, kehilangan air dari tanah disamping terjadi lewat proses transpirasi, juga lewat permukaan tanah yang disebut evaporasi. Proses transpirasi dan evaporasi terjadi secara bersamaan dan sulit untuk dipisahkan satu dengan yang lain.

Evaporasi dipengaruhi oleh kondisi iklim, terutama temperatur, radiasi dan kecepatan angin, serta kandungan air tanah. Dengan terjadinya evaporasi, maka kandungan air tanah

turun, dengan demikian maka kecepatan evaporasi juga akan turun (Islami dan Utomo, 1995).

Macam-macam air yang harus kita ketahui, meliputi :

- a). Air gravitasi: berada di pori makro tanah, diikat sangat lemah oleh partikel tanah, dengan cepat turun ke lapisan yang lebih dalam, tidak dapat dimanfaatkan tanaman
- b). Air kapiler: terdapat di pori mikro tanah, melapisi butiran tanah, diikat longgaroleh partikel tanah, dapat dilepaskan oleh perakaran, dapat diserap akar
- c). Air higroskopis: air yang menempati posisi sangat dekat dengan partikel tanah, diikat sangat kuat, akar tidak mampu memutus ikatan, tidak dapat diserap akar.

Air secara umum memiliki beberapa fungsi, diantaranya Fungsi air :

- a). Penyusun tubuh tanaman (70%-90%).
- b). Pelarut dan medium reaksi biokimia.
- c). Medium transpor senyawa.
- d). Memberikan turgor bagi sel (penting untuk pembelahan sel dan pembesaran sel).
- d). Bahan baku fotosintesis.
- e). Menjaga suhu tanaman supaya konstan.

3. Faktor Cahaya matahari.

Cahaya matahari sebagai sumber energi primer di muka bumi, sangat menentukan kehidupan dan produksi tanaman, termasuk dalam perkecambahan, pembentukan umbi dan bulb, pembungaan dan perbandingan kelamin pada bunga. Cahaya mempengaruhi perkecambahaan dan pembungaan dengan pengaruhnya terhadap fitokrom. Pengaruh cahaya tergantung mutu berdasarkan panjang gelombang (antara panjang gelombang 0,4 - 0,7 milimikron). Pengaruh cahaya ditentukan oleh intensitas cahaya, kualitas cahaya dan lama penyinaran (panjang hari).

Sinar matahari sangat dibutuhkan oleh tanaman untuk dapat melakukan fotosintesis (khususnya tumbuhan hijau). Jika suatu tanaman kekurangan cahaya matahari, maka tanaman itu bisa tampak pucat dan warna tanaman itu kekuning-kuningan (etiolasi). Pada kecambah, justru sinar matahari dapat menghambat proses pertumbuhan (Yulianita, 2006).

4. Faktor Udara (Suhu).

Suhu merupakan faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta Suhu berkorelasi positif dengan radiasi matahari Tinggi rendahnya suhu disekitar tanaman ditentukan oleh beberapa factor yaitu : Radiasi matahari, Kerapatan tanaman, Distribusi cahaya dalam tajuk tanaman, Kandungan lengas tanah. Tinggi rendahnya suhu disekitar tanaman ditentukan oleh radiasi matahari, kerapatan tanaman, distribusi cahaya dalam tajuk tanaman dan kandungan lengas tanah. Suhu mempengaruhi beberapa proses fisiologis penting yaitu bukaan stomata, laju transpirasi, laju penyerapan air dan nutrisi, fotosintesis, dan respirasi. Suhu dapat mempengaruhi tiga fungsi fisiologi tanaman yaitu pertumbuhan dan perkembangan, asimilasi dan pernafasan. Suhu minimum adalah suhu terendah yang dibawahnya pertumbuhan, asimilasi dan pernafasan menjadi lambat bahkan terhenti. Suhu yang rendah akan mengakibatkan absorpsi air dan unsur hara terganggu karena transpirasi meningkat. Suhu minimum, optimum dan maksimum dapat diketahui dalam ruang yang tak terkendali sehingga dapat mempermudah dalam penyesuaian terhadap keadaan iklim disuatu tempat (Imran S, 2009). Proses fisiologis juga dipengaruhi oleh suhu, diantaranya pada:

- a). Bukaan stomata.
- b). Laju transpirasi.
- c). Laju penyerapan air dan nutrisi.
- d). Fotosintesis.
- e).Respirasi.

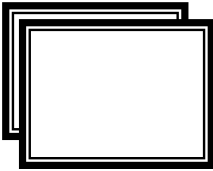
Respon tanaman terhadap suhu berbeda berbeda. Perbedaan itu tergantung dari beberapa faktor diantaranya yaitu:

- a).Jenis tanaman.
- b).Varietas.
- c). Tahap pertumbuhan tanaman.
- d). Macam organ/jaringan.

Pengaruh Suhu Minimum terhadap Tanaman pada suhu rendah (minimum), maka pertumbuhan tanaman menjadi lambat bahkan terhenti, karena kegiatan enzimatik dikendalikan oleh suhu. Suhu tanah yang rendah akan berakibat absorpsi air dan unsur hara terganggu, karena transpirasi meningkat.

5. Faktor Hara mikro.

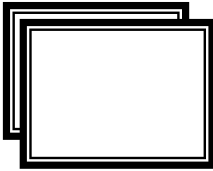
Hara mikro dibutuhkan dalam jumlah sedikit oleh tanaman tetapi karena sifatnya yang esensial dan banyak berperan dalam proses enzimatik maka keberadaannya sangat berpengaruh pada proses metabolisme. Pada pembentukan metabolit sekunder antara lain alkaloid, unsur hara mikro berperan besar pada proses enzimatik yaitu sebagai aktivator atau gugus redox seperti Fe, Zn, Mn, dan Cu . Pemupukan yang berlebihan juga dapat menyebabkan penyerapan unsur-unsur lain terhambat sehingga dapat mengakibatkan kekurangan antara lain kahat unsur mikro (Sharma et al, 2000).



RANGKUMAN

1. Faktor lingkungan secara umum sangat mempengaruhi kualitas dan kelangsungan hidup makhluk hidup. Kelangsungan hidup makhluk hidup (Manusia, hewan dan tumbuhan) tidak terlepas dari pengaruh lingkungan.
2. Pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan merupakan hasil interaksi kompleks dua faktor yaitu faktor intern dan ekstern. Faktor intern adalah faktor yang berasal dari dalam tubuh tumbuhan sendiri yang berpengaruh terhadap pertumbuhan. Faktor ekstern yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan adalah air tanah dan mineral, kelembaban, suhu, cahaya dan lain lain.
3. Lingkungan tanaman merupakan gabungan dari berbagai macam unsur yang dapat dikelompokkan ke dalam dua bagian yaitu unsur penyusun lingkungan di atas tanah dan lingkungan dalam tanah yang merupakan sumber potensial sebagai penyebab keragaman tanaman dilapangan
4. Faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman dibedakan menjadi dua yaitu faktor abiotik dan faktor biotik. Faktor abiotik terdiri dari tanah, air, udara, kelembaban udara, angin, cahaya matahari dan suhu, sedangkan faktor biotik terdiri dari organisme-organisme hidup di luar lingkungan abiotik yaitu manusia, tumbuhan, hewan dan mikroorganisme.

