

**KEANEKARAGAMAN TANAMAN PAKU
(DIVISIO PTERIDOPHYTA) DI TAMAN
NASIONAL BUKIT BARISAN SELATAN
PROVINSI BENGKULU**

Khosi'in, M.Pd.Si

**Penerbit :
CV. Elsi Pro**

**KEANEKARAGAMAN TANAMAN PAKU (DIVISIO
PTERIDOPHYTA) DI TAMAN NASIONAL BUKIT
BARISAN SELATAN PROVINSI BENGKULU**

Khosi'in, M.Pd.Si

Diterbitkan oleh : CV. ELSI PRO
Jl Perjuangan By Pass Cirebon No Hp 081320380713
Email : chiplukan@yahoo.com

Editor : Sugiarti, S. Pd.
Desain cover & layout : Khayatun Nufus
Percetakan : CV. ELSI PRO
Cetakan Pertama : November 2019
227 Halaman
ISBN 978-602-1091-95-1

Hak Cipta dilindungi Undang- undang

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

KATA PENGANTAR

السلام عليكم ورحمة الله وبر كاتة

Alhamdulillahirobbil ‘alamin, ucapan syukur atas segala limpahan rahmat dan hidayah yang senantiasa Allah SWT berikan, sehingga dapat disusun dan diselesaikannya buku yang berjudul “Keanekaragaman Tanaman Paku (*Pteridophyta*) di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan Bengkulu” selesai tepat pada waktu yang telah ditentukan. Shalawat beserta salam tidak lupa selalu kami berdoa kepada Allah SWT semoga selalu tersampaikan kepada baginda Nabi Muhammad SAW.

Buku Keanekaragaman Tanaman Paku (*Pteridophyta*) di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan Bengkulu ini disusun untuk membantu mahasiswa IPA, Biologi dan Kehutanan dalam mengatasi keterbatasan buku-buku rujukan dalam bidang ilmu botani khususnya keanekaragaman tanaman paku serta dalam memahami kajian ilmu di bidang klasifikasi makhluk hidup, ekosistem, interaksi komponen ekosistem, daur biogeokimia.

Mengenai isi dan kandungan buku ini, penulis berpedoman bahwa tidak ada manusia yang sempurna, begitu juga tulisan dalam buku ini. Karenanya saran dan usulan yang membangun dari semua pihak penulis sangat harapkan. Kepada semua pihak yang terlibat dalam membantu terwujudnya buku ini, serta civitas akademika IAIN Bengkulu, penulis ucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya, semoga Allah SWT membalas amal sholeh dan niat baik kita semua. Amin.

Bengkulu, November 2019

Penulis,

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
BAB I KLASIFIKASI MAKHLUK HIDUP.....	1
A. Pengertian Klasifikasi Makhluk Hidup	1
B. Tujuan Klasifikasi Makhluk Hidup.....	3
C. Tahapan Klasifikasi.....	5
D. Macam-Macam Klasifikasi.....	25
E. Determinasi atau Identifikasi.....	33
BAB II EKOSISTEM.....	37
A. Konsep Dasar Ekosistem	37
B. Komponen Ekosistem	40
C. Tipe Ekosistem.....	55
D. Interaksi Antar Komponen Ekosistem.....	74
1. Interaksi Antara Komponen Biotik dengan Abiotik.....	74
2. Interaksi Antara Komponen Abiotik dengan Abiotik	75
3. Interaksi Antara Komponen Biotik dengan Biotik	76
E. Aliran Energi.....	89
1. Rantai Makanan	93
2. Jaring-Jaring Makanan	95
3. Piramida Ekologi.....	97
F. Siklus Biogeokimia	102
1. Siklus Karbon/Oksigen.....	103
2. Siklus Air.....	104
3. Siklus Nitrogen	106
4. Siklus Fosfor	109
5. Siklus Belerang (Sulfur)	111

BAB III KINGDOM PLANTAE	115
A. Sejarah Perkembangan Evolusi Tumbuhan	117
B. Tanaman Lumut (<i>Bryophyta</i>)	119
1. Ciri Tumbuhan Lumut	119
2. Metagenesis atau Siklus Hidup Tanaman Lumut	120
3. Klasifikasi Tanaman Lumut	122
4. Manfaat Tanaman Lumut	128
C. Tanaman Paku (Pteridophyta)	130
1. Ciri Tumbuhan Paku	131
2. Metagenesis atau Siklus Hidup Tanaman Paku	134
3. Klasifikasi Tanaman Paku	137
4. Manfaat Tanaman Paku	142
D. Tanaman Berbiji (Spermatophyta)	143
1. Struktur Tanaman Spermatophyta	144
2. Reproduksi Tanaman Spermatophyta	145
3. Klasifikasi Tanaman Spermatophyta	156
4. Peranan dan Pemanfaat Tanaman SPermatophyta	161
 BAB IV TANAMAN PAKU DI TAMAN NASIONAL BUKIT BARISAN SELATAN BENGKULU	 163
A. Lokasi Penelitian	163
1. Sejarah Taman Nasional	163
2. Kondisi Alam Taman Nasional Bukit Barisan	165
3. Tata Cara Masuk Lokasi	167
B. Hasil Penelitian	172
 DAFTAR PUSTAKA	 218
 PROFIL PENULIS	

BAB I

KLASIFIKASI MAKHLUK HIDUP

A. Pengertian Klasifikasi Makhluk Hidup

Makhluk hidup yang ada dipermukaan bumi baik di wilayah daratan atau lautan, baik di pegunungan, atau di wilayah persawahan, dan lain sebagainya memiliki jumlah yang sangat banyak dan beragam. Antara satu jenis dengan jenis lain memiliki perbedaan-perbedaan sehingga secara keseluruhan akan tampak adanya keanekaragaman yang sangat besar. Selain itu, di dalam setiap jenis memiliki variasi baik dalam ukuran, bentuk, umur, warna, cara makan dan lain sebagainya. Di karenakan demikian sangat tidak mungkin manusia mengetahui seluruh jenis organisme, maka perlu adanya cara atau trik dalam bentuk kegiatan untuk mengelompokkan jenis-jenis organisme yang ada di dunia ini.

Kegiatan yang dilakukan untuk mengelompokkan makhluk hidup disebut dengan Klasifikasi makhluk hidup. Pengelompokan tersebut didasarkan pada kesamaan ciri maupun perbedaan yang ditemukan pada setiap makhluk hidup. Klasifikasi makhluk hidup dilakukan dengan melihat ciri ciri makhluk hidup yang paling umum hingga yang paling spesifik pada makhluk hidup. Selain pengelompokan dari ciri-ciri makhluk hidup, pengelompokan juga dilakukan dengan dasar ukuran, manfaat, dan juga habitat makhluk hidup.

Dalam pengertian lain klasifikasi makhluk hidup adalah cara-cara yang sistematis dalam hal mempelajari suatu objek makhluk hidup dengan memperhatikan persamaan dan perbedaan ciri serta sifat yang tampak dari makhluk hidup itu sendiri. Di dalam kegiatan klasifikasi makhluk hidup perlu adanya suatu metode penamaan (nomen clatur), dengan tujuan supaya objek makhluk hidup dapat disederhanakan. Adapun ilmu yang mempelajari klasifikasi disebut dengan taksonomi,

dengan adanya taksonomi kita dapat memahami arti keanekaragaman makhluk hidup yang ada pada saat ini ataupun makhluk hidup masa lampau.

Awalnya, ilmu taksonomi diprakarsai oleh ilmuwan Swedia yang bernama C. Linnaeus. Olehnya, kelompok makhluk hidup diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yakni animalia (hewan) dan juga vegetabilia (tumbuhan). Linnaeus memperkenalkan tentang klasifikasi makhluk hidup dengan urutan sebagai berikut :

Urutan dari yang tertinggi ke terendah:

1. Kerajaan Hewan (Animalia)
Kingdom → Phylum → Kelas → Ordo → Familia → Genus → Spesies
2. Kerajaan Tumbuhan (Planta)
Kingdom → Divisio → Kelas → Ordo → Familia → Genus → Spesies



Gambar 1.1 urutan takson dari tingkatan tertinggi ke tingkatan terendah

Sedangkan dalam pemberian nama ilmiah dari makhluk hidup diambil dari nama genus dan juga spesies dalam klasifikasi makhluk hidup, akan tetapi apabila spesiesnya tidak

ditemukan maka cukup dengan tulisan sp. (spesies). Berikut ini aturan yang digunakan untuk pemberian nama ilmiah pada makhluk hidup:

1. Nama ilmiah menggunakan bahasa Latin.
2. Nama ilmiah terdiri atas dua kata, kata pertama adalah nama genus dan kata kedua adalah nama spesies.
3. Penulisan nama ilmiah ditulis dengan huruf cetak miring atau digaris bawah.
4. Huruf pertama pada kata pertama (nama genus) harus menggunakan huruf kapital.
5. Seluruh huruf pada kata kedua (nama spesies) tidak menggunakan huruf kapital.

B. Tujuan Klasifikasi Makhluk Hidup

Jumlah organisme makhluk hidup yang berjumlah banyak dengan ciri-ciri umum yang hampir sama, maka sangat diperlukan adanya klasifikasi makhluk hidup dengan tujuan untuk memudahkan kita dalam mencari suatu golongan makhluk hidup. Sehingga untuk itu perlu di golongkan berdasarkan ciri khusus dari masing-masing makhluk hidup sehingga ada penyederhanaan dari suatu objek studi.

Pada dasarnya sebelum ilmu biologi ditetapkan sebagai dasar ilmiah yang dapat dipahami, maka dirasakan sangat perlu untuk mengatur jumlah organisme yang sangat banyak tersebut. Hal tersebut harus dilakukan dengan cara menempatkan berbagai bentuk kehidupan yang serupa ditempatkan dalam satu kelompok. Pada awal dari sistem klasifikasi dapat dicontohkan sebagai berikut, semua organisme yang memiliki pigmen dominan hijau, bisa mensintesis makanan sendiri (*autotrof*) serta tidak dapat berpindah tempat maka dapat dikelompokkan ke dalam dunia tumbuhan.

Sedangkan organisme yang tidak berwarna hijau, tidak bisa mensintesis makanannya sendiri (*heterotrof*) serta mampu

bergerak akan dikelompokkan ke dalam dunia hewan. Beberapa organisme ada yang sulit untuk dikelompokkan ke dalam golongan hewan ataupun tumbuhan karena memiliki sifat yang mirip keduanya, seperti protista, ada protista mirip hewan serta ada juga protista mirip tumbuhan, sehingga dapat digolongkan lagi ke dalam dunia yang sesuai.

Untuk lebih memperjelas pemahaman kita mengenai tujuan dan manfaat dari klasifikasi makhluk hidup, simak penjelasan berikut:

1. Mempermudah dalam mempelajari objek yang akan diamati

Hewan, tumbuhan, makhluk hidup bersel satu, bersel banyak, atau semua makhluk hidup pasti memiliki ciri – ciri tertentu yang dimana ada yang memiliki kesamaan dan ada pula yang memiliki perbedaan antara satu dan yang lainnya. Dengan pengelompokan, kita dapat mengetahui ciri – ciri makhluk hidup tersebut dengan data nama ilmiahnya hingga kingdomnya. Dengan data tersebut kita langsung dapat mengenali hewan ataupun tumbuhan tersebut. Contohnya jikalau kita mau mempelajari biji dari tanaman dikotil (berkeping dua) cukup kita mengambil satu sampel saja tanpa harus mengumpulkan seluruh biji tanaman dikotil.

2. Bisa menjelaskan ciri khusus maupun ciri umum dari makhluk hidup

Dengan adanya nama ilmiah kita dapat mengetahui ciri – ciri dari hewan maupun tumbuhan dengan mudah. Ciri – ciri umum tersebut dapat kita jadikan acuan yang pasti karena nama ilmiah berdasarkan ciri – ciri secara morfologi, anatomi dan lainnya. Dengan demikian untuk menjelaskan bagaimana hewan atau tumbuhan tersebut kita dapat dengan mudah mengetahuinya hanya dari nama ilmiahnya.

3. Dapat mempermudah mengelompokkan setiap jenis makhluk hidup.

Tidak semua hewan dan tumbuhan telah di kenal di dunia ini, mungkin ada banyak hewan dan tumbuhan yang masih tersembunyi di tengah hutan dan tidak di katahui oleh manusia. Jika hewan atau tumbuhan tersebut suatu saat di temukan oleh manusia, mereka pasti akan di klasifikasikan. Dengan adanya data ciri – ciri dari kingdom hingga spesies, manusia dapat dengan mudah mengelompokkan hewan atau tumbuhan tersebut. Ini akan menghemat waktu, daripada harus melabelkan satu – satu ciri dari hewan atau tumbuhan tersebut.

4. Dapat mengetahui kekerabatan antar makhluk hidup

Telah dikatakan bahwa semakin banyak kesamaan ciri – ciri dari dua makhluk hidup yang berbeda maka kekerabatan dari makhluk hidup tersebut semakin dekat. Dengan begitu kita dapat menghubungkan keduanya pada titik tertentu, misalnya saja mereka memiliki genus yang sama. Dengan begitu kita ketahui keduanya benar – benar hamper mirip. Misalnya saja serigala dan anjing.

Demikianlah tujuan dari adanya klasifikasi atau pengelompokan dari makhluk hidup, jadi kesimpulannya adalah klasifikasi makhluk hidup memiliki tujuan dimana tujuannya adalah mempermudah manusia dalam memahami, mengenal dan mempelajari makhluk hidup.

C. Tahapan Klasifikasi

Sebelum melakukan kegiatan klasifikasi makhluk hidup harus melalui beberapa tahapan yang wajib dilaksanakan secara berurutan. Tahapan-tahapan dalam mengklasifikasi makhluk hidup antara lain sebagai berikut:

- a. Pencandraan / pengamatan (identifikasi)

Identifikasi (pencandraan) adalah pengamatan terhadap makhluk hidup yang akan diklasifikasi. Yang

diamati adalah ciri-ciri dan sifat-sifat makhluk hidup tersebut. Pengamatan meliputi morfologi, fisiologi, anatomi, kromosom, dan tingkah laku. Pada tahap ini kita akan menentukan persamaan dan perbedaan antara dua makhluk hidup, kemudian menentukan apakah keduanya sama atau tidak.

Untuk mengidentifikasi makhluk hidup yang baru saja dikenal, kita memerlukan alat pembanding berupa gambar, realia atau spesimen (awetan hewan dan tumbuhan), hewan atau tumbuhan yang sudah diketahui namanya, atau kunci identifikasi. Kunci identifikasi disebut juga kunci determinasi.

b. Pengelompokan makhluk hidup

Setelah kita menemukan ciri-ciri dan sifat-sifat pada makhluk hidup yang akan diklasifikasi, maka selanjutnya kita akan mencocokkan dan mengelompokkan dengan makhluk hidup lain yang memiliki ciri-ciri yang serupa. Makhluk hidup yang memiliki ciri serupa dikelompokkan dalam unit-unit yang disebut takson. Adapun dasar pengelompokkannya adalah ciri dan sifat atau persamaan dan perbedaan dari makhluk hidup yang sedang diamati. Bentuk pengelompokan dalam unit-unit takson digambarkan kurang lebih seperti urutan tingkatan klasifikasi sebagai berikut.