-
-
5. Air merupakan senyawa yang sangat penting bagi tumbuhan. Fungsi air antara lain sebagai media reaksi enzimatik, berperan dalam fotosintesis, menjaga turgiditas sel dan kelembapan. Kandungan air dalam tanah mempengaruhi kelarutan unsur hara dan menjaga suhu tanah.



TUGAS

-
-
1. Sebutkan fungsi tanah terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman !
 2. Sebutkan macam-macam air yang harus kita ketahui !
 3. Sebutkan fungsi air terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman !
 4. Sebutkan dan jelaskan proses fisiologis yang dipengaruhi oleh suhu, berdasarkan pendapatmu!

**BAB
X****PERTANIAN
BERKELANJUTAN**

10.1. Konsep Pertanian Berkelanjutan

Konsep Pertanian Berkelanjutan atau sustainability terus berkembang, diperkaya dan dipertajam dengan kajian pemikiran, model, metode, dan teori-teori dari berbagai disiplin ilmu sehingga menjadi suatu kajian ilmu terapan yang diabdikan bagi kemaslahatan umat manusia untuk generasi sekarang dan mendatang. Sistem pertanian berkelanjutan juga berisi suatu ajakan moral untuk berbuat kebajikan pada lingkungan sumber daya alam dengan mempertimbangkan tiga matra atau aspek sebagai berikut : kesadaran lingkungan (*Ecologically Sound*), bernilai ekonomis (*Economic Valuable*) dan berkarakter sosial atau kemasyarakatan (*Socially Just*). Ini menunjukkan bahwa pembangunan pertanian berkelanjutan (*Sustainable Agricultural Development*) berkaitan erat dengan sumber mata pencaharian, dimana bila hanya semata-mata mengutamakan aspek keberlanjutan lingkungan (*Ecological Sustainability*), maka dihipotesiskan *Economic Outcome* akan menurun (Karwan, 2003).

Hasil penelitian dari banyak peneliti secara empirik menunjukkan bahwa, apabila hanya mengutamakan peningkatan ekonomi tanpa mepedulikan aspek ekologi akan menyebabkan penurunan kesuburan lahan. Penanaman secara monokultur telah mengurangi keanekaragaman hayati (*Biodiversity*) yang ada di lingkungan. Penggunaan pupuk kimia yang berlebihan tanpa diimbangi dengan penggunaan organik, dalam jangka pendek memang mampu mendongkrak produktivitas ubi kayu sehingga

secara ekonomi sangat menguntungkan. Sebaliknya, dalam jangka panjang dampak ekonomi dan ekologi yang ditimbulkan sangat merugikan, terutama bagi generasi yang akan datang (Wintgens, 2009). Proses pemiskinan hara tanah menjadi ancaman serius bagi keberlanjutan sistem usaha pertanian di masa depan (Reijntjes, 2003).

Sistem pertanian berkelanjutan sebagai sistem pertanian yang mengandalkan manajemen sumber daya untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia tanpa menurunkan mutu lingkungan dan mutu sumber daya alam. Sistem pertanian berkelanjutan mampu menghasilkan produksi dan pendapatan petani saat ini, sementara mutu sumber daya yang digunakan untuk berproduksi tersebut tetap dapat dilestarikan untuk diberdayakan oleh generasi berikutnya (Utomo, 2005)

10.2. Pengelolaan Tanah Berkelanjutan

Degradasi tanah berpengaruh negatif terhadap kualitas tanah dan produktivitas lahan karena (1) bahan organik, ketersediaan unsur hara, dan ketersediaan air minim, (2) ketebalan solum menipis sehingga lapisan bawah tanah yang biasanya asam dan kandungan haranya rendah tersingkap, dan (3) luas lahan efektif berkurang. Menurunnya kualitas tanah dan produktivitas lahan tersebut disebabkan partikel tanah yang terbawa erosi adalah partikel liat halus dari lapisan olah yang kaya akan bahan organik dan unsur hara. Selain itu, pencucian hara juga menyebabkan menurunnya kualitas tanah.

Pengelolaan tanah merupakan bagian dari pengelolaan lahan yang bertujuan untuk menciptakan kondisi tanah yang kondusif bagi perkecambahan, pertumbuhan tanaman muda, perkembangan akar, pengembangan tanaman, pembentukan biji dan panen (Barber, 2002). Kegiatan pengelolaan tanah lebih luas dibandingkan dengan konservasi tanah, yaitu meliputi kegiatan perlindungan dan pengawetan tanah agar tidak terdegradasi sampai pada kegiatan ameliorasi (perbaikan) tanah.

Kondisi edapologis yang diharapkan antara lain (1) sifat fisik tanah, meliputi ukuran agregat, ketersediaan air tanah, suhu tanah, struktur tanah, porositas dan konsistensi; (2) sifat kimia tanah, meliputi ketersediaan hara, kapasitas tukar kation, dan pH; dan (3) sifat biologi tanah, meliputi bahan organik tanah, dan biodiversitas tanah. Sifat-sifat tanah tersebut harus cukup optimum untuk meningkatkan produktivitas tanaman.

Dua dari enam strategi pengelolaan tanah berkelanjutan yang ditempuh meliputi: meningkatkan bahan organik tanah dan meningkatkan kesuburan dan produktivitas tanah. Peningkatan bahan organik tanah terhadap kualitas tanah meliputi meningkatkan stabilitas agregat tanah, meningkatkan kapasitas tanah dalam menahan air, meningkatkan kemampuan tanah dalam menahan hara, dan meningkatkan aktivitas biota tanah

Teknik budidaya yang efektif dalam meningkatkan bahan organik tanah adalah pemulsaan residu tanaman sebelumnya, olah tanah konservasi (OTK) jangka panjang, pupuk hijau dan pupuk kandang. Teknik pemulsaan dengan menggunakan residu tanaman sebelumnya merupakan teknik murah dan sederhana (Utomo, 1990). Selanjutnya dengan meningkatnya kesuburan tanah tanaman diharapkan akan mampu meningkatkan serapan hara sehingga hasil panen dan produksi akan meningkat (Utomo, 2005).

Pengelolaan tanah berkelanjutan dapat dilakukan dengan berbagai cara, di antaranya:

1. Pengolahan Tanah Minimum.

Pengolahan Tanah Minimum adalah pengolahan tanah yang dilakukan secara terbatas atau seperlunya tanpa melakukan pengolahan tanah pada seluruh areal lahan (LIPTAN, 1994). Pengertian lain dari pengolahan tanah minimum (minimum tillage) yaitu suatu pengolahan lahan yang dilakukan seperlunya saja (seminim mungkin), disesuaikan dengan kebutuhan pertanaman dan kondisi tanah. Pengolahan minimum bertujuan agar tanah tidak mengalami kejenuhan yang dapat menyebabkan tanah sakit (sick soil) dan menjaga struktur tanah. Aspek lain, dengan pengolahan minimum dapat menghemat biaya produksi.

Pengolahan tanah dapat dilakukan sekali dalam setahun atau sekali dalam 2 tahun tergantung pada tingkat kepadatan tanahnya, dan sisa tanaman disebarakan seluruhnya diatas permukaan tanah sebagai mulsa setelah pengolahan tanah. Pada tanah-tanah yang cepat memadat seperti pada tanah yang bertekstur berat, pengolahan tanah dapat dilakukan dalam sekali setahun; sedangkan pada tanah-tanah yang bertekstur sedang dapat dilakukan sekali dalam 2 tahun.

Kelebihan pengolahan tanah minimum, diantaranya:

- a). Mencegah kerusakan tanah oleh erosi dan aliran permukaan
- b). Mengamankan dan memelihara produktifitas tanah agar tercapai produksi yang setinggi-tingginya dalam waktu yang tidak terbatas.
- c). Meningkatkan produksi lahan usahatani.
- d). Menghemat biaya pengolahan tanah, waktu dan tenaga kerja.

Kelemahan pengolahan tanah minimum, diantaranya:

- a). Perakaran mungkin terbatas dalam tanah yang berstruktur keras.
- b). Lebih cocok untuk tanah yang gembur
- c). Pemberian mulsa perlu dilakukan secara terus menerus
- d). Herbisida diperlukan apabila pengendalian tanaman pengganggu tidak dilakukan secara manual / mekanis.

Implementasi dalam sistem pengolahan minimum, tanah yang diolah hanya pada spot-spot tertentu dimana tanaman yang akan dibudidayakan tersebut ditanam. Pengolahan tanah biasanya dilakukan pada bagian perakaran tanaman saja (sesuai kebutuhan tanaman), sehingga bagian tanah yang tidak diolah akan terjaga struktur tanahnya karena agregat tanah tidak rusak dan mikroorganisme tanah berkembang dengan baik.

Pada pengolahan minimum, tidak semua lahan diolah, sehingga ada spot-spot dari lahan tersebut yang diistirahatkan. Hal tersebut dapat memperbaiki struktur tanah karena dalam lahan yang diistirahatkan, mikroorganisme tanah akan melakukan dekomposisi bahan-bahan organik. Selain itu, mikroorganisme akan mengimmobilisasi logam-logam berat sisa pemupukan yang ada dalam tanah seperti Al, Fe dan Mn.

2. Pengolahan Tanah Tanpa Olah Tanah.

Pengolahan lahan no tillage atau Tanpa Olah Tanah merupakan sistem pengolahan tanah yang merupakan adopsi sistem perladangan dengan memasukkan konsep pertanian modern. Tanah dibiarkan tidak terganggu, kecuali alur kecil atau lubang untuk penempatan benih atau bibit. Sebelum tanam sisa tanaman atau gulma dikendalikan sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu penempatan benih atau bibit tersebut. Seresah tanaman yang mati dan dihamparkan dipermukaan tanah ini dapat berperan sebagai mulsa dan menekan pertumbuhan gulma baru dan pada akhirnya dapat memperbaiki sifat dan tata air tanah. Pengertian lain dari sistem Tanpa Olah Tanah (TOT) yaitu sistem di mana permukaan tanah hanya dibersihkan dari gulma baik secara manual maupun dengan menggunakan herbisida. Sesudah pembersihan, tanaman langsung ditugal. Jika penugalan sulit dilakukan, dapat digunakan cangkul untuk memudahkan penanaman.

Implementasi dalam sistem tanpa olah tanah (TOT), erosi tanah dapat diperkecil dari 17.2ton/ha/tahun menjadi 1 ton/ha/tahun dan aliran permukaan ditekan 30 – 45%. Keuntungan lain yang di dapat pada sistim tanpa olah tanah yaitu adanya kepadatan perakaran yang lebih banyak, penguapan lebih sedikit, air tersedia bagi tanaman makin banyak.

Kelebihan Pengolahan Tanpa Olah Tanah (TOT), diantaranya:

- a). Meningkatkan waktu budidaya karena petani tidak perlu melakukan pengolahan tanah terlebih dahulu.

-
-
- b). Menghemat ongkos tenaga kerja.
 - c). Menghindari kerusakan tanah karena tanah yang terlalu sering dibalik dan digemburkan akan mengalami pengerasan dalam jangka panjang. Selain itu, tanah yang dibajak atau digemburkan akan terbuka sehingga ada potensi hilangnya mineral tanah.
 - d). Mengurangi erosi lapisan hara tanah bagian atas karena proses pengolahan.

Fakta empirik menunjukkan bahwa, kelemahan metode tanpa olah tanah (TOT), diantaranya:

- a). Ada kemungkinan tanah telah ditumbuhi gulma yang bisa mengganggu pertumbuhan tanaman.
- b). Karena tanah tidak dibuka ada kemungkinan sisa-sisa hama yang masih berkembang biak di atas lahan, dan bisa mengganggu pertumbuhan tanaman selanjutnya.

3. Budidaya Tanaman dengan Sistem Tumpang Sari

Suatu bentuk pertanaman campuran (polyculture) berupa pelibatan dua jenis atau lebih tanaman pada satu areal lahan tanam dalam waktu yang bersamaan atau agak bersamaan. Tumpang sari merupakan usaha menanam beberapa jenis tanaman pada lahan dan waktu yang sama, dimana diatur sedemikian rupa dalam barisan-barisan tanaman. Sistem penanaman dengan cara ini dapat dilakukan pada 2 (dua) atau lebih jenis tanaman yang relative sama umur, misalnya pada tanaman jagung dan kacang tanah, tapi juga dapat dilakukan pada beberapa jenis tanaman yang umurnya berbeda.

Penanaman system tumpang sari mempunyai banyak kelebihan yang tidak dimiliki pada sistem penanaman mono kultur antara lain:

- a). Terjadi peningkatan efisiensi lahan.
- b). Populasi tanaman dapat diatur.
 - c). Dalam satu areal diperoleh produksi lebih dari satu komoditi.

-
-
- d). Memperkecil resiko kegagalan dalam usaha tani.
 - e). Menciptakan stabilitas biologis sehingga dapat menekan serangan hama dan penyakit tanaman.

Jenis – jenis tanaman yang ditanam dengan sistem tumpang sari biasanya adalah tanaman semusim. Misalnya tumpangsari tanaman jagung dan kedelai atau tanaman jagung dengan padi gogo (padi darat). Beberapa jenis tanaman yang biasanya dibudidayakan dengan sistem tumpang sari antara lain:

- a). Cabe dan Tomat
- b). Jagung dan Kacang Tanah.
- c). Jagung dan Kedelai.
- d). embakau dan Kubis.
- e). Cabe dan Mentimun.
- f). Cabe dan Bawang Merah.
- g). Cabe dan Sawi
- h). Cabe dan Daun Bawang, dll.

10.3. Kearifan Lokal Sebagai Penyeimbang.

Kearifan lokal pada dasarnya adalah praktik dan kebiasaan yang dilakukan oleh masyarakat setempat yang mendasarkan pada pengetahuan atau teknologi asli (*indigenous knowledge and indigenous technology*) yang telah terbukti baik dan bermanfaat (Pretty and Chambers, 1994). Kearifan lokal pada budidaya padi sawah secara tidak sengaja nampaknya ditujukan untuk: (1) meminimalkan terjadinya gangguan tanaman oleh cekaman biotik maupun abiotic, (2) menyesuaikan dengan sifat-sifat alam setempat, (3) memanfaatkan sumber daya alam secara optimal selaras dengan kodrat alam, dan (4) berusaha hidup berdampingan secara harmonis dengan alam. Dengan demikian kearifan lokal sebenarnya adalah cara mengelola sumber daya alam dan memanfaatkan alam selaras dan harmonis dengan ritme alamiah, sehingga manfaat yang diperoleh seakan-akan merupakan bagian dari kinerja alam itu sendiri.