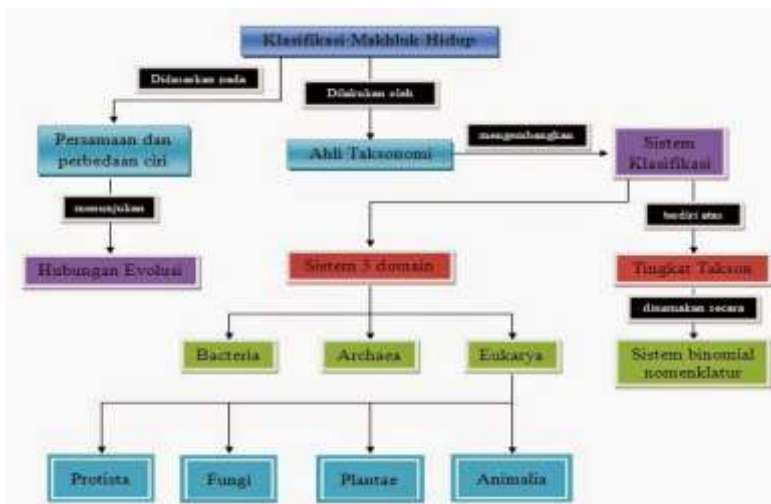
- 1) Dua atau lebih spesies dengan ciri-ciri tertentu dikelompokkan untuk membentuk takson genus.
- 2) Beberapa genus yang memiliki ciri-ciri tertentu dikelompokkan untuk membentuk takson famili.
- 3) Beberapa famili dengan ciri tertentu dikelompokkan untuk membentuk takson ordo.
- 4) Beberapa ordo dengan ciri tertentu dikelompokkan untuk membentuk takson kelas.

5) Beberapa kelas dengan ciri tertentu dikelompokkan untuk membentuk takson filum (untuk hewan) atau divisio (untuk tumbuhan).

c. Pemberian nama makhluk hidup

Pemberian nama pada makhluk hidup baru tersebut bertujuan untuk mempermudah untuk mengenali makhluk hidup tersebut dan untuk mempermudah dalam membedakan makhluk hidup tersebut dengan makhluk hidup lain. Ada berbagai sistem penamaan makhluk hidup, antara lain pemberian nama dengan sistem tata nama ganda (binomial nomenclature) dengan menggunakan bahasa Latin.

Adapun *mind mapping* dari tahapan klasifikasi sebagai berikut:



Gambar 1.2 mind mapping tahapan klasifikasi makhluk hidup

1. Sistem Klasifikasi

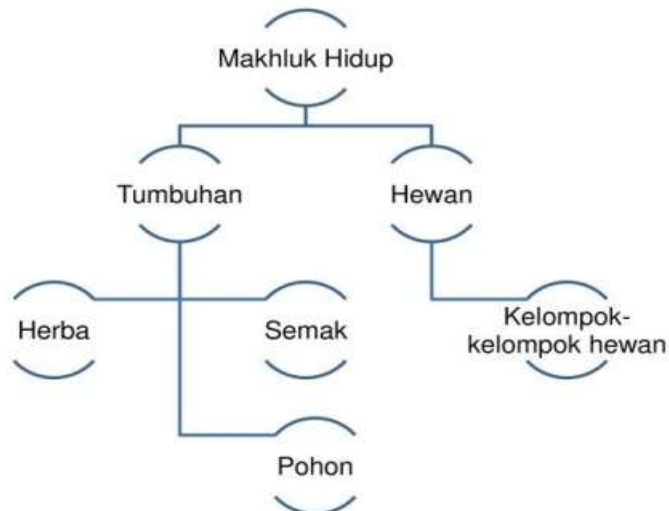
Kriteria yang digunakan dalam sistem klasifikasi makhluk hidup dibedakan menjadi tiga yaitu:

a. Sistem Alami

Sistem klasifikasi alami didasarkan pada ciri morfologi atau bentuk alami, sehingga terbentuk takson-

takson yang alami, semisal hewan berkaki dua, hewan yang memiliki sayap, tumbuhan berdaun menjari, tumbuhan berdaun menyirip dan sebagainya. Tokoh klasifikasi sistem alami adalah Aristoteles, seorang berkebangsaan Yunani pada tahun 350 SM.

Beliau membagi makhluk hidup menjadi dua dunia (kingdom), yaitu hewan dan tumbuhan. Dunia hewan ini dibagi menjadi beberapa kelompok berdasarkan habitat dan perilakunya, sedangkan tumbuhan dikelompokkan berdasarkan ukuran dan strukturnya.



Gambar 1.3 sistem klasifikasi alami

b. Sistem Buatan

Sistem klasifikasi buatan dianggap lebih baik, sempurna, dan mudah dipahami dibandingkan dengan sistem klasifikasi alami. Klasifikasi ini pertama kali diperkenalkan oleh Carl Von Linne (1707-1778) yang dikenal dengan nama Carolus Linnaeus, seorang ahli botani berkebangsaan Swedia. Beliau dinobatkan sebagai “Bapak Taksonomi”.

Dasar klasifikasi ini adalah ciri morfologi, reproduksi, habitat dan penampakan makhluk hidup (bentuk dan ukurannya), semisal pada kalsifikasi tumbuhan dari bentuk atau ukurannya ada yang disebut pohon, semak, perdu, dan gulma. Berdasarkan fungsinya ada tumbuhan sebagai obat / jamu, bahan papan, bahan sandang, bahan pangan dan lain-lain. Begitu juga berdasarkan habitatnya ada tumbuhan air, tumbuhan darat, begitu juga pada makhluk hidup lain.

Klasifikasi makhluk hidup menurut Linnaeus didasarkan atas persamaan dan perbedaan struktur tubuh makhluk hidup, dengan cara-cara berikut:

- 1) Mengamati dan meneliti makhluk hidup, yaitu persamaan ciri struktur tubuh luar maupun ciri struktur tubuh dalam dari berbagai jenis makhluk hidup.
- 2) Apabila ada yang memiliki ciri struktur tubuh sama atau mirip dijadikan satu kelompok, adapun yang memiliki ciri berlainan dikelompokkan tersendiri.
- 3) Memberikan istilah tertentu untuk setiap tingkatan klasifikasi yang didasarkan pada banyak sedikitnya persamaan ciri pada setiap jenis makhluk hidup yang dikelompokkan.

Carlous linnaeus dalam klasifikasinya menggunakan beberapa tingkatan sebagai berikut:

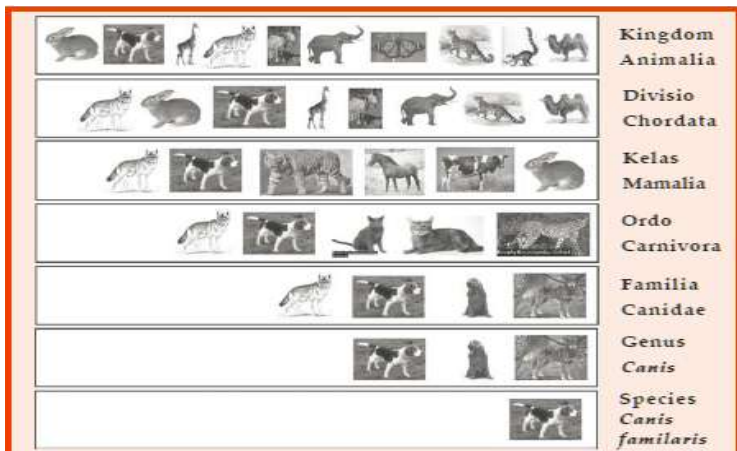
Kerajaan hewan	Kerajaan tumbuhan
Kingdom	Regnum
Filum	Divisio
Klassis	Klassis
Ordo	Ordo
Familia	Familia
Genus	Genus
Species	Species

Tabel 1.1 tingkatan klasifikasi carlous linnaeus

Jika kita perhatikan klasifikasi tersebut terdiri atas beberapa tingkatan, mulai dari kelompok besar, kemudian dibagi menjadi beberapa kelompok kecil. Selanjutnya, kelompok kecil dibagi menjadi beberapa kelompok kecil lagi sehingga akan terbentuk kelompok-kelompok yang lebih kecil yang hanya mempunyai anggota satu jenis makhluk hidup.

Tiap tingkatan kelompok inilah yang disebut takson. Takson disusun dari tingkat tinggi ke tingkat rendah. Dengan demikian, semakin tinggi tingkatan takson, maka semakin umum persamaan ciri-ciri yang dimiliki oleh suatu makhluk hidup. Sebaliknya, semakin rendah tingkatan takson, maka semakin khusus persamaan ciri-ciri yang dimiliki oleh suatu makhluk hidup. Biasanya tingkatan ini memiliki jumlah makhluk hidup yang sedikit.

Untuk memudahkan dalam pengelompokan makhluk hidup yang sangat banyak ragamnya, maka disusunlah suatu aturan pengelompokan. Pengelompokan dilakukan pada tingkatan tinggi sampai ke tingkatan rendah yang akan dijelaskan pada bagian lain dari buku ini.



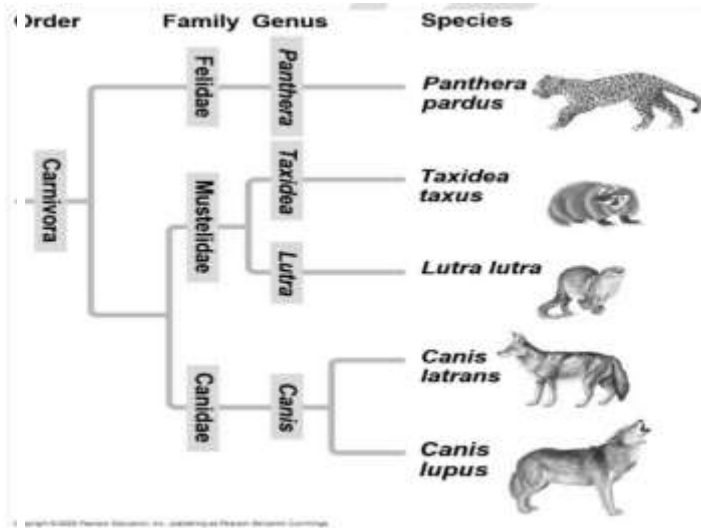
Gambar 1.4 klasifikasi buatan

c. Sistem Filogenik

Bertolak dari teori evolusi Darwin muncullah klasifikasi sistem filogenik. Klasifikasi Filogenetik, (*Charles Darwin*) klasifikasi yg disusun dengan melihat keturunan dan hubungan kekerabatan. Dengan melihat ciri morfologi, anatomi, fisiologi, dan perilaku. Sistem klasifikasi ini dikelompokkan berdasarkan jauh dekatnya kekerabatan antarorganisme atau kelompok dengan melihat keturunan dan hubungan kekerabatan.

Organisme atau kelompok yang berkerabat dekat memiliki persamaan ciri yang lebih banyak bila dibandingkan dengan organisme atau kelompok yang berkerabat jauh. Cara mengelompokkan makhluk hidup dilakukan dengan mengamati ciri-ciri secara morfologi, anatomi, fisiologi, dan perilaku.

Semakin dekat hubungan kekerabatan maka semakin banyak persamaan morfologi dan anatomi antar takson, begitu juga sebaliknya semakin sedikit persamaan maka semakin besar perbedaannya, ini menunjukkan bahwa semakin jauh hubungan kekerabatannya. Contohnya, gorila lebih dekat kekerabatannya dengan simpanse dibandingkan dengan manusia. Hal ini didasarkan pada tes biokimia setelah pengetahuan tentang kromosom, DNA, RNA, dan susunan protein suatu organisme berkembang pesat.



Gambar 1.5 contoh pohon filogenetik

2. Takson Dalam Klasifikasi

Pengetahuan tentang tingkatan takson dalam makhluk hidup sangat penting karena akan dapat diketahui posisi dari makhluk hidup itu sendiri. Menurut kesepakatan internasional, istilah-istilah untuk menyebut masing-masing takson bagi tumbuhan itu tempatnya tidak boleh diubah sehingga masing-masing istilah itu menunjukkan kedudukan atau tingkat dalam hierarki atau menunjukkan kategorinya dalam sistem klasifikasi. Dalam taksonomi tumbuhan istilah yang digunakan untuk menyebutkan suatu takson sekaligus mencerminkan pula di mana posisi dan seberapa tinggi tingkatnya dalam hierarki klasifikasi.

Takson itu sendiri adalah setiap golongan (unit) taksonomi tingkat yang manapun atau dengan kata lain unit dari pengelompokan dalam klasifikasi. Takson-takson dibedakan dalam tingkat yang berbeda-beda, sehingga takson-takson itu menuruturut-urutan tingkatnya. Ada 7 tingkat takson yang utama berturut-turut dari bawah ke atas, yaitu : jenis (spesies), marga (genus), suku (famili), bangsa

(ordo), kelas (class), divisi (divisio/phylum), dan dunia (regnum/kingdom).

Dalam system klasifikasi, istilah tingkat takson disebut kategori. Spesies merupakan kategori dasar dari hirarki taksonomik, karena spesies merupakan batu dasar dalam klasifikasi biologic, dan dari spesies itu konsep-konsep golongan-golongan yang lebih tinggi maupun yang lebih rendah dikembangkan. Berikut penjelasan dari masing-masing takson makhluk hidup dalam klasifikasi:

a. Regnum (Dunia) atau juga Kingdom (Kerajaan)

Regnum / Kingdom adalah tingkatan pada takson yang paling tinggi dengan jumlah anggota pada takson terbesar. Organisme pada bumi untuk saat ini dikelompokkan menjadi 7 kingdom / regnum, antara lain ialah sebagai berikut:

- 1) Kingdom Animalia (Dunia Hewan)
- 2) Kingdom Plantae (Dunia Tumbuhan)
- 3) Kingdom Protista (Protozoa)
- 4) Kingdom Chromista
- 5) Kingdom Eumycota / fungi
- 6) Kingdom Eubacteria
- 7) Kingdom Archaeobacteria

	Linnaeus (1735)	Haeckel (1866)	Chatton (1925)	Copland (1938)	Whittaker (1969)	Woese, dkk (1977)	Woese, dkk (1990)	Cavalier-Smith (1983)	Cavalier-Smith (1998)	Ruggieri, dkk (2015)
	2 Kingdom	3 Kingdom	2 Empire	4 Kingdom	5 Kingdom	6 Kingdom	3 Domain	8 Kingdom	6 Kingdom	7 Kingdom
Belum dikenal		Protista	Prokariota	Monera	Monera	Eubacteria	Bacteria	Eubacteria	Bacteria	Bacteria
						Archaeobacteria	Archaea	Archaeobacteria		Archaea
Belum dikenal		Protista	Eukariota	Protista	Protista	Protista	Eukarya	Archaea	Protista	Protozoa
								Protista	Protista	Protista
Vegetabilia	Plantae		Plantae	Fungi	Fungi			Fungi	Fungi	Fungi
			Plantae	Plantae	Plantae			Plantae	Plantae	Plantae
Animalia	Animalia		Animalia	Animalia	Animalia			Animalia	Animalia	Animalia

www.generasiologi.com

Gambar 1. 6 pembagian kerajaan / regnum pada makhluk hidup

b. Divisio (Divisi) atau juga Phylum (Filum)

Filum tersebut digunakan untuk pada takson hewan, sedangkan pada divisi tersebut digunakan untuk takson tumbuhan. Kingdom Animalia tersebut dibagi menjadi beberapa filum, antara lain filum Chordata (memiliki notokorda saat embrio), filum Echinodermata (hewan yang berkulit duri), dan juga filum Platyherlminthes (cacing pipih). Nama pada devisi tumbuhan tersebut menggunakan akhiran -phyta. Sebagai contoh ialah, kingdom Plantae yang dibagi menjadi 3 (tiga) divisi yakni ialah sebagai berikut :

- 1) Bryophyta (tumbuhan lumut),
- 2) Pteridophyta (tumbuhan paku)
- 3) Spermatophyta (tumbuhan berbiji).

c. **Classis (Kelas)**

Anggota pada takson setiap filum atau juga divisio kemudian dikelompokkan lagi dengan berdasarkan persamaan ciri-ciri tertentu. Nama kelas pada tumbuhan yang menggunakan akhiran yang berbeda-beda, antara lain ialah sebagai berikut :

- 1) *Edoneae* (untuk tumbuhan yang berbiji tertutup),
- 2) *Opsida* (pada lumut),
- 3) *Phyceae* (pada alga), dan lain sebagainya.