Berdasar sifat operasionalnya yang sejalan dengan ritme alam, maka kearifan lokal dapat menjadi penyeimbang terhadap teknologi revolusi hijau yang bersifat eksploitatif-ekstratif dan serakah oleh pihak pengguna lahan sawah. Beberapa contoh kearifan lokal dalam budidaya padi sawah antara lain adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan petakan sawah dengan batas pematang yang luasan petaknya disesuaikan dengan kemiringan lahan, sehingga terbentuk sawah berteras yang sangat efektif mengendalikan erosi.
2. Rotasi tanaman padi sawah-palawija atau tanaman hortikultura, menyesuaikan sifat iklim dan sebaran curah hujan tahunan.
3. Pembentukan lahan surjan diikuti penanaman jenis tanaman yang beragam pada satu hamparan, berfungsi menghindarkan gangguan hama-penyakit, memperbaiki drainasi tanah dan memperoleh keuntungan dari hasil panen beruntun berasal dari berbagai jenis tanaman.
4. Penanaman varietas padi yang berbeda antar petani atau antar desa, membentuk keragaman genetik yang sangat luas, sehingga memiliki daya tahan terhadap hama penyakit, yang ditimbulkan oleh *genetic variation buffering capacity*.
5. Penanaman varietas lokal yang bersifat adaptif terhadap sifat-sifat agroekologi spesifik, memiliki stabilitas hasil yang tinggi dan sesuai dengan preferensi konsumen setempat.
6. Pemberaan lahan sawah selama 2-3 bulan pada bagian akhir musim kemarau memutus siklus hama-penyakit dan membusukkan sisa-sisa jerami dan tanaman lain, masuk ke dalam tanah.
7. Pembajakan tanah pertama menggunakan singkal yang cukup dalam diikuti pengistirahatan lahan selama 7-10 hari, berfungsi agar lapisan tanah bawah yang dibalik oleh bajak dapat teroksidasi.
8. Penanaman *leguminosa* seperti *crotalaria* yang selanjutnya ditanamkan ke dalam tanah, meningkatkan kesuburan tanah.

Di masyarakat sesungguhnya banyak lagi tindakan budidaya padi yang merupakan kearifan lokal yang dikembangkan oleh petani. Petani padi di wilayah pasang surut mengembangkan kearifan lokal sesuai dengan sifat agroekologi lahan pasang-surut, yang sangat berbeda dengan wilayah persawahan irigasi. Kearifan lokal tersebut yang merupakan komponen teknologi dan komponen manajemen budidaya padi, masih sangat relevan untuk diintegrasikan dengan teknologi budidaya padi modern. Adanya berbagai kearifan lokal yang berbeda menunjukkan bahwa teknologi anjuran tidak semestinya berlaku secara nasional, karena setiap wilayah memiliki ciri-ciri spesifik yang memerlukan penanganan spesifik.

Prinsip dasar yang perlu diingat bahwa kearifan lokal tidak harus menafikan komponen teknologi maju atau modern. Kearifan lokal lebih sesuai dengan usahatani subsisten, tetapi dapat diaplikasikan sebagai penyeimbang, koreksi atau pendamping teknologi pertanian maju, seperti pentingnya rotasi tanaman, pengembalian limbah panen dan pupuk organik, tanam serempak sesuai musim tanam atau “pranata mangsa”, dan yang lainnya.

Insan manusia penggerak pelestarian lingkungan dari Lembaga Swadaya Masyarakat seringkali memposisikan kearifan lokal sebagai pengganti secara total terhadap teknologi revolusi hijau yang merepresentasikan pertanian modern. Arah pemikiran yang demikian mengandung kekeliruan atau *fallacy*, seperti pada hal-hal berikut:

1. Varietas lokal yang diseleksi petani dianggap lebih unggul dibandingkan dengan varietas unggul hasil penelitian pemuliaan, dan bahkan mampu menghasilkan 13,76 t/ha padi (A. Maryoto, 2014).
2. Teknik budidaya padi SRI (*System of Rice Intensification*) yang awalnya dianjurkan bagi petani padi di Madagaskar yang produktivitasnya baru 1,5-2 t/ha diyakini cocok untuk budidaya padi di Indonesia (Uphoff and Gani, 2003; Syam, 2007).
3. Penggunaan pupuk urea dianggap merusak tanah sawah dan mengakibatkan rasa dan gizi beras menurun.

-
-
4. Mikroorganisme lokal (MOL) yang dibiakkan dari daun bambu diyakini berfungsi sebagai penyubur tanah dan atau sebagai pestisida biologis.
 5. Biakan mikroba berbagai spesies diyakini dapat meningkatkan fiksasi N secara biologis (yang memang sudah terjadi dalam tanah sawah) dan mampu menggantikan pupuk anorganik.

Kearifan lokal seringkali menjadi tidak lagi proporsional apabila digunakan sebagai gerakan yang terorganisasikan, karena kearifan lokal aslinya adalah suatu pengetahuan lokalita spesifik turun-temurun, yang diadopsi dan diadaptasi oleh masyarakat setempat. Setiap petani mungkin mengubah atau menyesuaikan tindakannya sesuai kondisi lahannya, sehingga terdapat perbedaan praktik kearifan lokal antar petani.

10.4. Pertanian Modern Ekologis Berkelanjutan

Pertanian modern pada dasarnya adalah usaha pertanian yang memanfaatkan teknologi terbaru yang sesuai dengan agroekologi dan sosial ekonomi petani, produktif-efisien dan menguntungkan petani. Penggunaan benih varietas unggul, pupuk, pestisida, herbisida, pengaturan pengairan, penggunaan alat mesin pertanian pada berbagai tahap proses produksi hingga pengolahan hasil panen, adalah merupakan ciri-ciri pertanian modern dalam subsistem produksi. Penerapan teknologi revolusi hijau pada budidaya padi sawah adalah representasi pertanian modern bagi petani padi Indonesia, walaupun penggunaan alsintan terbatas. Pertanian modern telah terbukti secara meyakinkan mampu menyediakan bahan pangan bagi 250 juta jiwa penduduk Indonesia dengan luasan lahan yang sangat terbatas. Akan tetapi penerapan teknologi modern pada budidaya padi banyak dikritik sebagai teknologi yang tidak ramah lingkungan yang mengancam terhadap keberlanjutan produksi (IRRI, 2004; Swaminathan, 1997). Secara umum Oosthoek and Gills (2005) memperingatkan bahwa kemajuan (*progress*) bidang produksi dan ekonomi tidak boleh menganggap

bahwa eksploitasi sumber daya alam secara tidak terbatas, merupakan suatu hal yang wajar. Hal itu tidak boleh dilakukan karena akan berakibat pada krisis lingkungan yang bersifat terminal. Kemajuan ekonomi yang mendasarkan pada pengembangan produksi tanpa batas, tanpa memperhatikan dampak penurunan kualitas lingkungan adalah akar penyebab dari krisis lingkungan secara lokal maupun global.