Adapun salah satu dari contohnya adalah sebagai berikut :

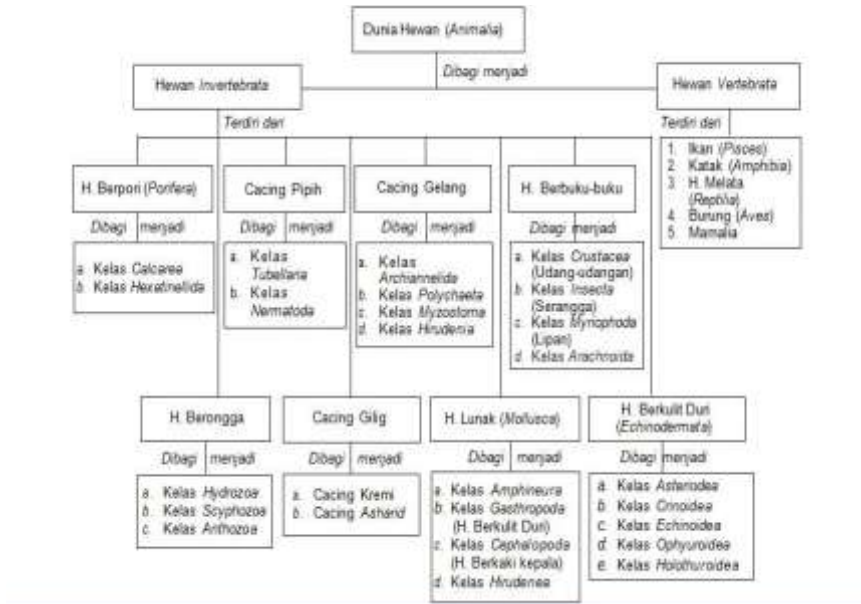
- 1) Divisi Angiospermae dibagi menjadi dua kelas, yakni :
 - a) Kelas Monocotyledone
 - b) Kelas Dicotyledoneae;
- 2) Divisi Bryophyta diklasifikasikan menjadi 3 kelas, yakni ialah sebagai berikut :
 - a) Hepaticosida (lumut hati),

- b) Anthocerotopsida (lumut tandak)
- c) Bryopsida (lumut daun)
- 3) Filum Chrysophyta (ganggang keemasan) dikelompokkan menjadi 2 kelas, yakni ialah sebagai berikut :
 - a) Xanthophyceae,
 - b) Bacillariophyceae

Urutan takson atau tingkatan	Hewan	Tumbuhan
Kingdom	Animalia	Plantae
Divisi/filum	Chordata	Spermatophyta
Class	Mammalia	Angiospermae
Ordo	Carnivora	Leguminosae
Familia	Canidae	Papillioceae
Genus	Canis	Phaseolus
Species	<i>Canis familiaris</i> (Anjing)	<i>Phaseolus vulgaris</i> (kacang buncis)

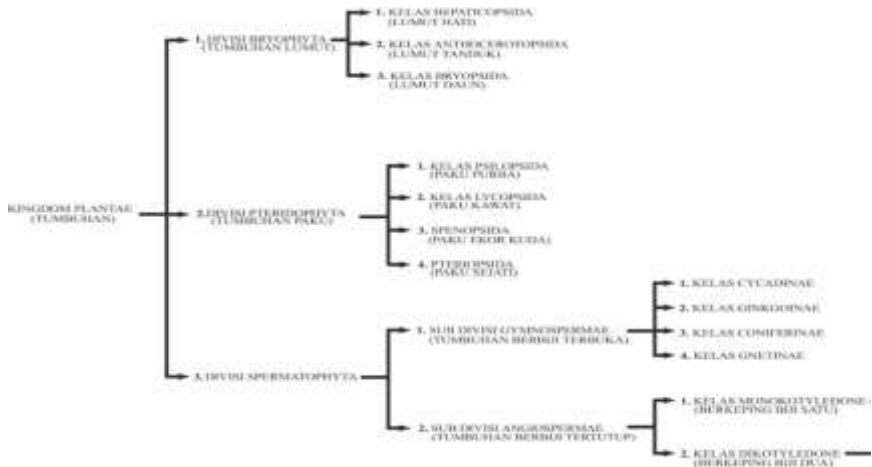
Gambar 1.7 perbandingan kelas pada hewan dan tumbuhan

Pembagian kelas pada hewan bisa dilihat pada gambar seperti di bawah ini:



Gambar 1. 8 peta konsep pembagian kelas pada hewan

Adapun pembagian kelas pada tumbuhan bisa dilihat seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 1. 9 peta konsep pembagian kelas pada tumbuhan
d. Ordo (Bangsa)

Anggota pada takson setiap kelas kemudian dikelompokkan lagi menjadi beberapa ordo dengan berdasarkan suatu persamaan ciri-ciri yang lebih khusus. Nama pada ordo terhadap takson tumbuhan tersebut biasanya dengan menggunakan akhiran **-ales**. Berikut beberapa contohnya, kelas *Dicotyledoneae* yang dibagi ialah menjadi beberapa ordonya, yakni sebagai berikut :

- 1) Solanales,
- 2) Cucurbitales,
- 3) Malvales,
- 4) Rosales,
- 5) Asterales,
- 6) Poales

e. Familia (Famili/Suku)

Anggota pada takson setiap ordo tersebut dikelompokkan lagi ialah menjadi beberapa famili dengan berdasarkan suatu persamaan ciri-ciri tertentu.

Asal dari kata famili tersebut yaitu dari bahasa latin yaitu *familia*. Nama pada famili terhadap tumbuhan tersebut biasanya dengan menggunakan akhiran *aceae*. Sebagai contoh ialah sebagai berikut :

- 1) Solanaceae,
- 2) Cucurbitaceae,
- 3) Malvaceae,
- 4) Rosaceae,
- 5) Asteraceae
- 6) Poaceae

Tetapi, terdapat juga yang tidak menggunakan dengan akhiran kata- *aceae*, sebagai contoh ialah sebagai berikut :

- 1) Compositae (nama lain dari Asteraceae)
- 2) Graminae (nama lain Poaceae).

Sementara nama famili pada hewan menggunakan akhiran kata *-idae*, misalnya *Homonidae* (manusia), *Felidae* (kucing), dan *Canidae* (anjing).

f. Genus (Marga)

Anggota pada takson setiap familia tersebut yang kemudian dikelompokkan lagi menjadi beberapa genus dengan berdasarkan suatu persamaan ciri-ciri tertentu yang lebih khusus lagi. Aturan ataupun tata cara dalam penulisan nama genus tersebut, yakni dengan huruf besar pada kata pertama dan juga dicetak miring atau juga digaris bawah. contoh ialah sebagai berikut, familia *Poaceae* terdiri atas genus ialah sebagai berikut :

- 1) *Zea* (jagung),
- 2) *Saccharum* (tebu),
- 3) *Triticum* (gandum),
- 4) *Oryza* (padi-padian).

g. Species (Spesies/Jenis)

Spesies ialah tingkatan pada takson paling dasar atau juga paling terendah. Anggota pada takson spesies tersebut mempunyai paling banyak persamaan ciri dan juga terdiri dari organisme yang jika melakukan suatu perkawinan secara alamiah tersebut dapat menghasilkan suatu keturunan yang *fertil (subur)*, maksud dari keturunan yang fertil adalah apabila keturunan tersebut dikawinkan dengan sesamanya maka akan menghasilkan keturunan lagi..

Hewan tidak dikatakan satu spesies apabila keturunan yang dihasilkan dari proses perkawinan tidak bersifat fertil alias steril contohnya adalah kuda dan keledai tidak dikatakan satu spesies di karenakan ketika kuda dan keledai dikawinkan menghasilkan keturuanan tetapi tidak fertil alias steril.

Nama pada spesies tersebut terdiri dari 2(dua) kata yakni ialah sebagai berikut:

- 1) kata 1 (pertama) mengarah pada nama genusnya, ditulis dengan huruf kapital di awalnya dan ditulis miring atau di garis bawah
- 2) kata 2 (kedua) mengarah pada nama spesifiknya, ditulis dengan huruf kecil semua dan ditulis miring. Contoh *Oryza sativa* (padi) atau Oryza sativa.

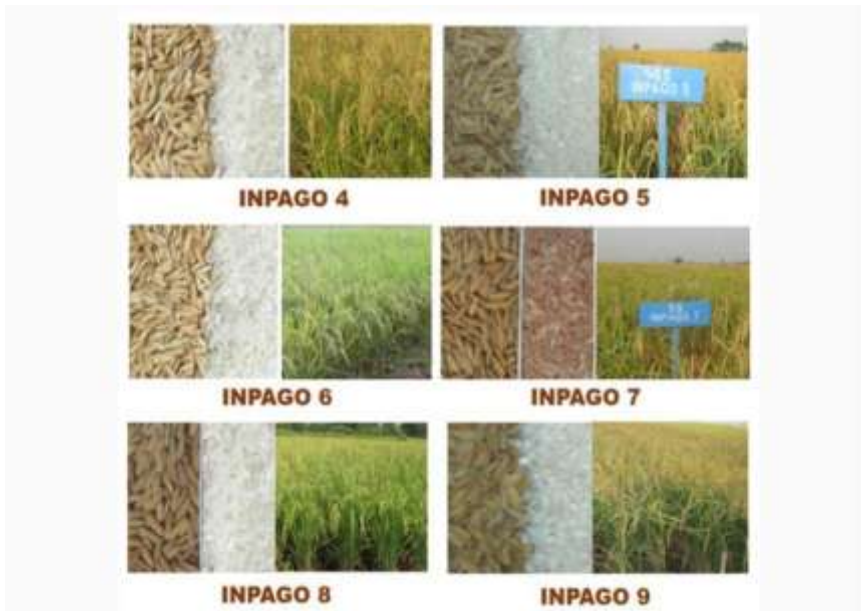


Gambar 1.10 perbandingan antara spesies tumbuhan dan hewan

h. Varietas atau ras

Dan pada organisme-organisme satu spesies tersebut terkadang masih dapat ditemukan perbedaan ciri yang sangat jelas, dan juga sangat khusus(bervariasi) sehingga disebut dengan varietas (kultivar) yaitu ras. Istilah dari varietas dan juga kultivar tersebut digunakan didalam spesies tumbuhan, sedangkan pada istilah dari ras tersebut digunakan dalam spesies hewan. Varietas tersebut dapat juga diartikan ialah secara botani dan juga secara agronomi.

Adapun salah satu contohnya adalah varietas pada tanaman padi, seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 1.11 varietas tanaman padi

3. Tata Nama Makhluk Hidup (Binomial Numenclatur)

Setiap makhluk hidup yang terdapat di muka bumi ini mempunyai nama masing-masing. Dengan nama itulah, kita dapat membedakannya dengan makhluk lainnya. Nama yang diberikan kepada kelompok individu hewan atau tumbuhan sering berbeda meskipun individu yang dimaksud sama. Setiap daerah memberi nama yang berlainan, misalnya, nama Latin untuk tanaman terong adalah *Solanum acubatissimum*. Dengan nama daerah yang bermacam-macam di setiap daerahnya. Ada yang menyebutnya terong perat, terong kapal, terong piat (semang), terong tenang dan lain sebagainya. Mungkin di negara lain terong tersebut mempunyai nama lain lagi, begitu pula buah mangga dan sebagainya. Ada yang menyebutnya buah mangga dengan nama buah pelem dan ada yang menyebutnya buah pauh. Nama yang bermacam

macam untuk kelompok individu yang sama tersebut jelas membingungkan.

Untuk mengatasi pemberian nama yang bermacam-macam, *Carolus Linnaeus*, seorang ahli biologi berkebangsaan Swedia, dalam bukunya *Species Plantarum* (1753) dan *Systema Nature* (1758), mengemukakan aturan atau pedoman penamaan bagi kelompok individu. *Carolus Linnaeus* yang memiliki nama asli *Carl von Linne* dikenal sebagai Bapak Taksonomi Modern. Sistem pemberian nama makhluk hidup yang digunakan Linnaeus disebut Sistem *Binomial Nomenklatur* dan bahasa yang digunakan adalah bahasa Latin. Dengan demikian, untuk suatu macam makhluk hidup hanya digunakan satu nama bagi seluruh dunia ilmu pengetahuan.

Tata nama binomial atau binomial nomenklatur merupakan aturan penamaan baku bagi semua organisme (makhluk hidup) yang terdiri dari dua kata (*binomial* berarti 'dua nama') dari system taksonomi (biologi), dengan mengambil nama genus dan nama spesies. Nama yang dipakai adalah nama baku yang diberikan dalam bahasa Latin atau bahasa lain yang dilatinkan. Aturan ini pada awalnya diterapkan untuk fungi, tumbuhan dan hewan oleh penyusunnya (*Carolus Linnaeus*), namun kemudian segera diterapkan untuk bakteri pula.

Sebutan yang disepakati untuk nama ini adalah 'nama ilmiah' (*scientific name*), atau seringkali menyebutnya sebagai "nama latin" meskipun istilah ini tidak tepat sepenuhnya, karena sebagian besar nama yang diberikan bukan istilah asli dalam bahasa latin melainkan nama yang diberikan oleh orang yang pertama kali mendeskripsikan (disebut deskriptor) lalu dilatinkan ataupun dari bahasa Latin sendiri.

Carolus Linnaeus memilih penggunaan bahasa Latin untuk penamaan karena dari masa ke masa hingga saat ini, bahasa Latin tidak mengalami perubahan maupun perkembangan, melainkan tetap. Penamaan organisme pada saat ini diatur dalam Peraturan Internasional bagi Tata Nama Botani (ICBN) bagi tumbuhan, beberapa alga, fungi, dan lumut kerak, serta fosil tumbuhan; Peraturan Internasional bagi Tata Nama Zoologi (ICZN) bagi hewan dan fosil hewan; dan Peraturan Internasional bagi Tata Nama Prokariota (ICNP). Aturan penamaan dalam biologi, khususnya tumbuhan, tidak perlu dikacaukan dengan aturan lain yang berlaku bagi tanaman budidaya (Peraturan Internasional bagi Tata Nama Budidaya, ICNCP).

Dengan adanya kesatuan nama ini, orang tidak akan keliru dengan makhluk hidup yang dimaksud meskipun di tiap negara atau daerah memiliki nama sendiri. Sistem binomial nomenklatur ini merupakan sistem pemberian nama hewan atau tumbuhan secara sah dan benar berdasar kode internasional. Pemberian nama ini diatur dengan Kode Internasional Tata Nama Hewan dan Tumbuhan dengan menggunakan sistem tata nama dua kata (*binomial nomenklatur*) dengan aturan-aturan sebagai berikut:

- a. Nama terdiri dari dua kata, kata pertama menunjukkan tingkatan marga (genus) yang diawali dengan huruf besar dan kata kedua menunjukkan tingkatan jenis (spesies) yang diawali dengan huruf kecil. Contohnya: *Gnetum gnemon*
- b. Jika ditulis dengan huruf tegak, dua kata tersebut harus digarisbawahi, tetapi jika tidak digarisbawahi, dua kata tersebut harus dicetak miring. Contohnya, Gnetum gnemon atau *Gnetum gnemon*.
- c. Nama ilmiah ditulis lengkap apabila disebutkan pertama kali. Penyebutan selanjutnya cukup dengan mengambil

huruf awal nama genus dan diberi titik lalu nama spesies secara lengkap. Contoh: *Tumbuhan dengan bunga terbesar dapat ditemukan di hutan-hutan Bengkulu, yang dikenal sebagai padma raksasa (Rafflesia arnoldii). Di Pulau Jawa ditemukan pula kerabatnya, yang dikenal sebagai R. patma, dengan ukuran bunga yang lebih kecil.* Sebutan *E. coli* atau *T. rex* berasal dari konvensi ini.

- d. Sebagian para ahli ada yang menyatakan bahwa nama ilmiah seperti *Oryza sativa* masih belum lengkap. Adapun nama ilmiah yang lengkap harus menyantumkan nama penulis (nama keluarga atau singkatannya). Yang dimaksud dengan penulis ini adalah orang yang pertama kali memberi nama pada organisme tersebut, mendeskripsikan, dan menerbitkan publikasi tentang organisme yang bersangkutan, semisal *Solanum torvum* L. (takokak), L. Merupakan singkatan dari Carlous Linnaeus, yaitu penulis yang pertama kali memberikan nama, mendeskripsikan dan mempublikasikan organisme tersebut.

Beberapa contoh penulisan nama ilmiah hewan dapat dilihat pada gambar berikut ini:

TINGKATAN TAKSON	NAMA ORGANISME				
	KAMBING	KELINCI	ANGSA	CICAK	IKAN LELE
KINGDOM	Animalia	Animalia	Animalia	Animalia	Animalia
FILUM	Chordata	Chordata	Chordata	Chordata	Chordata
KELAS	Mammalia	Mammalia	Aves	Reptilia	Pisces
ORDO	Artiodactyla	Simplicidentata	Natatores	Squamata	Ostariophysyi
FAMILI	Bovidae	Liporidae	Anatidae	Gekkonidae	Clariidae
GENUS	Capra	Oryctolagus	Olor	Sauria	Clarias
SPESIES	Capra aegagrus	Oryctolagus cuniculus	Olor columbianus	Hemidactylus frenatus	Clarias sp.

Gambar 1.12 contoh penulisan nama ilmiah pada hewan

Adapun beberapa contoh penulisan nama ilmiah pada tumbuhan bisa dilihat pada gambar di bawah ini:

TINGKATAN TAKSON	NAMA ORGANISME				
	KENTANG	PADI	KELAPA	JAGUNG	APEL
KINGDOM	Plantae	Plantae	Plantae	Plantae	Plantae
DEVISI	Magnoliophyta	Magnoliophyta	Magnoliophyta	Magnoliophyta	Spermatophyta
KELAS	Magnoliopsida	Monocotil	Monocotil	Monocotil	Magnoliopsida
ORDO	Solanales	Poales	Arecales	Poales	Rosales
FAMILI	Sapotaceae	Poaceae	Areaceae	Poaceae	Rosaceae
GENUS	Solanum	Oryza	Cocos	Zea	Rosidae
SPESES	Solanum tuberosum L.	O. sativa	C. nucifera	Z. mays.	Pyrus malus

Gambar 1.13 contoh penulisan nama ilmiah pada tumbuhan

- e. Jika memiliki subspecies, nama tersebut ditambahkan pada kata ketiga. Jadi, pada subspecies terdiri atas tiga kata. Sistem penamaan yang terdiri atas tiga suku kata disebut Trinomial, contohnya, *Passer domesticus domesticus* (burung gereja) dan *Felis maniculata domesticus* (kucing jinak).
- f. Untuk kelompok yang tingkatan klasifikasinya lebih tinggi lagi, aturan penamaannya adalah sebagai berikut.

1) Pada hewan

Nama famili berasal dari nama genus ditambah *-idae*, contoh: *Ranidae* berasal dari kata *Rana* (katak) Nama subfamili berasal dari nama genus, ditambah *-inae*, contoh: *Fasciolinae* berasal dari *Fasciola* (cacing pita)

2) Pada tumbuhan

Nama famili diberi akhiran *-aceae* atau *-ae*, contoh: *Ranunculaceae* berasal dari *Ranunculus*,

Leguminoceae berasal dari *Leguminose*. Nama ordo diberi akhiran *-ales*, contoh: *Filiales* (paku-pakuan). Nama divisio diberi akhiran *-phyta*, contoh: *Spermatophyta*.

D. Macam-Macam Klasifikasi

Prinsip dan cara mengelompokkan makhluk hidup menurut ilmu taksonomi adalah dengan membentuk takson. Takson adalah kelompok makhluk hidup yang anggotanya memiliki banyak persamaan ciri. Takson dibentuk dengan jalan mencandra objek atau makhluk hidup yang diteliti dengan mencari persamaan ciri maupun perbedaan yang dapat diamati.

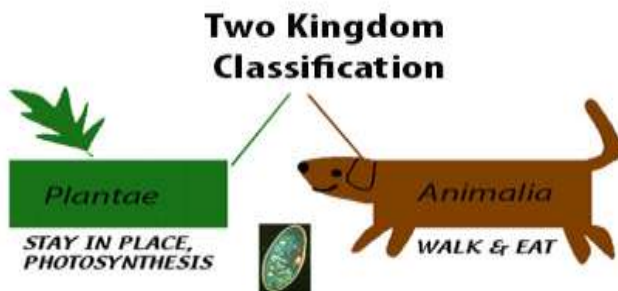
Sistem Klasifikasi makhluk hidup telah dikenal sejak zaman dahulu (Ancient Time, BC). Ahli filosof Yunani, Aristoteles (384-322 BC) mengelompokkan makhluk hidup kedalam dua kelompok besar yaitu kelompok hewan dan kelompok tumbuhan, namun keberadaan organisme mikroskopis belum dikenal pada saat itu. Sistem klasifikasi makhluk hidup terus mengalami kemajuan seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi. Sistem klasifikasi makhluk hidup dikelompokkan dalam satu-satuan kelompok besar yang disebut kingdom.

Perkembangan klasifikasi makhluk dari masa ke masa sebagai berikut:

1. Sistem Klasifikasi Pra-Linnaeus

Sistem klasifikasi ini dilakukan dengan melihat kesamaan bentuk luar dari tubuh makhluk hidup (morfologi). Makhluk hidup pada masa ini dibedakan menjadi dua kelompok seperti konsep *Aristoteles* yang mengklasifikasikan makhluk hidup menjadi 2 berdasarkan dinding sel (ada atau tidak), klorofil (ada atau tidak) dan bisa bergerak atau tidak bisa bergerak, yaitu tumbuhan dan hewan.

Hewan-hewan yang memiliki bentuk tubuh yang sama dikelompokkan menjadi satu kelompok tersendiri. Selain itu hewan juga dikelompokkan berdasarkan kegunaannya masing-masing. Pengelompokan hewan didasarkan pada ciri-ciri lalu ditentukan macamnya dan diberikan nama sesuai dengan isyarat yang dimiliki. Proses-proses ini dilakukan tanpa kesadaran dan berlangsung dalam waktu yang sangat cepat. Pada masa pra-Linnaeus juga belum ada publikasi tentang klasifikasi hewan.



Gambar 1.14 sistem klasifikasi dengan dua kingdom

2. Sistem Klasifikasi 2 Kingdom Carlous Lineaus

Sistem ini dikembangkan oleh ilmuwan Swedia C. Linnaeus tahun 1735. Kelemahannya adalah penggolongan ini masih terlalu umum dan kurang spesifik sehingga terdapat beberapa makhluk hidup lainnya yang tidak dapat digolongkan dalam kedua kingdom ini. Kelebihan sistem ini pada saat itu adalah mampu menggolongkan dua kelompok besar makhluk hidup di bumi berdasarkan karakter fisiknya yaitu tumbuhan dan hewan dan juga kedua kingdom ini merupakan kunci atau pengarah utama menuju model-model kingdom lainnya. Pada sistem ini Carlous Lineaus mampu membuat panduan dalam pemberian nama makhluk hidup yang disebut dengan *binomial nomenclatur*.

3. Sistem Klasifikasi 3 Kingdom

Sistem klasifikasi dengan tiga kingdom berdasarkan jumlah selnya ada yang uniseluler (tersusun satu sel) dan multiseluler (tersusun banyak sel), selain dengan ciri-ciri yang hampir sama dengan sistem dua kingdom. Dalam sistem tiga kingdom terdiri dari kingdom animalia, kingdom plantae dan kingdom protista (terdiri dari organisme bersel satu dan organisme multiseluler sederhana).

Munculnya sistem klasifikasi tiga kingdom muncul ketika makhluk hidup bersel satu ditemukan, temuan baru ini dipecah ke dalam dua kerajaan: yang dapat bergerak ke dalam filum Protozoa, sementara alga dan bakteri ke dalam divisi Thallophyta atau Protophyta. Namun ada beberapa makhluk yang dimasukkan ke dalam filum dan divisi, seperti alga yang dapat bergerak, Euglena, dan jamur lendir yang mirip amuba. Karena dasar inilah, Ernst Haeckel pada tahun 1866 menyarankan adanya kerajaan ketiga, yaitu Protista untuk menampung makhluk hidup yang tidak memiliki ciri klasifikasi yang jelas. Kerajaan ketiga ini baru populer belakangan ini (kadang dengan sebutan Protocista). Protista adalah organisme yang memiliki sifat-sifat tumbuhan dan hewan sekaligus.

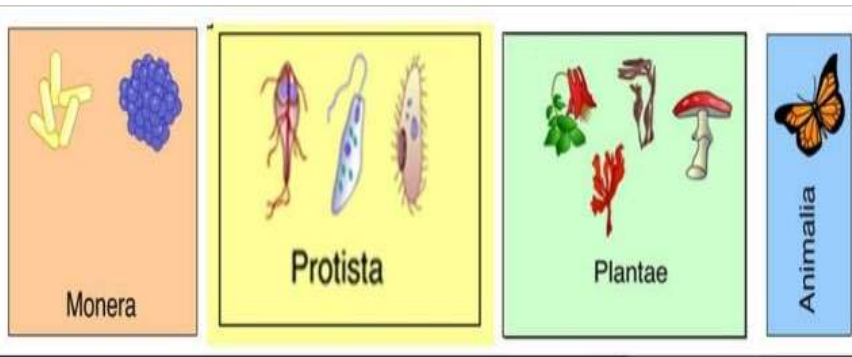
Kelemahan sistem ini yaitu bakteri tidak dapat digolongkan ke dalam kingdom protista, karena bakteri adalah organisme mikroskopis yang tidak memiliki inti sel. Sehingga pengelompokan kingdom ini kurang sempurna. Kelebihan sistem ini adalah organisme mikroskopis bersel satu atau multiseluler sederhana dikelompokkan ke dalam kingdom tersendiri dan berbeda dari animalia atau plantae, penyebabnya karena secara fisiologis, morfologisnya, dan anatomi, kingdom protista memiliki perbedaan dari kedua kingdom lainnya.

4. Sistem Klasifikasi 4 Kingdom

Sistem klasifikasi empat kingdom berdasarkan ada dan tidak adanya membran inti (prokariotik dan eukariotik). Sistem klasifikasi empat kingdom terdiri dari kingdom animalia, kingdom plantae, kingdom protista dan kingdom monera. Ada dua tokoh yang mengklasifikasikan makhluk hidup menjadi sistem 4 kingdom yaitu Copeland dan Whittaker. Hanya saja dasar yang digunakan oleh keduanya berbeda sehingga dihasilkan klasifikasi makhluk hidup yang berbeda pula. Copeland membagi menjadi empat Kingdom yaitu *Monera*, *Protoctista*, *Metaphyta* dan *Metazoa*. Monera adalah organisme yang belum memiliki membran inti dan membran organel sel atau bersifat prokariotik.

Berbeda dengan Protista/Protoctista yang bersifat Eukariotik. Metaphyta adalah tumbuhan yang mengalami masa perkembangan embrio, begitu juga Metazoa adalah kelompok hewan yang mengalami masa perkembangan embrio dalam siklus hidupnya. Sedangkan Whittakers membagi hewan menjadi beberapa kingdom: *Animalia*, *Plantae*, *Fungi* dan *Protista*.

Fungi dijadikan kingdom tersendiri karena fungi memiliki perbedaan dari tumbuhan. Fungi bukan organisme autotrof layaknya tumbuhan melainkan organisme yang heterotrof yaitu tidak dapat mensintesis makanannya sendiri. Jamur tidak mencernakan makanan seperti yang binatang lakukan, atau pun membuat makanan mereka sendiri seperti yang tumbuhan lakukan melainkan mereka mengeluarkan enzim pencernaan di sekitar makanan mereka dan kemudian menyerapnya (absorpsi) ke dalam sel.