Dampak lingkungan dan kompleksitas tentang dampak negatif penggunaan pestisida secara liberal telah diperingatkan sejak abad ke-18 yang ditunjukkan oleh gejala *Plethora effect* yaitu serangga yang dibasmi secara "total" akan mendorong timbulnya jenis serangga baru yang lebih ganas. Meadows *et al.*, (1972) dalam buku *The Limit to Growth* yang merupakan hasil pemikiran *Club of Rome*, menunjukkan bahwa telah terjadi degradasi sumber daya dan lingkungan sebagai dampak dari pertumbuhan produksi yang tidak terkontrol, yang justru akan menghancurkan peradaban manusia. Usaha produksi pertanian padi yang dipacu untuk meningkatkan produksi sejak awal tahun 1970-an tidak terlepas dari peningkatan kerusakan lingkungan tersebut. Kekeliruan penerapan teknologi revolusi hijau, disamping bermanfaat dalam peningkatan produksi pangan adalah adanya dampak pada aspek lingkungan, keanekaragaman hayati dan keberlanjutan sistem produksi (Sumarno, 2007).

Timbulnya dampak negatif teknologi modern terhadap lingkungan, bukan berarti Indonesia harus kembali kepada teknologi tradisional atau teknologi asli perdesaan yang produktivitasnya rendah, karena penduduk Indonesia sudah meningkat 400% sejak tahun 1950-an. Teknologi modern mampu mengatasi kebutuhan pangan penduduk yang telah menjadi besar tersebut, tetapi dengan penggunaan teknologi modern, kita tidak boleh mengabaikan mutu lingkungan menjadi menurun. Berdasar dampak negatif yang sangat kompleks, maka sekarang saat yang tepat ada gerakan masal yang sistematis dan terukur untuk diimplementasikan pertanian modern yang bersifat ekologis dan konservatif, yang mampu mengakomodasi kebutuhan peningkatan produksi dan mampu memelihara mutu

lingkungan dan sumber daya lahan pertanian, menuju usaha produksi yang berkelanjutan.

Pertanian modern ekologis-konservasif adalah usaha pertanian yang mengintegrasikan teknologi produksi maju yang produktif-efisien, dengan tindakan pelestarian lingkungan dan mutu sumber daya lahan, sehingga sistem produksi berkelanjutan. Pertanian modern pada dasarnya adalah usaha pertanian yang menerapkan teknologi terbaru yang sesuai dengan kondisi agroekologi dan sosial ekonomi petaniannya. Teknologi terbaru tersebut dapat berupa alat-alat mesin pertanian, sarana dan prasarana usahatani, dan pengelolaan usahatani.

Prinsip dasar penerapan teknologi modern di Indonesia, aspek yang terkait dengan pelestarian lingkungan dan sumber daya lahan pada umumnya belum diperhatikan. Oleh karena itu, untuk memperoleh kelestarian lingkungan dan sistem produksi yang berkelanjutan, pertanian modern di Indonesia perlu dilengkapi dengan tindakan pelestarian lingkungan dan mutu lahan.

Beberapa tindakan untuk pemeliharaan mutu lahan, justru telah dilakukan pada usaha pertanian tradisional sebelum terjadi adopsi teknologi revolusi hijau, seperti: rotasi tanaman, penanaman *leguminosa* yang kemudian ditanamkan ke dalam tanah, penggunaan pupuk kandang dan kompos. Dengan diadopsinya teknologi revolusi hijau, yang lebih mengandalkan pada pupuk anorganik dan penanaman varietas unggul umur genjah, praktek yang bermanfaat bagi pelestarian mutu sumber daya lahan tersebut ditinggalkan oleh petani. Intensitas tanam padi 2-3 kali setahun, dan menurunnya populasi ternak besar mengakibatkan rotasi tanaman dan pengembalian bahan organik ke dalam tanah ditinggalkan.

Komponen teknologi modern yang digabungkan dengan upaya dan tindakan pelestarian mutu sumber daya dan lingkungan, antara lain berupa:

1. Pengembalian limbah panen dan penambahan pupuk organik ke dalam tanah sawah,

-
-
2. Rotasi tanaman menyertakan tanaman kacang-kacangan dan atau tanaman yang memerlukan pengolahan tanah seperti : tebu, tembakau, ubijalar, sayuran, melon;
 3. Penyehatan lingkungan dan sanitasi tanaman inang serangga hama dan patogen-penyakit,
 4. Penanaman varietas unggul adaptif lokalita spesifik yang saling berbeda antar blok persawahan, guna meningkatkan keragaman varietas,
 5. Pola tanam multi komoditas pada satu wilayah hamparan sawah, menggunakan pola tanam surjan, penanaman palawija pada pematang, penanaman sayuran pada 10-20% luasan areal secara tersebar dan terpancar, sehingga membentuk pola tanam komoditas mozaik,
 6. Pemupukan anorganik untuk penyediaan hara secara optimal bagi tanaman,
 7. Pengelolaan keseimbangan ekologi biota dan pengendalian hama-penyakit terpadu,
 8. Mencegah pencemaran limbah kimiawi maupun fisik, berasal dari luar ekologi lahan,
 9. Penyiapan lahan secara optimal bagi pertumbuhan tanaman,
 10. Penanaman pada musim tanam yang tepat secara serempak pada satu hamparan,
 11. Pemeliharaan sumber pengairan dan prasarana irigasi, supaya air tersedia berkecukupan bagi kebutuhan tanaman,
 12. Pemanenan dan penyimpanan air hujan untuk pengairan pada musim kemarau. Dua belas tindakan tersebut sangat komplementer dan serasi (*compatible*) dengan sarana-prasarana serta peralatan mesin modern, sehingga dari usahatani akan diperoleh produktivitas tinggi dan sekaligus konservasi sumber daya dan lingkungan.

Adopsi terhadap komponen teknologi ekologis-konservatif tersebut semestinya dapat dilakukan dengan jalan peningkatan kesadaran dan pemahaman petani melalui penyuluhan dan pelatihan. Aspek pemeliharaan mutu lahan dan lingkungan,

seharusnya menjadi bagian dari program penyuluhan pertanian. Akan tetapi di lapangan, penyuluh belum pernah dibekali pengetahuan tentang konservasi lahan dan lingkungan, dan pada umumnya mereka belum memahaminya (Sumarno dan Kartasasmita, 2011).

Sekolah Lapang Pengelolaan Tanaman Terpadu (SLPTT) yang dimaksudkan untuk memperoleh produktivitas padi yang tinggi secara berkelanjutan (Las *et al.*, 2002) dalam operasionalisasinya di lapangan hanya ditujukan semata-mata untuk memperoleh produktivitas yang tinggi. Anjuran penggunaan pupuk organik untuk padi sawah juga belum dapat dilaksanakan, walaupun didorong dengan bantuan pupuk organik dari Pemerintah (Sumarno dan Kartasasmita, 2011). Petani yang telah memberikan pupuk organik, dosisnya sangat rendah, karena sebagian besar petani tidak memiliki ternak besar.