Gambar 1. 15 sistem klasifikasi empat kingdom

5. Sistem Klasifikasi 5 Kingdom

Sistem ini dikembangkan oleh ahli Biologi Amerika Robert H. Whittaker tahun 1969 dengan mencirikan masing-masing kingdom sebagai berikut :

- a) Monera : Prokariot, Autotrof dan Heterotrof, Uniseluler dan Multiseluler
- b) Protista : Eukariot, Autotrof dan Heterotrof, Uniseluler dan Multiseluler
- c) Fungi : Eukariot, Heterotrof, Uniseluler dan Multiseluler
- d) Plantae : Eukariot, Autotrof, Multiseluler
- e) Animalia : Eukariot, Heterotrof, Multiseluler

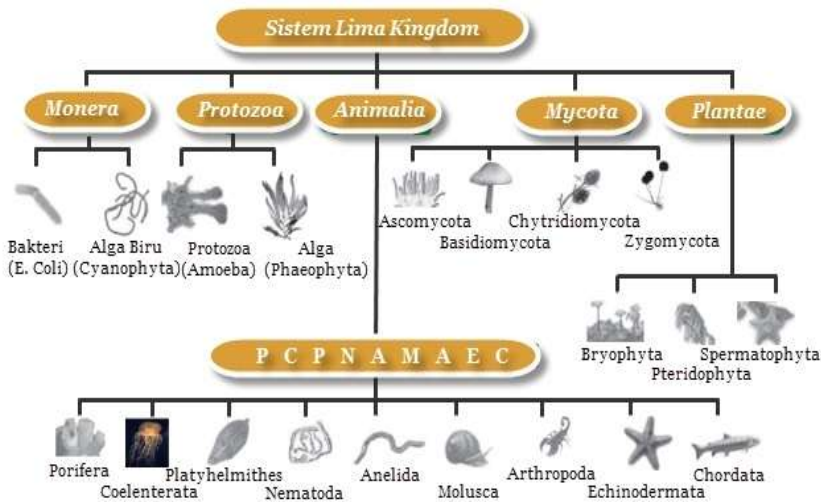
Kelebihan sistem ini adalah jamur digolongkan kedalam kingdom tersendiri karena Jamur tidak mencernakan makanan seperti yang hewan lakukan, atau pun membuat makanan mereka sendiri seperti yang tumbuhan lakukan melainkan mereka mengeluarkan enzim pencernaan di sekitar makanan mereka dan kemudian menyerapnya ke dalam sel. Begitu juga perbedaannya dengan monera jelas terlihat bahwa kingdom fungi merupakan jenis organisme eukariot bukan prokariot. Dengan kata lain kingdom ini melengkapi sistem klasifikasi kingdom sebelumnya. Namun masih terdapat kelemahan dalam klasifikasi ini, yaitu belum mampu mendefinisikan

kingdom monera secara tepat sehingga didalam kelompok kingdom monera sendiri masih memiliki perbedaan yang cukup signifikan baik dalam hal RNA polymerase, RNA sequences, Introns, membran lipid dan lainnya.

Gambar 1. 16 sistem klasifikasi lima kingdom

6. Sistem Klasifikasi 6 Kingdom

Sistem ini dikembangkan oleh ahli Biologi Amerika Carl Woese 1977. Pengklasifikasian ini berawal dari ditemukannya golongan monera archaeobacteria di samudera dalam yang memiliki perbedaan dengan kingdom monera lainnya (eubacteria). Analisis archaeobacteria menunjukkan bahwa kelompok ini lebih menyerupai eukariotik



dibanding saudaranya (prokariotik). Hal ini adalah salah satu alasan mengapa kingdom monera menjadi kingdom archaeobacteria dan eubacteria. Namun bagi beberapa pakar ilmuwan sering menjadi pro dan kontra, karena kingdom monera merupakan kingdom yang sudah mencakup bakteri archae dan eubacteria sehingga menurut mereka tidak perlu di bagi lagi.

Pengelompokan enam sistem enam kingdom terdiri dari kingdom animalia, kingdom plantae, kingdom protista, kingdom fungi / mycota, kingdom eubacteria dan archaeobacteria. Kelebihan dari sistem enam kingdom ini adalah mampu menjelaskan kingdom monera secara spesifik, sehingga memberikan informasi yang cukup signifikan bagi kingdom monera.

SISTEM KLASIFIKASI 6 KINGDOM						
Domain	Bacteria	Archaea	Eukarya			
Kingdom	Bacteria	Archaea	Protista	Fungi	Plantae	Animalia
Contoh						
Karakteristik	Bakteri adalah organisme bersel satu prokariotik.	Archee adalah organisme bersel satu yang sering kali hidup di lingkungan ekstrim.	Protista adalah organisme uniseluler dan lebih kompleks dari bakteri atau archæe.	Jamur adalah uniseluler atau multiseluler dan menyerap makanan.	Tumbuhan adalah multiseluler dan membuat sendiri makanannya.	Hewan adalah multiseluler dan mengambil makanan dari lingkungan.

Gambar 1. 17 perbandingan di antara anggota klasifikasi sistem enam kingdom

7. Sistem Klasifikasi 7 Kingdom

Sistem klasifikasi tujuh kingdom terdiri dari:

- Kingdom Animalia (Dunia Hewan)
- Kingdom Plantae (Dunia Tumbuhan)
- Kingdom Protista (Protozoa)
- Kingdom Chromista
- Kingdom Eumycota
- Kingdom Eubacteria
- Kingdom Archaeobacteria

Sistem ini diperkenalkan oleh ahli Cavalier-Smith tahun 1998. sistem ini dikembangkan dari sistem kingdom sebelumnya dan secara garis besar digolongkan dalam dua kelas utama prokariotik dan eukariotik. Dari kedua golongan besar ini dibagi lagi, eukariot mencakup

Animalia, Plantae, Protozoa (protista), Eumycota dan Chromista. Sedangkan golongan prokariot mencakup Eubacteria dan Archaeobacteria.

Di sini terdapat kingdom baru yaitu Chromista yang anggotanya merupakan bagian dari kingdom fungi dan protista yaitu *Oomycota*, *Hyphochytriomycota*, *Bacillariophyta*, *Xanthophyta*, *Silicoflagellates*, *Chrysophyta*, dan *Phaeophyta*. Golongan ini berbeda dari kingdom asalnya karena mereka memiliki klorofil a dan c, tidak menyimpan makanan sebagai kanji melainkan sebagai minyak dan umumnya menghasilkan sel dengan dua flagella yang berlainan.

Karena sebagian kingdom mycota sudah digolongkan ke dalam kingdom chromista maka kingdom ini berubah menjadi kingdom eumycota. Kingdom protista lebih akrab dikenal sebagai kingdom protozoa. Klasifikasi system ini lebih sempurna dari kingdom sebelumnya.

Sistem Klasifikasi 7 Kingdom (2015)



Gambar 1.18 pembagian sistem klasifikasi 7 kingdom

E. Determinasi atau Identifikasi

1. Pengertian Kunci Determinasi

Kunci determinasi atau kunci dikotom adalah cara atau langkah untuk mengenali organisme dan mengelompokkannya pada takson makhluk hidup. Kunci dikotomis terdiri dari sederetan pernyataan yang terdiri dari dua baris untuk mengelompokkan atau menggolongkan makhluk hidup, dan berisi deskripsi dari ciri-ciri organisme yang disajikan dengan ciri yang berlawanan.

Kunci determinasi pertama kali diperkenalkan oleh Carolus Linnaeus, tetapi sebenarnya Lamarck (1778) yang pernah menggunakan kunci modern untuk identifikasi. Kunci ini berfungsi ketika ilmuwan menemukan makhluk hidup yang baru. Adapun tahapan dalam kunci determinasi adalah sebagai berikut:

- a. Mengambil objek dengan lengkap, apabila tumbuhan yang akan diamati maka bagian yang diambil harus lengkap mulai dari akar, batang, daun, buah, bunga serta biji.
 - b. Mengamati objek, jika diperlukan bisa gunakan alat pembesar bisa mikroskop, lup, atau yang lainnya.
 - c. Mencocokkan hasil pengamatan dengan kunci determinasi yang membuat ciri-ciri dari makhluk hidup yang ditemukan.
 - d. Menentukan nama atau kelompok makhluk hidup tersebut dan menuliskan rumus determinasinya.
- ### 2. Membuat Kunci Determinasi

Untuk membuat kunci determinasi perlu memperhatikan hal-hal berikut.

- a. Kunci harus dikotom (berlawanan), sehingga satu bagian dapat diterima, sedangkan yang lain ditolak
- b. Ciri yang dimasukkan mudah diamati

- c. Deskripsi karakter dengan istilah umum sehingga dapat dimengerti orang
- d. Menggunakan kalimat sesingkat mungkin
- e. Setiap kuplet diberi nomor
- f. Kata pertama dari setiap pernyataan dalam satu kuplet harus identik

Contoh : hewan memiliki taring.....
 hewan tidak memiliki taring

- g. Hindari pemakaian kisaran yang tumpang tindih atau hal-hal yang bersifat relatif dalam kuplet

Contoh : jumlah bulu ekor 4 – 9 buah

Salah satu kunci identifikasi disusun dengan menggunakan ciri-ciri taksonomi yang saling berlawanan. Tiap langkah dalam kunci tersebut terdiri atas dua alternatif (dua ciri yang saling berlawanan).

3. Cara Menggunakan Kunci Determinasi

Kunci determinasi dibuat secara bertahap, sampai bangsa saja, suku, marga, atau jenis dan seterusnya. Ciri-ciri tumbuhan disusun sedemikian rupa sehingga selangkah demi selangkah si pemakai kunci dipaksa memilih satu di antara dua atau beberapa sifat yang bertentangan. Demikian seterusnya, hingga akhirnya diperoleh suatu jawaban berupa identitas tumbuhan yang diinginkan. Cara menggunakan kunci determinasi meliputi beberapa tahapan berikut ini.

- a. Bacalah dengan teliti kunci determinasi mulai dari permulaan, yaitu nomor 1a.
- b. Cocokkan ciri-ciri tersebut pada kunci determinasi dengan ciri yang terdapat pada makhluk hidup yang diamati.
- c. Jika ciri-ciri pada kunci tidak sesuai dengan ciri makhluk hidup yang diamati, harus beralih pada pernyataan yang ada di bawahnya dengan nomor yang

sesuai. Misalnya, pernyataan 1a tidak sesuai, beralihlah ke pernyataan 1b.

- d. Jika ciri-ciri yang terdapat pada kunci determinasi sesuai dengan ciri yang dimiliki organisme yang diamati, catatlah nomornya. Lanjutkan pembacaan kunci pada nomor yang sesuai dengan nomor yang tertulis di belakang setiap pernyataan pada kunci.
 - e. Jika salah satu pernyataan ada yang cocok atau sesuai dengan makhluk hidup yang diamati, alternatif lainnya akan gugur. Sebagai contoh, kunci determinasi memuat pilihan:
 - 1) tumbuhan berupa herba, atau
 - 2) tumbuhan berkayu.
 - f. Jika yang dipilih adalah 1) (tumbuhan berupa herba), pilihan 2) gugur.
 - g. Begitu seterusnya hingga diperoleh nama famili, ordo, kelas, dan divisio atau filum dari makhluk hidup yang diamati.
4. Contoh kunci determinasi

Kunci determinasi disebut juga dengan dikotomi, di karenakan daftar tersebut terdiri dari dua pernyataan yang berlawanan. Untuk membuat kunci dikotomis dapat dilakukan melalui langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Kelompokkan seluruh organisme yang akan diamati
- b. Gunakan ciri-ciri umum yang ada pada organisme tersebut sehingga akan dihasilkan dua kelompok organisme yang berbeda ciri-ciri umumnya.
- c. Gunakannlah ciri-ciri atau struktur yang lebih khusus, sehingga dua kelompok tersebut masing-masing terbagi lagi menjadi dua kelompok yang lebih kecil lagi.
- d. Kegiatan pengelompokkan dilanjutkan sampai dihasilkan kelompok yang tidak dapat lagi dibagi-bagi

ke dalam kelompok yang lebih kecil lagi, sehingga akan ditemukan nama dari organisme tersebut.

Contoh kunci dikotomis pada tumbuhan dan hewan dapat dilihat seperti gambar dibawah ini:

1. a. Tumbuhan yang berspora..... 2a
b. Tumbuhan yang tidak berspora..... 3a
2. a. Tumbuhan yang berbatang jelas..... Suplir
b. Tumbuhan yang tidak berbatang jelas..... Lumut
3. a. Berbiji tertutup..... 4a
b. Berbiji terbuka..... Melinjo
4. a. Biji berkeping dua..... 5a
b. Biji berkeping Jagung
5. a. Berbunga kupu kupu..... Kedelai
b. Berbunga terompet..... Terung

Kunci Determinasi Pada Hewan

1. a. Hewan tidak bertulang belakang 2 (bila ya lanjutkan ke nomor 2)
b. Hewan memiliki ruas bertulang belakang 3 (bila ya lanjutkan ke nomor 3)
2. a. Tubuh lunak, kaki tidak berbuku-buku. siput (bila ya jawabannya siput)
b. Tubuh tidak lunak dan berbuku-buku 4 (bila ya lanjutkan ke nomor 4)
3. a. Bergerak dengan sirip Ikan (bila ya jawabannya ikan)
b. Bergerak bukan dengan sirip 6 (bila ya lanjutkan ke nomor 6)
4. a. Bersayap 5 (bila ya lanjutkan ke nomor 5)
b. Tidak bersayap lipan (bila ya jawabannya lipan)
5. a. Menyusui anaknya mamalia (bila ya jawabannya kerbau)
b. Tidak menyusui anaknya. 7 (bila ya lanjutkan ke nomor 7)
6. a. Sayapnya sisik. kupu-kupu (bila ya kupu-kupu)
b. Sayapnya lurus belalang (bila ya maka belalang)
7. a. Mengalami metamorfosis. katak (bila ya jawabannya katak)
b. Tidak mengalami metamorfosis. 8 (bila ya lanjutkan ke nomor 8)
8. a. Tidak mengerami telurnya buaya (bila ya jawabannya buaya)
b. Mengerami telurnya. burung (bila ya jawabannya burung)

Gambar 1.19 contoh kunci dikotomis pada tumbuhan dan hewan

BAB II

EKOSISTEM

A. Konsep Dasar Ekosistem

Di dalam ekosistem, organisme yang ada selalu berinteraksi secara timbal balik dengan lingkungannya. Interaksi timbal balik ini membentuk suatu sistem yang kemudian kita kenal sebagai sistem ekologi atau ekosistem. Ekosistem merupakan suatu satuan fungsional dasar yang menyangkut proses interaksi organisme hidup dengan lingkungannya.

Lingkungan yang dimaksud dapat berupa lingkungan biotik (makhluk hidup) maupun abiotik (non makhluk hidup). Sebagai suatu sistem, di dalam suatu ekosistem selalu dijumpai proses interaksi antara makhluk hidup dengan lingkungannya, antara lain dapat berupa adanya aliran energi, rantai makanan, siklus biogeokimiawi, perkembangan, dan pengendalian.

Dalam pengertian lain ekosistem dapat diartikan sebagai suatu satuan lingkungan yang melibatkan unsur-unsur biotik (jenis-jenis makhluk) dan faktor-faktor fisik (iklim, air, dan tanah) serta kimia (keasaman dan salinitas) yang saling berinteraksi satu sama lainnya. Jika dilihat komponen biotanya, jenis yang dapat hidup dalam ekosistem ditentukan oleh hubungannya dengan jenis lain yang tinggal dalam ekosistem tersebut. Selain itu keberadaannya ditentukan juga oleh keseluruhan jenis dan faktor-faktor fisik serta kimia yang menyusun ekosistem tersebut.

Berbagai konsep ekosistem pada dasarnya sudah mulai dirintis oleh beberapa pakar ekologi. Pada tahun 1877, Karl Mobius (Jerman) menggunakan istilah biocoenosis. Kemudian pada tahun 1887, S.A. Forbes (Amerika) menggunakan istilah mikrokosmos. Di Rusia pada mulanya lebih banyak digunakan istilah biocoenosis, ataupun geobiocoenosis. Istilah ekosistem

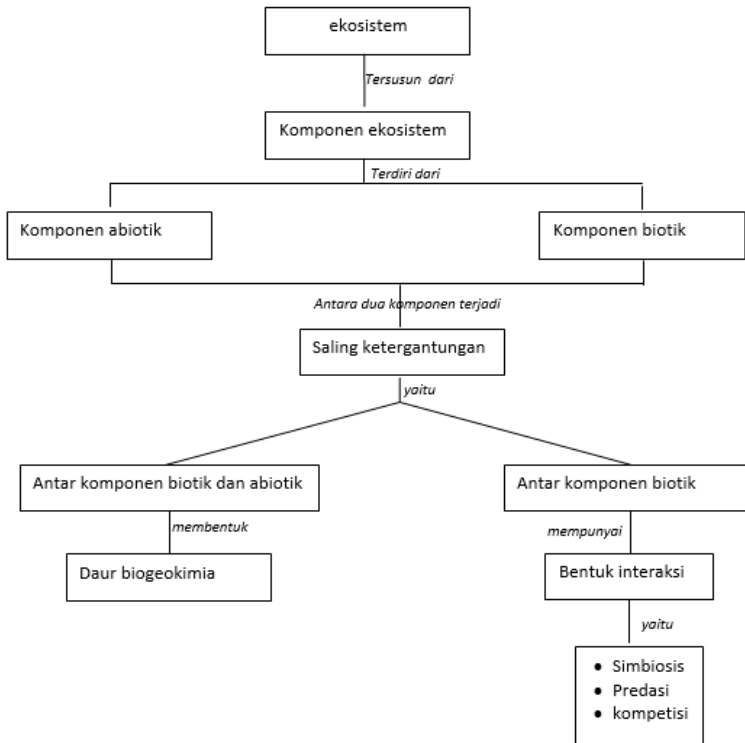
mula-mula diperkenalkan oleh seorang pakar ekologi dari Inggris, A.G.Tansley, pada tahun 1935. Pada akhirnya istilah ekosistem lebih banyak digunakan dan dapat diterima secara luas sampai sekarang. Berikut beberapa pengertian tentang pengertian dari ekosistem dari beberapa pendapat:

1. *Ecosystem* yaitu suatu unit ekologi yang di dalamnya terdapat struktur dan fungsi (A G Tansley 1935 dalam Setiadi 1983). Struktur yang dimaksudkan dalam definisi ekosistem tersebut adalah berhubungan dengan keanekaragaman spesies (*species diversity*). Pada ekosistem yang strukturnya kompleks maka akan memiliki keanekaragaman spesies yang tinggi. Adapun kata fungsi yang dimaksudkan dalam definisi ekosistem menurut A G Tansley adalah berhubungan dengan siklus materi dan arus energi melalui komponen-komponen ekosistem.
2. *Ecosystem* yaitu tatanan kesatuan secara kompleks di dalamnya terdapat habitat, tumbuhan, dan binatang yang dipertimbangkan sebagai unit kesatuan secara utuh sehingga semuanya akan menjadi bagian mata rantai siklus materi dan aliran energi (Woodbury 1954 dalam Setiadi 1983).
3. *Ecosystem* menurut Odum (1993), yaitu unit fungsional dasar dalam ekologi yang di dalamnya tercakup organisme dan lingkungannya (lingkungan biotik dan abiotik) dan di antara keduanya saling memengaruhi. Ekosistem dikatakan sebagai suatu unit fungsional dasar dalam ekologi karena merupakan satuan terkecil yang memiliki komponen secara lengkap, memiliki relung ekologi secara lengkap, serta terdapat proses ekologi secara lengkap sehingga di dalam unit ini siklus materi dan arus energi terjadi sesuai dengan kondisi ekosistemnya.
4. *Ecosystem*, yaitu tatanan kesatuan secara utuh menyeluruh antara segenap unsur lingkungan hidup yang saling memengaruhi (Undang-Undang Lingkungan Hidup Tahun

1997). Unsur-unsur lingkungan hidup baik unsur biotik maupun abiotik, baik makhluk hidup maupun benda mati, semuanya tersusun sebagai satu kesatuan dalam ekosistem yang masing-masing tidak bisa berdiri sendiri, tidak bisa hidup sendiri, melainkan saling berhubungan, saling mempengaruhi, saling berinteraksi, sehingga tidak dapat dipisahkan.

5. *Ecosystem* menurut Soemarwoto (1983), adalah suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Tingkatan organisasi ini dikatakan sebagai suatu sistem karena memiliki komponen-komponen dengan fungsi berbeda yang terkoordinasi secara baik sehingga masing-masing komponen terjadi hubungan timbal balik. Hubungan timbal balik terwujudkan dalam rantai makanan dan jaring makanan yang pada setiap proses ini terjadi aliran energi dan siklus materi.

Dari beberapa penjelasan di atas pada dasarnya konsep dasar dari ekosistem adalah suatu sistem yang terdapat hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya, bukan hanya antara satu organisme dengan organisme lain, serta di dalam ekosistem terdapat unsur biotik dan abiotik.



Gambar 2.1 konsep dasar ekosistem

B. Komponen Ekosistem

Pada ekosistem terdapat komponen-komponen untuk melakukan kegiatan timbal balik tersebut. Komponen yang ada pada ekosistem secara garis besar ada dua yaitu: *komponen biotik* (komponen yang terdiri dari seluruh makhluk hidup) dan *komponen abiotik* (terdiri dari komponen tidak hidup).

1. Komponen Biotik

Komponen biotik dari suatu ekosistem merupakan bagian dari ekosistem yang merupakan makhluk hidup. Adapun pengertian dari biotik sendiri adalah “hidup”. Seperti yang kita ketahui bersama bahwa di suatu komponen lingkungan atau ekosistem pastilah ada yang namanya makhluk hidup. Ekosistem tidak akan terbentuk tanpa adanya makhluk hidup. Karena makhluk

hiduplah dapat terbentuk suatu rantai makanan dalam suatu ekosistem. Dengan demikian, kita bisa memperkirakan betapa pentingnya komponen biotik ini. beberapa contoh dari komponen biotik antara lain adalah manusia, binatang, tumbuh- tumbuhan dan juga organisme atau pengurai.

Komponen-komponen biotik suatu ekosistem dapat dibedakan menjadi beberapa macam. Berdasarkan kemampuannya dalam memperoleh makanan, komponen biotik digolongkan menjadi tiga tingkatan, yakni organisme autotrof, heterotrof dan juga pengurai. Adapun penjelasan dari masing- masing tingkatan adalah sebagai berikut:

a. **Organisme Autotrof atau Produsen**

Jenis organisme pertama yang merupakan golongan dari komponen biotik atau komponen hidup adalah organisme autotrof. Organisme autotrof juga dikenal sebagai produsen. Dikatakan sebagai produsen karena organisme ini dapat membuat makanannya sendiri, bahkan membuat makanan bagi organisme yang lain juga. Produsen membuat makanan dengan cara mengambil senyawa serta zat- zat anorganik yang kemudian diubah menjadi senyawa organik melalui sebuah proses yang bernama fotosintesis.

Organisme autotrof atau produsen mempunyai ciri- ciri yang menyebabkan kita mudah untuk mengenalinya. Beberapa ciri dari organisme autotrof atau produsen antara lain sebagai berikut:

1) **Memiliki klorofil di dalam tubuhnya**

Klorofil merupakan sebutan bagi zat hijau daun, yakni zat yang menyebabkan daun menjadi berwarna hijau. Klorofil ini hanya dimiliki oleh organisme yang mempunyai warna hijau. Sehingga organisme yang merupakan tanaman, namun tidak memiliki klorofil baik di dalam daun maupun di

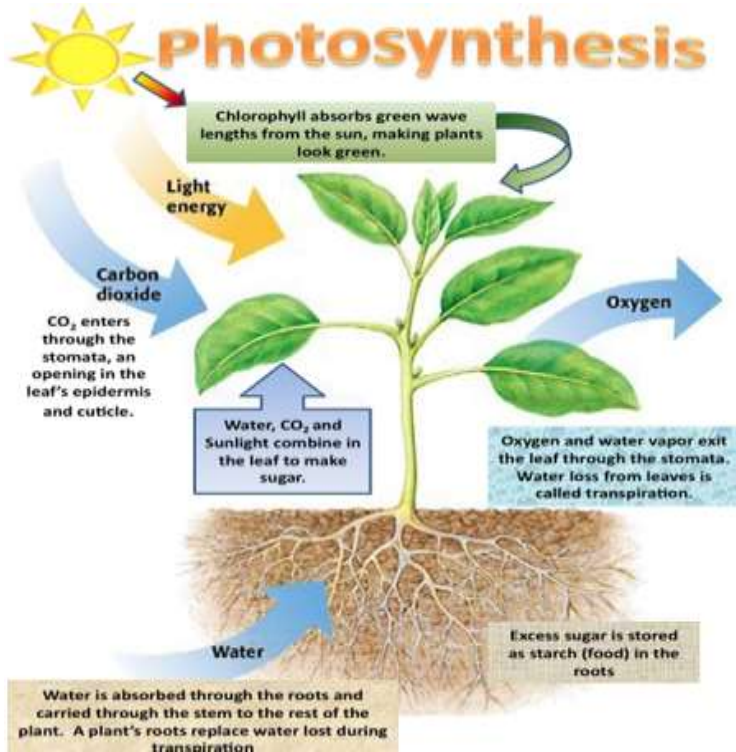
dalam tubuhnya, maka organisme tersebut tidak bisa dikatakan sebagai produsen karena tidak bisa membuat makanan sendiri. hal ini karena sesungguhnya klorofil merupakan persyaratan untuk melakukan fotosintesis.

2) **Melakukan proses fotosintesis**

Ciri yang kedua adalah organisme tersebut melakukan proses fotosintesis. Proses fotosintesis sendiri merupakan proses untuk membuat makanan sendiri pada tumbuhan. Tumbuhan mendapatkan makanannya sendiri melalui proses fotosintesis yang berlangsung pada siang hari. mengapa di siang hari? karena proses fotosintesis sendiri dapat berlangsung apabila terdapat cahaya atau sinar matahari . Sehingga jika tidak ada sinar matahari, mustahil fotosintesis akan dapat berlangsung. Dalam proses fotosintesis ini, pohon akan menyerap banyak gas karbon untuk kemudian diubah menjadi gas oksigen atau O₂ yang sangat berguna bagi pernafasan makhluk hidup. Maka dari itulah mengapa ketika kita berada di bawah pohon ketika siang hari, kita akan merasa sangat sejuk. Hal ini tidak lain karena pada siang hari, organisme autotrof atau produsen ini mengeluarkan oksigen. Sebaliknya, apabila pada malam hari kita berada di bawah pohon, maka kita akan merasa sesak dan lemas karena kita berebut oksigen dengan pohon.

Itulah beberapa ciri dari organisme autotrof. Melihat ciri- ciri yang telah disebutkan, kita dapat mengambil kesimpulan bahwasannya yang merupakan organisme autotrof adalah makhluk hidup yang memiliki klorofil bisa tumbuhan hijau ataupun alga. Dan dalam interaksi antara komponen biotik serta

abiotik, organisme autotrof ini merupakan awal terciptanya keseimbangan ekosistem. Organisme autotrof juga merupakan pembentuk atau awal dari sebuah rantai makanan.



Gambar 2.2 salah satu fungsi dari komponen autotrof yaitu melakukan fotosintesis

b. Organisme Heterotrof (Konsumen)

Mempunyai sifat yang berbeda dengan organisme autotrof, yang disebut dengan organisme heterotrof atau yang biasa disebut dengan konsumen. Organisme heterotrof atau konsumen merupakan organisme yang tidak bisa membuat makanannya sendiri atau makanan untuk dikonsumsi sendiri. Organisme heterotrof ini memperoleh makanan dari

organisme autotrof atau produsen, atau memakan sesama organisme heterotrof lainnya. Dengan kata lain, organisme heterotrof ini merupakan organisme yang menggunakan bahan- bahan organik yang berasal dari organisme lain sebagai sumber energi dan makanannya.

Banyak sekali komponen biotik suatu ekosistem yang merupakan organisme heterotrof ini. Antara lain adalah manusia dan binatang. Dilihat dari makanannya, organisme heterotrof ini dibagi menjadi tiga golongan yang berbeda. Golongan- golongan tersebut antara lain adalah sebagai berikut:

1) Herbivora

Herbivora merupakan sebutan bagi organisme heterotrof, khususnya binatang yang makanannya berupa tumbuh- tumbuhan atau dedaunan atau hewan yang memakan produsen. Ada banyak sekali hewan atau binatang yang merupakan herbivora yang ada di sekitar kita ini, contohnya adalah sapi, kambing, kerbau, kuda, dan lain sebagainya.

2) Karnivora

Jika herbivora merupakan sebutan bagi pemakan tumbuhan, maka sebutan bagi organisme pemakan daging adalah karnivora. Karnivora merupakan sebutan bagi binatang- binatang yang memakan daging atau organisme yang memakan konsumen tingkat pertama. Di sekitar kita juga banyak binatang- binatang yang memakan daging. Beberapa contohnya adalah kucing, harimau, anjing, dan lain sebagainya.

3) Omnivora

Jika herbivora adalah pemakan rumput atau tanaman, sementara karnivota adalah pemakan

daging, maka omnivora merupakan organisme yang memakan dua-duanya, yakni rumput maupun daging. Manusia termasuk ke dalam omnivora ini. sementara binatang lain yang masuk dalam kategori omnivora ini adalah monyet.

Demikianlah beberapa jenis atau golongan dari organisme heterotrof yang dilihat dari makanan yang dikonsumsinya.

c. Pengurai atau Dekomposer

Golongan dari komponen biotik dalam suatu ekosistem selanjutnya adalah pengurai atau dekomposer. Pengurai atau dekomposer ini merupakan makhluk hidup atau organisme yang mempunyai tugas untuk menguraikan sisa-sisa makhluk hidup lainnya yang telah mati. Dengan kata lain, pengurai merupakan organisme yang merubah bahan-bahan organik dari organisme yang sudah mati menjadi senyawa anorganik melalui proses dekomposisi.

Pengurai atau dekomposer ini juga menduduki jabatan penting dalam terselenggaranya rantai makanan yang ada di bumi. Beberapa contoh pengurai atau dekomposer yang sering kita temukan di lingkungan sekitar kita adalah jamur, bakteri, ganggang, cacing, dan sebagainya. Beberapa pengurai yang menggunakan sisa bahan organik hasil dekomposisi disebut sebagai detritivor. Contoh organisme detritivor ini adalah kutu kayu.