Hakekatnya inovasi dan kreativitas adopsi tindakan pelestarian mutu sumber daya dan lingkungan bersamaan dengan adopsi teknologi budidaya dengan kesadaran petani sendiri, nampaknya tidak mudah karena petani lebih mementingkan perolehan produksi maksimal pada musim itu. Hal tersebut diperkuat oleh sistem usahatani bagi hasil, kedokan atau sewa lahan yang penggarapnya tidak berminat pada aspek keberlanjutan produksi. Penggunaan pupuk organik dianggap tidak memberikan dampak positif terhadap hasil padi pada musim yang bersangkutan, sehingga petani pelaku bagi hasil dan petani penyewa lahan tidak tertarik untuk menggunakan pupuk organik (Sumarno dan Kartasasmita, 2011).

Menurut *Greenland* (1997), lahan sawah mampu melestarikan keberlanjutan produksi secara alamiah, oleh sifat fisik biologis dan kimiawi tanah yang lebih stabil. Di samping itu. Terdapat hal-hal positif lainnya dari lahan sawah, yang berfungsi memelihara keberlanjutan produksi, yaitu sebagai berikut:

1. Lahan tidak menjadi masam setelah pengolahan dan penanaman secara terus-menerus, disebabkan oleh sifat fisiko-kimia yang stabil pada kondisi tergenang,

-
-
2. Zat hara dari wilayah hulu tertampung di lahan sawah, dan hanya sedikit hara yang tercuci,
 3. Fosfor terikat dalam bentuk ferro-fosfat yang tersedia bagi tanaman,
 4. Terjadi penambahan hara melalui irigasi, luapan banjir dan endapan liat dari banjir,
 5. Terjadi fiksasi N secara biologis melalui bantuan mikroba tanah, tumbuhan air, dan tanaman *legumes*;
 6. Erosi permukaan dicegah oleh adanya pematang yang menahan aliran air.

Pembusukan jerami, akar tanaman, sisa tanaman dari pola rotasi tanam, juga ikut memelihara kesuburan tanah sawah. Akan tetapi dengan panen padi dua kali setahun dengan produktivitas 10 t gkg/ha/tahun apabila tanpa penambahan pupuk anorganik, tanah sawah akan mengalami pengurangan secara negatif hara sebesar 153 kg N; 36,5 kg P; dan 195 kg K per ha per tahun (*Greenland, 1997*). Kondisi demikian, tentu akan memiskinkan hara tanah sawah yang berakibat pada ketidak-berlanjutan produksi.

Fakta empirik menun jukkan bahwa belum dilakukannya upaya dan tindakan pelestarian mutu lahan dan lingkungan sumber daya pertanian di Indonesia, nampaknya disebabkan oleh multi faktor, antara lain sebagai berikut:

1. Program pemerintah hanya berfokus pada target peningkatan produksi beras, sehingga aspek pemeliharaan mutu lahan dan lingkungan pertanian terabaikan.
2. Pelestarian mutu lahan dan lingkungan belum dimasukkan dalam program penyuluhan.
3. Penyuluh pertanian belum dibekali pemahaman tentang pelestarian mutu lahan dan lingkungan serta keberlanjutan produksi.
4. Pengelolaan usahatani dengan bagi hasil, sewa, kedokan dan borongan tidak kondusif terhadap upaya dan tindakan pelestarian mutu lahan dan lingkungan.
5. Pemahaman dan kesadaran para pemangku usaha pertanian (pejabat, ilmuwan, pemerhati, penyuluh, pelaku usahatani)

terhadap pelestarian mutu sumber daya lahan dan lingkungan, nampaknya masih sangat rendah.

6. Aspek pelestarian mutu lahan dan lingkungan pertanian belum menjadi arus utama (*main stream*) dalam agenda program pembangunan pertanian Indonesia, dan bahkan belum menjadi bagian integral dari program peningkatan produksi pertanian. Terdapatnya pemikiran tentang hal itu baru merupakan wacana yang masih terlupakan operasionalisasinya.

Secara konseptual *Grace* dan *Harrington* (2003), membagi perkembangan teknologi produksi padi sawah menjadi 3 tahapan: (1) periode intensifikasi pra-revolusi hijau, (2) periode intensifikasi revolusi hijau, (3) periode intensifikasi revolusi hijau berkelanjutan. Teknologi revolusi hijau disebutkan berdampak pada penurunan mutu sumber daya lahan sawah dan peningkatan emisi gas rumah kaca, karena ketergantungan petani pada penggunaan pupuk kimia, pestisida dan herbisida, serta praktik pembakaran jerami untuk percepatan tanam pada musim tanam berikutnya.

10.5. Pelestarian Lingkungan dan Sumber daya Lahan sebagai Bagian Integral Pembangunan Pertanian

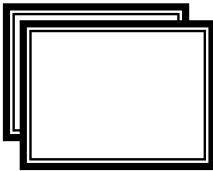
Prinsip dasar untuk menjaga usaha pelestarian lingkungan dan sumber daya lahan (PLSL) sebagai program pembangunan pertanian, tidak perlu ada program terpisah dari program pembinaan produksi tanaman pangan. PLSL diintegrasikan dengan penyuluhan peningkatan produksi tanaman pangan, dan bahkan menjadi bagian integral dari teknologi untuk peningkatan produktivitas. Oleh karena setiap wilayah agroekologi memiliki kondisi yang berbeda, maka tindakan PLSL yang diperlukan juga berbeda.

Komponen PLSL secara umum yang perlu diintegrasikan ke dalam teknologi produksi padi sawah adalah:

1. Keharusan menerapkan rotasi tanaman minimal satu jenis tanaman palawija atau hortikultura dalam satu tahun.
2. Pengembalian bahan organik dari biomassa ke dalam tanah dan penambahan pupuk organik (pupuk kandang, kompos) serta tidak membakar jerami di petakan sawah.

-
-
3. Menghindari penanaman satu varietas pada areal skala luas, secara terus menerus. Petani disarankan menanam varietas yang berbeda untuk musim hujan dan untuk musim kemarau.
 4. Dianjurkan menerapkan *mixed farming*, terdiri dari berbagai jenis tanaman, ternak dan ikan dalam setiap usahatani, dan diikuti dengan praktik pertanian tanpa limbah (*zero waste agriculture*).
 5. Melakukan analisis tanah secara regular (tiga tahun sekali) untuk penentuan dosis pemupukan yang tepat.
 6. Melakukan sanitasi lahan usahatani dari sumber penularan hama dan penyakit, serta penyehatan lingkungan usahatani.
 7. Pemeliharaan sumber pengairan dan prasarana pengairan, serta penggunaan air secara efisien dibarengi oleh penampungan dan pemanfaatan air hujan secara efektif.
 8. Pencegahan lahan usahatani dari cemaran benda-benda asing yang berasal dari luar ekologi lahan disertai pemeliharaan tanah agar tidak terinvansi gulma jahat.