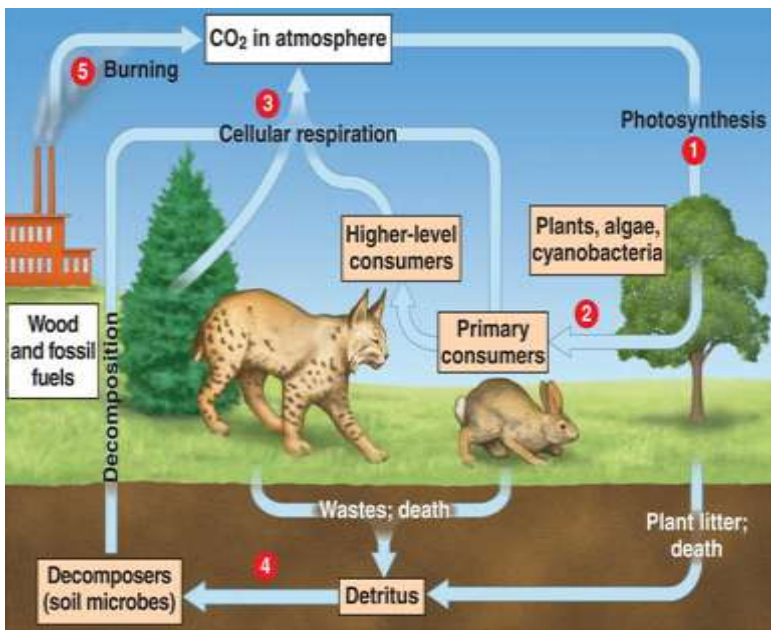
Proses penguraian atau dekomposisi ternyata mempunyai beberapa tipe. Beberapa tipe dari proses dekomposisi adalah sebagai berikut:

- 1) *Aerobik*, merupakan proses dekomposisi yang menempatkan oksigen sebagai penerima elektron atau oksidan.

- 2) *Anaerobik*, merupakan kebalikan dari aerobik, yakni proses dekomposisi yang tidak melibatkan oksigen. Bahan organik sebagai penerima elektron atau oksidan.
- 3) *Fermentasi*, merupakan dekomposisi anaerobik, namun sedikit berbeda. Fermentasi ini merupakan anaerobik namun bahan organik yang teroksidasi juga sebagai penerima elektron. Komponen tersebut berada di suatu tempat dan berinteraksi membentuk suatu kesatuan ekosistem yang sifatnya teratur. Sebagai contoh, pada suatu ekosistem akuarium terdiri dari ikan sebagai komponen heterotrof, plankton yang terapung- apung di air berfungsi sebagai pengurai, dan untuk komponen abiotiknya adalah air, pasir, batu, mineral dan juga oksigen yang terlarut di dalam air.

Demikianlah tipe- tipe dari proses dekomposisi yang dilakukan oleh pengurai. Pengurai atau dekomposer ini hidup di tanah. Mereka akan mulai bekerja apabila ada makhluk hidup yang sudah tidak ada nyawanya lagi. Proses penguraian atau dekomposisi lebih sering kita dengar dengan nama pembusukan. Hal ini sangat diperlukan untuk menciptakan daur hidup organisme. Makhluk hidup yang sudah diuraikan akan kembali menjadi bentuk tanah.

Kemudian tanah yang terbentuk tersebut menjadi tanah yang sangat subur yang mana kita sebut sebagai tanah humus. Organisme autotrof atau produsen, organisme heterotrof atau konsumen dan pengurai atau dekomposer, demikianlah beberapa golongan dari komponen biotik yang menyusun suatu ekosistem. Setiap ekosistem bisa jadi mempunyai jenis autotrof, heterotrof yang berbeda- beda ya? Hal ini menyesuaikan dengan lingkungan sebagai tempat tinggal makhluk hidup yang berbeda- beda pula.



Gambar 2.3 interaksi di antara komponen-komponen biotik pada ekosistem

2. Komponen Abiotik

Mengenai komponen biotik dari suatu ekosistem sudah tidak asing lagi bagi kita, pastinya kita sudah mengetahui komponen-komponen abiotik yang ada pada ekosistem dikarenakan kita merupakan organisme yang memanfaatkan komponen abiotik tersebut demi

kelangsungan hidup. Telah dikatakan sebelumnya bahwa di dalam suatu ekosistem, terdapat komponen yang hidup dan yang tidak hidup. Jika komponen biotik merupakan komponen hidup, maka komponen abiotik adalah komponen yang tak hidup. Dengan kata lain, komponen abiotik ini merupakan komponen yang terdiri dari benda-benda yang tidak hidup (bukan makhluk hidup), namun ada di sekitar kita dan mempengaruhi kelangsungan hidup para makhluk hidup.

Ada beberapa jenis komponen abiotik yang ada di sekitar kehidupan manusia. beberapa komponen tersebut adalah air, angin, udara, kelembaban udara, suhu, sinar matahari, dan lain sebagainya. Untuk penjelasan dari masing- masing komponen tersebut adalah sebagai berikut:

a. Udara

Udara merupakan bagian dari Bumi yang keberadaannya sangat penting, bahkan bisa dikatakan sebagai elemen yang paling penting. Hal ini karena fungsi dari udara digunakan untuk bernafas (oksigen). Tanpa adanya udara (oksigen), manusia tidak akan bisa hidup. Tidak hanya manusia saja, bahkan binatang, tumbuhan dan juga organisme kecil- kecil sekalipun. Udara merupakan sekumpulan gas yang menyelimuti lapisan atmosfer bumi.

Adapun gas- gas yang menyusun udara tersebut terdiri dari gas Oksigen atau O_2 yakni sebesar 21,9%, gas Nitrogen atau H_2O yakni sebanyak 78,1%, gas Karbondioksida atau CO_2 yakni sebanyak 0,03%, serta gas- gas lainnya dalam jumlah yang sedikit. Di antara gas- gas tersebut, yang paling penting untuk menunjang kehidupan di Bumi adalah Oksigen. Hal ini karena manusia dan binatang hidup dengan menghirup gas Oksigen. Tanpa adanya gas Oksigen, manusia dan

binatang tidak akan bisa bertahan hidup dalam beberapa jangka waktu tertentu.

Sementara itu pepohonan memerlukan Karbondioksida untuk berfotosintesis, dan kemudian akan menghasilkan oksigen. Hal ini menandakan bahwa posisi udara sangatlah penting bagi kelangsungan hidup makhluk hidup.

b. Air

Komponen abiotik yang kedua adalah air, bahwa planet bumi ini sebagian besar terdiri dari air. Permukaan bumi sebagian besar ditutupi oleh air. Air dalam planet apabila dilihat dari luar angkasa memiliki warna biru. Itulah mengapa planet Bumi ini dominan olah warna biru. Tidak lain karena permukaan planet bumi sebagian besar diisi oleh air. Volume air di bumi ini mencapai sekitar 1,4 milyar km kubik. Volume-volume air tersebut berasal dari air laut sebanyak 97%, air tawar 0,75% dan gunung es sekitar 2%.

Bisa kita bayangkan betapa luasnya dan banyaknya air yang ada di samudera yang ada di bumi. Meskipun air seringkali digunakan dan dibuang, namun volume air ini akan bersifat tetap karena adanya siklus hidrologi. Air mempunyai peranan yang sangat penting, bahkan menjadi sumber daya yang vital bagi kehidupan di bumi. Air mempunyai banyak sekali fungsi yang menunjang kehidupan manusia. Selain untuk memenuhi cairan di dalam tubuh (minum), air juga digunakan dalam kehidupan sehari-hari, tanpa adanya air untuk minum, makhluk hidup khususnya manusia dan binatang tidak akan bisa bertahan hidup. Mungkin manusia masih bisa tahan apabila tidak makan selama sehari-hari, namun belum tentu bisa bertahan hidup jika tidak minum selama beberapa hari.

Dalam dunia tumbuhan, air juga digunakan untuk menunjang proses fotosintesis, menunjang metabolisme jaringan, dan lain sebagainya. Maka dari itulah ketersediaan air akan sangat menunjang bagi kelangsungan hidup semua makhluk hidup baik organisme autotrof, heterotrof, maupun lain sebagainya.

c. Kelembaban udara

Komponen abiotik dari suatu ekosistem yang selanjutnya adalah kelembaban udara. Udara merupakan hal yang tidak dapat dipisahkan dari manusia, seperti yang telah disampaikan di atas. Udara ini mempunyai suatu kelembaban yang mana kelembaban tersebut dapat mempengaruhi kelangsungan hidup makhluk hidup. Kelembaban udara ini dapat mempengaruhi berbagai hal, terutama dalam pertumbuhan tanaman.

Kelembaban udara ini sangat dipengaruhi oleh berbagai hal, seperti intensitas, angin, curah hujan serta sinar matahari. Suatu daerah yang mempunyai tingkat kelembaban berbeda, akan menghasilkan sebuah ekosistem yang juga memiliki komposisi yang berbeda-beda.

d. Cahaya Matahari

Matahari merupakan pusat tata surya dan sekaligus menjadi bintang yang paling besar di jagat raya. Matahari dengan sinar dan kehangatannya mampu menyinari planet-planet yang ada di sekelilingnya. Sinar matahari ini seorah tidak pernah habis dan selalu menjadi sumber kehangatan bagi kehidupan makhluk hidup, bahkan menjadi sumber energi di Bumi. Cahaya matahari juga menjadi penentu terjadinya proses fotosintesis bagi tumbuhan.

Cahaya matahari pun dapat diserap oleh air, sehingga pada ekosistem air, fotosintesis pada

tumbuhan akan terjadi di sekitar permukaan yang terjangkau oleh cahaya matahari. Di daerah gurun, intensitas cahaya matahari begitu besar sehingga hal ini justru akan membuat binatang dan tumbuh- tumbuhan menjadi sangat tertekan. Dengan demikian, cahaya matahari menjadi komponen yang sangat mempengaruhi aktivitas dan juga kondisi dari makhluk hidup.

e. Tanah

Daratan merupakan hamparan tanah yang besar dan bisa digunakan untuk tempat tinggal makhluk hidup. Namun tidak berarti bahwa seluruh daratan ini terdiri atas tanah. Daratan juga ada yang terdiri atas perairan, seperti rawa- rawa, danau, sungai dan lainnya. Meski demikian, tanah merupakan komponen abiotik yang sangat mempengaruhi kehidupan makhluk hidup.

Tanah terbentuk oleh proses destruktif, yakni pelapukan batuan dan pembusukan senyawa organik. Serta proses sintesis yakni pembentukan mineral. Tanah mempunyai komponen yang utama yakni mineral, bahan organik, air dan juga udara. Tumbuhan mengambil air dan juga garam mineral dari tanah. Sementara manusia dan binatang memanfaatkan tanah sebagai tempat tinggal. Selain itu, manusia juga memanfaatkan tanah sebagai lahan pertanian, perkebunan, peternakan, dan lain sebagainya.

f. Suhu

Komponen abiotik yang selanjutnya adalah suhu. Suhu merupakan derajat energi panas yang berasal dari sinar, terutama sinar matahari. Suhu udara berbeda-beda di setiap ekosistem yang bergantung pada garis lintang dan juga ketinggian tempat. Suhu di tempat yang mendekati kutub, maka akan semakin rendah suhunya,

dan juga kering. Suhu ini merupakan faktor pembatas bagi kehidupan dan mempengaruhi keanekaragaman hayati pada suatu ekosistem.

Makhluk hidup akan dapat bertahan hidup pada suhu sekitar 0° hingga 40° Celcius. Namun ada juga beberapa makhluk hidup yang bisa hidup di suhu yang lebih rendah dari itu. Khususnya, makhluk hidup yang tinggal di daerah kutub bumi. Beberapa makhluk hidup akan melakukan hibernasi apabila bertemu dengan suhu yang dingin.

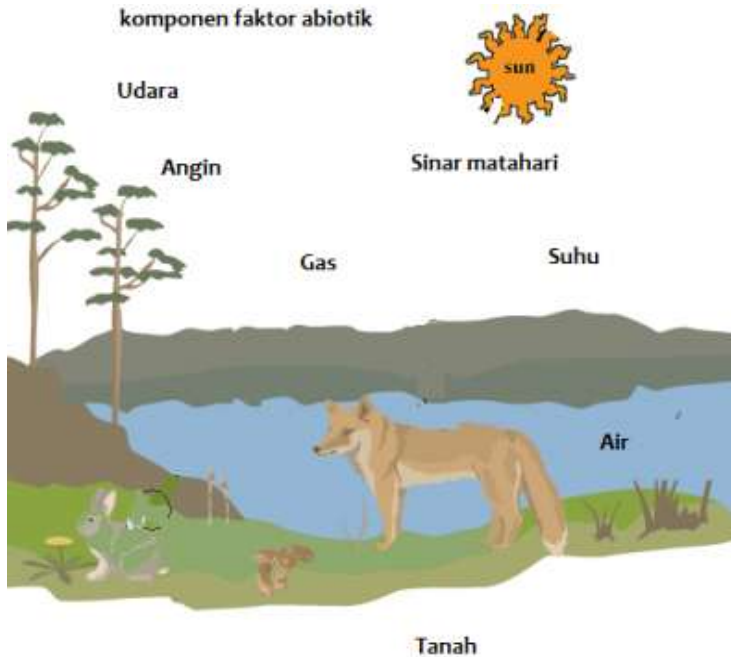
g. Derajat keasaman (pH)

Mungkin kita telah sering mendengar mengenai derajat atau tingkat keasaman, atau yang biasa disebut pH. pH atau derajat keasaman dapat mempengaruhi kehidupan berbagai macam organisme, khususnya tumbuhan. Tumbuhan akan dapat hidup dengan baik apabila memiliki pH optimum, yakni sekitar 5,8 hingga 7,2. Nilai pH tanah ini dipengaruhi oleh berbagai hal seperti curah hujan, aktivitas akar tanaman, penggunaan pupuk, serta penguraian mineral tanah. Selain berpengaruh pada tumbuhan, pH juga dapat berpengaruh pada manusia serta binatang.

h. Garam mineral

Garam merupakan bumbu dapur yang selalu dipakai ketika memasak dan memberikan rasa yang asin. Garam dibuat dengan menggunakan air laut yang ditampung dalam suatu wadah dan kemudian dijemur. Air laut itu lama-kelamaan akan mengkristal dan kita akan mendapatkan bubuk garam yang langsung bisa kita gunakan. Garam mengandung banyak mineral, khususnya Yodium. Siapa yang menyangka bahwa salah satu komponen abiotik dari ekosistem adalah garam mineral.

Konsentrasi garam sangat mempengaruhi kesetimbangan air dalam organisme melalui osmosis. Beberapa organisme terestrial akan dapat beradaptasi pada lingkungan yang memiliki kandungan garam yang tinggi.