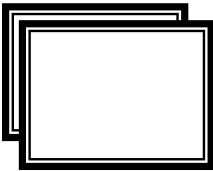
S



RANGKUMAN

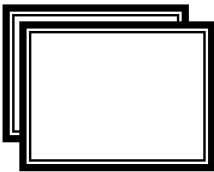
1. Sistem pertanian berkelanjutan sebagai sistem pertanian yang mengandalkan manajemen sumber daya untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia tanpa menurunkan mutu lingkungan dan mutu sumber daya alam.
2. Strategi pengelolaan tanah berkelanjutan yang menjadi prioritas untuk ditempuh meliputi meningkatkan bahan organik tanah dan meningkatkan kesuburan dan produktivitas tanah. Peningkatan bahan organik tanah terhadap kualitas tanah meliputi meningkatkan stabilitas agregat tanah, meningkatkan kapasitas tanah dalam menahan air, meningkatkan kemampuan tanah dalam menahan hara, dan meningkatkan aktivitas biota tanah
3. Kearifan lokal aslinya adalah suatu pengetahuan lokalita spesifik turun-temurun, yang diadopsi dan diadaptasi oleh masyarakat setempat. Setiap petani mungkin mengubah atau menyesuaikan tindakannya sesuai kondisi lahannya, sehingga terdapat perbedaan praktik kearifan lokal antar petani.

-
-
4. Pertanian modern ekologis-konservasif adalah usaha pertanian yang mengintegrasikan teknologi produksi maju yang produktif-efisien, dengan tindakan pelestarian lingkungan dan mutu sumber daya lahan, sehingga sistem produksi berkelanjutan.



TUGAS

-
-
1. Jelaskan dan uraikan definisi pertanian berkelanjutan berdasarkan pendapatmu!
 2. Sebutkan komponen pelestarian lingkungan dan sumber daya lahan yang perlu diintegrasikan ke dalam teknologi produksi padi sawah !
 3. Buatlah makalah sederhana mengenai pertanian berkelanjutan yang bersumber dari beberapa artikel penelitian (minimal 10 referensi). Lebih elegan minimal 3 jurnal internasional sebagai bahan makalah.



DAFTAR PUSTAKA

- Ali Hanafiah, Kemas. 2005. Dasar-dasar Ilmu Tanah. Rajagrafindo Pers. Jakarta
- Barber, S.A. 2002. Soil Nutrients Bioavailability. Jhon Wiley & Son. New York
- Basri Jumin, Hasan. 2002 Agroekologi Suatu Pendekatan Fisiologis. Rajawali Pers. Jakarta
- Cartono, 2005. Biologi Umum Untuk Perguruan Tinggi LPTK. Penerbit Prisma Press. Bandung
- Dwidjoseputro, D, 1982. Dasar - Dasar Mikrobiologi. Djambatan. Malang.
- Grace, P.R. and L. Harrington. 2003. Long term sustainability of the tropical and subtropical rice-wheat system. An environmental perspective. P.27-43. In J.K Ladha et al. (eds). Improving productivity and sustainability. ASACSSA. Winconsin, USA.

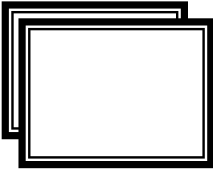
-
-
- Greenland, D.J., 1997. The sustainability of rice farming. CAB International and IRRI. CAB. Int. Wallingford, United Kingdom.
- Hasan Basri Jumin. 1992. Ekologi Tanaman; Suatu Pendekatan Fisiologi. Rajawali Press. Jakarta.
- Hasan Basri. 1994. Dasar-dasar Agronomi. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Haverkort, B, dan Bayer, A.W.. 1999. Pertanian Masa Depan. Kanisius. Yogyakarta.
- Indriyanto. 2012. Ekologi Hutan. Penerbit Bumi Aksara. Jakarta.
- IRRI, 2004. IRRI's Environmental Agenda. An approach towards sustainable development. IRRI, Los Banos, Philippines.
- IRRI, 2011. Symposium on Good Agriculture Practices (GAP) for rice in Southeast Asia. Bangkok, 2-4 April 2011.
- Islami, T. dan W.H. Utomo, 1995. Hubungan Tanah, Air dan Tanaman. IKIP Semarang Press. Semarang
- Karwan A. Salikin, 2003. Sistem Pertanian Berkelanjutan, Yogyakarta
- Kurnia, Undang. 2004. Prospek Pengairan Pertanian Tanaman Semusim Lahan Kering. Balai Penelitian Tanah. Jurnal Litbang Pertanian. Bogor.
- Karyono. 2000. Conflict Between Agricultural Development and Biological Diversity. *Bionatura* 2 (2): 53-59. Lembaga Penelitian Unpad. Bandung.
- Maryoto, A. 2004. Amanat Kedaulatan Pangan, Kompas 16 Mei 2004.
- Muller D., 1974. Aims and Method of Vegetation Ekologi. Brisbane/Toronto. New York.
- Pretty, J.N., and R. Chambers, 1994. Towards a learning paradigm. *New Professionalism and Institutions for Agriculture*. p.82-202. In: I. Scoones and J. Thomson (eds). *Beyond farmers First*. Intermediate Technology Publication, London.
- Setyo Budi, 2017. Analisis Biodiversitas di Lahan Holywood Gresik. Makalah Workshop. Fakultas Pertanian UMG, November 2017.
-
-

-
-
- Soerianegara, I dan Andry Indrawan. 2005. Ekologi Hutan Indonesia. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Sitompul 1995. Ekologi Umum. Gita Media Press: Jakarta
- Soegianto, A. 1994. Ekologi Kuantitatif: Metode Analisis Populasi dan Komunitas. Penerbit Usaha Nasional. Jakarta.
- Soemarwoto. 1985. Ekologi Lingkungan Hidup dan Perkembangannya. Djambatan. Bandung.
- Soeriaatmadja, R. E, 1997. Ilmu Lingkungan. ITB. Bandung
- Soerjani, 2007, Lingkungan Hidup (The Living Environment) Pendidikan, Pengelolaan Lingkungan dan Kelangsungan Pembangunan (Education, Environmental Management And Sustainable Development), Institut Pendidikan dan Pengembangan Lingkungan : Jakarta
- Soetomo. 1992. Mengenal Pekarangan Sejahtera. Sinar Baru. Bandung.
- Sumarno, I.G. Ismail dan Sutjipto, 2000. Konsep usahatani ramah lingkungan. p.55-74. Dalam A.K. Makarim, dkk (eds). : Tonggak Kemajuan Teknologi Produksi Pangan. Prosiding Simposium Penelitian Tanaman Pangan IV. Puslitbang Tanaman Pangan, Bogor.
- Sumarno dan Suyamto, 1998. Agroekoteknologi sebagai dasar pembangunan sistem usaha pertanian berkelanjutan. p.235-256. Prosiding Analisis Ketersediaan Sumber daya Pangan dan Pembangunan Pertanian Berkelanjutan. Badan Litbang Pertanian, Jakarta.
- Sumarno, 2007. Teknologi Revolusi Hijau Lestari untuk ketahanan pangan Nasional masa depan. IPTEK Tanaman Pangan. Vol. 2 (2). 131-153.
- Sumarno dan U.G. Kartasasmita, 2011. Analisis tingkat adopsi teknologi produksi padi sawah mengacu produktivitas optimal dan keberlanjutan. Laporan akhir penelitian Analisis Kebijakan Teknis. Puslitbangtan, Bogor.

-
-
- Sowasono, Haddy. 2001. *Biologi Pertanian*. Rajawali Press Jakarta.
- Suratissa DM, Rathnayake US. 2016. Diversity and distribution of fauna of the Nasese Shore, Suva, Fiji Island with reference to existng threats to the biota. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 9(1): 11-16.
- Sri Setyanti Harjadi. 1996. *Pengantar Agronomi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Swaminathan, M.S., 1997. Research for sustainable agricultural development in South Asia, opportunities and challenges. Seminar Proc. on Agricultural Research and Development in Bangladesh. BRRI, Gasipur-1701-Bangladesh.
- Taufiq Arminuddin dan Indah Permanasari, Ahmad. 2011. *Ekologi Pertanian*. Suska Press: Pekanbaru.
- Triharso, 2010. *Dasar-dasar Perlindungan Tanaman*. Gadjah Mada University Press. Jakarta
- Undang-Undang No. 5 tahun 1967 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Kehutanan,
- Undang-Undang No. 4 tahun 1982 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup,
- Undang-Undang No. 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumber daya Alam Hayati dan Ekosistemnya.
- Undang-Undang No. 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
- Uphoff, N., and A. Gani, 2003. Opportunities for rice self-sufficiency with the system of Rice Intensification (SRI). p.397-418. Dalam : F. Kasryno, et al. (eds).
- Utomo, M. 2005. *Pengelolaan Lahan Kering Untuk Pertanian Berkelanjutan*. Prosiding Lokakarya Nasional Pengembangan Pertanian Lahan Kering. Bandar Lampung, 20-21 September 2005
- Weaver, J. E. Dan F. E. Clement. 1978. *Plant ecology* (second edition). New York : Mc. Graw Hill Book Co. Inc.
-
-

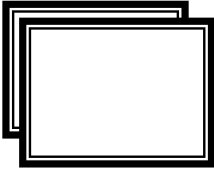
Widowati. 2000. Pengaruh pengolahan tanah, pengairan terputus, dan pemupukan terhadap produktivitas lahan sawah bukaan baru pada Inceptisols dan Ultisols Muarabeliti dan Tatakarya. *Jurnal Tanah dan Iklim* 18: 29-38.

Zain, S.A. (1998). *Aspek Pembinaan Kawasan Hutan dan Stratifikasi Hutan Rakyat*. PT. Rineka Cipta. Jakarta.



GLOSARIUM

- **Agroekosistem:**
Komunitas tanaman dan hewan yang berhubungan dengan lingkungannya (baik fisik maupun kimia) yang telah diubah oleh manusia untuk menghasilkan Pangan, pakan, serat, kayu bakar, dan produk- produk lainnya.
- **Analisis vegetasi:**
Cara yang dilakukan untuk mengetahui seberapa besar sebaran berbagai spesies dalam suatu area melalui pengamatan langsung.
- **Daur biogeokimia:**
Siklus unsur / senyawa kimia yang mengalir dari komponen abiotik ke biotik dan kembali lagi ke komponen abiotik.
- **Ekosistem akuatik:**
Tipe ekosistem yang sebagian lingkungan fisiknya didominasi oleh air.
- **Ekosistem terrestrial:**
Suatu tipe ekosistem yang sebagian besar lingkungan fisiknya berupa daratan
- **Suksesi yaitu perubahan langsung secara keseluruhan pada selang waktu lama, bersifat kumulatif di dalam komunitas tertentu dan terjadi pada tempat yang sama**
- **Sumber Daya Alam :**
Keseluruhan faktor fisik, kimia, biologi dan sosial yang berdaya guna dan membentuk lingkungan alami terstruktur, sistematis dan berkelanjutan.
- **Topografi:**
Altitude dan *latitude* suatu tempa



INDEKS

A

Abiotik,
Adaptasi,
Agroekosistem,
Artik Alpine,

B

Biotik,
Biogeokimia,
Biomassa,

D

Dekomposer
Detrivor
Distribusi Vegetasi,

E

Ekologi,
Ekosistem,
Ekosistem Agriforestri,
Ekosistem Akuatik,
Ekosistem Terestrial,
Endemik,
Epifit,
Estuari,

H

Halosere,
Hidrosere,

K

Konservasi in situ,
Konservasi Ek situ
Keanekaragaman Hayati,

O

Ototrof,

P

Palma,
Pantropik,
Pathogen,

S

Saprofit,
Suksesi,

T

Taiga,
Temperate,
Terna,
Tundra,

U

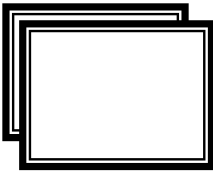
Uret, 91

V

Vegetasi,

X

Xerosere,



BIOGRAFI PENULIS

Prof. Dr. Ir. Setyo Budi, MS.

Prof. Dr. Ir. Setyo Budi, MS. lahir 5 Mei 1955 di Mojokerto. Lulus Sarjana Pertanian di UPNTahun 1982. Lulus Magister Pertanian di KPK Unibraw-UGM Tahun 1989. Lulus Doktor di MIPA UNAIR Surabaya Tahun 1995. Tahun 1991 karier awal sebagai dosen tetap di Fakultas Pertanian Universitas Wijaya Kusuma Surabaya. Memperoleh jabatan akademik Guru Besar di Universitas Wijaya Kusuma Surabaya Tahun 2002. Tahun 2003 sampai 2008 sebagai Komisaris PTPN XI. Tahun 2006 pindah tempat mengabdikan di Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Gresik. Mata kuliah yang diampu, diantaranya adalah Kesuburan Tanah, Biologi, Ekologi Tanaman, Teknologi Tanaman, Hortikultura, Manajemen Agribisnis, Manajemen Agribisnis Tanaman Tebu, Agroekosistem, Agen Hayati. Tahun 2006 menjadi dosen tetap DPK di Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Gresik. Aktif penelitian (3 tahun mendapatkan Penelitian Unggulan Strategis Nasional) dari Kemenristekdikti tahun 2013, 2014, 2015, menghasilkan banyak karya ilmiah (jurnal dan buku) yang telah terbit di beberapa jurnal, baik nasional maupun internasional di antaranya *Journal of biology Agriculture and Healthcare*, *International Journal of Applied Enviromental Sciences*, serta menghasilkan hak paten dan hak cipta terkait bidang ilmu, diantaranya hak cipta buku budchip, hak cipta program SINGULAR, Hak Cipta program Timinti SBP, Hak Cipta Buku Manajemen Agribisnis Tanaman Tebu, Hak Cipta Buku Panduan Praktikum Inovasi Mata Kuliah Manajemen Agribisnis Tebu melalui Webinar, Paten sederhana Nosel dan juga beberapa merk.

Hasil karya dalam bentuk buku yang sudah terbit adalah Kesuburan Tanah dan Teknologi Pembuatan Bibit Tebu Unggul Bersertifikat, Buku Ajar Manajemen Agribisnis Tanaman Tebu. Selain itu aktif sebagai pemakalah, aktif di organisasi profesi bidang ilmu, aktif sebagai tenaga pendamping Dinas Perkebunan Provinsi Jawa Timur, aktif di organisasi kemasyarakatan dan sosial, serta sampai saat ini masih menjadi tenaga ahli Komisi B. DPRD Provinsi Jawa Timur. Secara praktis sebagai petani tebu dan pendamping kelompok petani tebu di wilayah PTPN X.

R. Achmad Djazuli, SP., MMA.