Gambar 2.4 komponene abiotik pada ekosistem

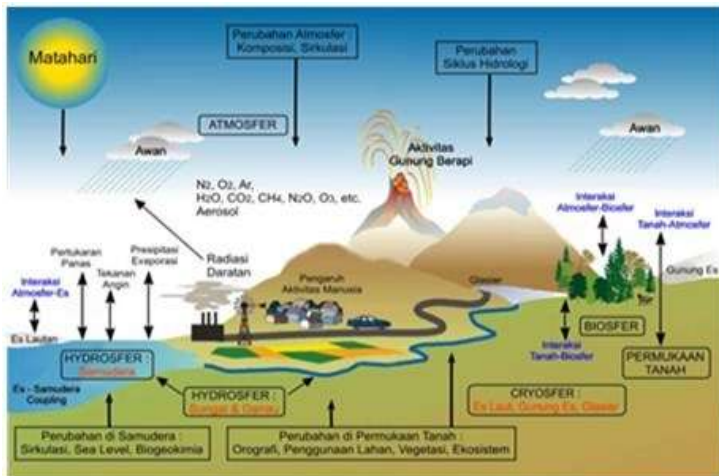
i. Arus Angin

Pengaruh yang amat besar yang diberikan oleh arus angin dalam kehidupan dari tumbuhan, seperti pada lingkungan yang arus anginnya kencang hanya di huni tumbuhan yang mempunyai sistem perakaran kuat dan berbatang liat sehingga bisa bertahan hidup. Beda lagi pada daerah yang arus anginnya lambat atau tidak kencang akan dihuni oleh tumbuhan yang memiliki sistem perakaran yang lemah dan batang tidak liat atau kokoh. Arus angin juga berpengaruh terhadap kesuburan tanah pada suatu lingkungan.

j. Iklim

Iklim terbentuk sebagai hasil dari interaksi berbagai komponen abiotik lainnya, seperti kelembapan udara, curah hujan, suhu dan lain sebagainya. Baik tumbuhan atau hewan dalam kehidupannya dipengaruhi oleh iklim lingkungannya, begitu juga dengan jumlah tumbuhan pada suatu daerah juga akan memberi besar pada iklim di suatu lingkungan.

Iklim juga dapat mempengaruhi dari kesuburan tanah, akan tetapi kesuburan tanah tidak bisa mempengaruhi dari iklim. Salah satu bukti besarnya pengaruh iklim terhadap tumbuhan adalah dengan adanya distribusi atau persebaran tumbuhan berdasarkan bentuk iklimnya.



Gambar 2.5 Arus angin dan iklim mempengaruhi ekosistem

k. Topografi

Topografi adalah faktor altitude atau latitude suatu tempat. Altitude adalah ketinggian suatu tempat yang diukur dari permukaan laut, sedangkan latitude adalah letak lintang yang diukur dari garis khatulistiwa. Topografi memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap penyebaran suatu organisme, yang sangat jelas adalah persebaran dari tumbuhan, jenis tumbuhan yang terdapat di setiap ketinggian yang berbeda pasti jenis tumbuhannya juga berbeda, seperti di wilayah pegunungan jenis tumbuhannya pasti berbeda dengan di wilayah persawahan atau bibir pantai.



Gambar 2.6 topografi dalam ekosistem

C. Tipe Ekosistem

Dalam mengenal berbagai tipe ekosistem, pada umumnya digunakan ciri komunitas yang paling menonjol. Untuk ekosistem daratan biasanya digunakan komunitas tumbuhan atau vegetasinya, karena wujud vegetasi merupakan pencerminan penampakan luar interaksi antara tumbuhan, hewan, dan lingkungannya. Pada dasarnya di Indonesia terdapat empat kelompok ekosistem utama, yaitu (1) ekosistem bahari, (2) ekosistem darat alami, (3) ekosistem suksesi, dan (4) ekosistem buatan.

1. Ekosistem Bahari

Ekosistem bahari atau Ekosistem laut merupakan ekosistem yang terdapat di perairan laut, terdiri atas ekosistem perairan dalam, ekosistem pantai pasir dangkal / bitarol, dan ekosistem pasang surut. Ekosistem bahari memiliki ciri-ciri umum sebagai berikut:

- a. Memiliki salinitas tinggi, semakin mendekati khatulistiwa semakin tinggi.
- b. NaCl mendominasi mineral ekosistem laut hingga mencapai 75%.
- c. Iklim dan cuaca tidak terlalu berpengaruh pada ekosistem laut.
- d. Memiliki variasi perbedaan suhu di permukaan dengan di kedalaman.

Adapun salah satu peran dari ekosistem bahari yang penting bagi lingkungan di daratan di antaranya 50% oksigen yang dihisap organisme di daratan berasal dari fitoplankton di lautan. Habitat pantai (estuari, hutan bakau, dan sebagainya) merupakan kawasan paling produktif di bumi. Ekosistem terumbu karang menyediakan sumber makanan dan tempat berlindung bagi berbagai jenis organisme dengan keanekaragaman hayati tingkat tinggi di lautan.

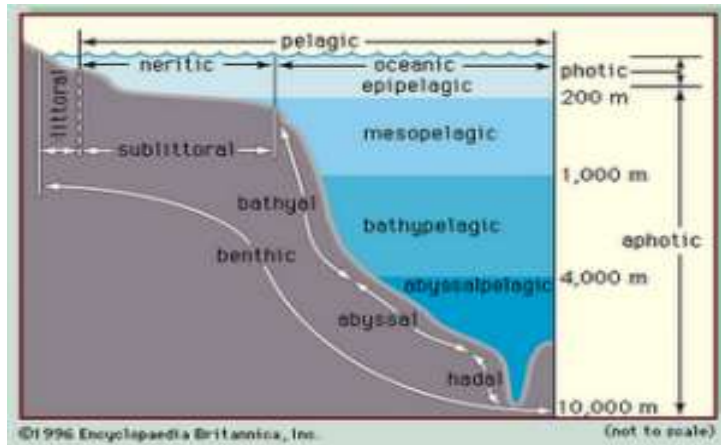


Gambar 2.7 ekosistem bahari

Ekosistem bahari pada umumnya memiliki tingkat keanekaragaman hayati yang tinggi sehingga diperkirakan memiliki ketahanan yang baik terhadap spesies invasif. Di dalam ekosistem bahari terdapat beberapa zona-zona berdasarkan intensitas cahaya matahari yang menembus air, ekosistem air laut dibagi menjadi beberapa zona (daerah), yaitu sebagai berikut:

a. Zona Fotik

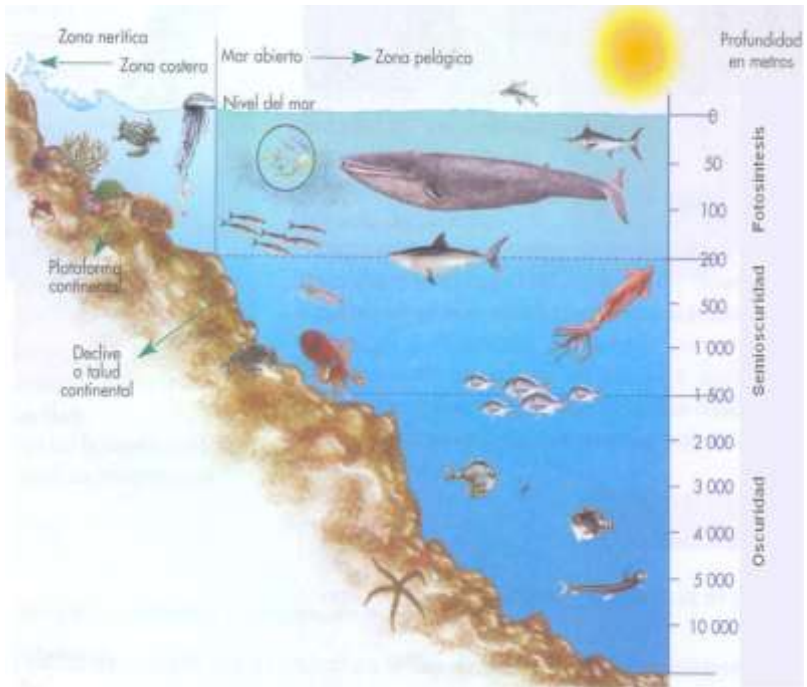
Zona fotik merupakan daerah yang dapat ditembus cahaya matahari, kedalaman air kurang dari 200 meter. Organisme yang mampu berfotosintesis banyak terdapat di zona fotik.



Gambar 2.8 perbedaan antara zona fotik dan afotik

b. Zona Twilight

Zona twilight merupakan daerah dengan kedalaman air 200 – 2.000 meter. Cahaya matahari remang-remang sehingga tidak efektif untuk fotosintesis.



Gambar 2.9 zona twilight yang tidak efektif untuk proses fotosintesis

c. Zona Afotik

Zona afotik merupakan daerah yang tidak dapat ditembus cahaya matahari sehingga selalu gelap. Kedalaman air lebih dari 2.000 meter.

Adapun pembagian zona ekosistem air laut yang dimulai dari pantai hingga ke tengah laut yaitu sebagai berikut:

a. Zona Litoral (Pasang Surut)

Zona litoral (pasang surut) merupakan daerah yang terendam saat terjadi pasang dan seperti daratan saat air laut surut. Zona ini berbatasan dengan daratan dan banyak dihuni kelompok hewan, seperti bintang laut, bulu babi, udang, kepiting, dan cacing.

b. Zona Neritik

Zona neritik merupakan daerah laut dangkal, kurang dan 200 m. Zona ini dapat ditembus cahaya matahari dan banyak dihuni ganggang laut dan ikan.

c. Zonat Batial

Zona batial memiliki kedalaman air 200 m – 2.000 m dan keadaannya remang-remang, di zona ini tidak ada produsen.

d. Zona Abisal

Zona abisal merupakan daerah palung laut yang keadaannya gelap. Kedalaman air di zona abisal lebih dan 2.000 m. Zona ini dihuni oleh hewan predator, detritivor (pemakan sisa organisme), dan pengurai. dihuni oleh nekton (organisme yang aktif berenang), misalnya ikan.



Gambar 2. 10 perbandingan zona ekosistem bahari dari pantai sampai ke tengah lau (berdasarkan kedalaman)

Kelompok Ekosistem bahari dapat dikelompokkan lagi ke dalam ekosistem yang lebih kecil lagi yaitu:

- a. Ekosistem laut dalam, ekosistem laut dalam terdapat di laut dalam atau palung laut yang gelap karena tidak dapat ditembus oleh cahaya matahari. Pada ekosistem

laut dalam tidak ditemukan produsen. Organisme yang dominan, yaitu predator dan ikan yang pada penutup kulitnya mengandung fosfor sehingga dapat bercahaya di tempat yang gelap.



Gambar 2.11 organisme ekosistem laut dalam

- b. Ekosistem eustaria, ekosistem estuari terdapat di daerah percampuran air laut dengan air sungai. Salinitas air di estuari lebih rendah daripada air laut, tetapi lebih tinggi daripada air tawar, yaitu sekitar 5 – 25 ppm. Di daerah estuari dapat ditemukan tipe ekosistem yang khas, yaitu padang lamun (seagrass) dan hutan mangrove. Padang lamun, merupakan habitat pantai yang biasanya ditumbuhi seagrass. Tumbuhan ini memiliki rizom dan serabut akar, batang, daun, bunga, bahkan ada yang berbuah. Seagrass berbeda dengan alga karena mempunyai sistem reproduksi dan pertumbuhan yang khas. Seagrass tumbuh menyebar membentuk padang rumput di dalam air dengan perpanjangan rizom. Jenis

hewan di padang lamun, antara lain duyung (Dugong dugon), bulu babi (Tripneustes gratilla), kepiting renang (Portunus pelagicus), udang, dan penyu.



Gambar 2.12 penampakan ekosistem eustaria

- c. Terumbu karang, ekosistem terumbu karang terdapat di laut yang dangkal dengan air yang jernih. Organisme yang hidup di ekosistem ini, antara lain hewan terumbu karang (Coelenterata), hewan spons (Porifera), Mollusca (kerang, siput), bintang laut, ikan, dan ganggang. Ekosistem terumbu karang di Indonesia yang cukup terkenal di antaranya Taman Nasional Bawah Laut Bunaken.



Gambar 2.13 ekosistem terumbu karang

- d. Pantai batu, sesuai dengan namanya, ekosistem pantai batu memiliki banyak bongkahan batu besar maupun batu kecil. Organisme dominan di sini, yaitu ganggang

cokelat, ganggang merah, siput, kerang, kepiting, dan burung. Ekosistem ini banyak terdapat di pantai selatan Jawa, pantai barat Sumatra, Bali, Nusa Tenggara dan Maluku.

- e. Pantai pasir, Ekosistem pantai pasir terdiri atas hamparan pasir yang selalu terkena deburan ombak air laut. Di tempat ini angin bertiup kencang dan cahaya matahari bersinar kuat pada siang hari. Vegetasi atau tumbuhan yang dominan adalah formasi *pes-caprae* dan formasi *barringtonia*. Formasi *pes-caprae* terdiri atas tanaman berbatang lunak dan berbiji (terna), misalnya *Ipomoea pes-caprae*, *Vigna marina*, dan *Spinifex littoreus*. Formasi *barringtonia* terdiri atas perdu dan pohon, misalnya *Barringtonia asiatica*, *Terminalia catappa*, *Erythrina*, *Hibiscus tiliaceus*, dan *Hernandia*. Hewan yang hidup di pantai pasir, misalnya kepiting dan burung. Pantai pasir antara lain terdapat di Bali, Lombok, Papua, Bengkulu, dan Bantul (Yogyakarta).

Dalam setiap ekosistem pada ekosistem bahari ada perbedaan dalam komponen penyusunnya, baik biotik maupun abiotik.

2. Ekosistem Darat Alami

Ekosistem alami merupakan ekosistem yang asli berasal dari alam dari proses pembentukan yang dipengaruhi oleh cuaca, iklim, atau perubahan alam lainnya. Ekosistem alami diartikan sebagai ekosistem atau lingkungan alam yang berlangsung dalam waktu yang lama dan terbentuk dengan sendirinya oleh proses alam.

Dibawah ini ada beberapa contoh ekosistem alami seperti ekosistem alami darat yang akan di jelaskan secara terperinci sebagai berikut ini :

- a. Ekosistem Hutan Hujan Tropis

Hutan hujan tropis merupakan ekosistem yang berada di kawasan iklim tropis. Curah hujan di daerah ini cukup tinggi dan dapat mencapai debit air sampai 200 cm – 225 cm. Pepohonan di hutan hujan ini cenderung tinggi tinggi, besar, dan juga rimbun. Pada area tertentu cahaya matahari tidak bisa masuk dan mencapai tanah karena dedaunan yang rimbun. Banyak binatang yang tinggal di ekosistem hutan hujan ini dari mulai serangga, hewan buas seperti harimau, kera, babi, badak, dan hewan liar lainnya.



Gambar 2.14 hutan hujan tropis

b. Ekosistem Hutan Gugur

Hutan gugur ini merupakan ekosistem yang terletak di kawasan daerah dengan iklim sub tropis. Curah hujan yang turun di daerah ini sekitar 75 cm – 100 cm. Kawasan ekosistem ini tidak memiliki banyak pepohonan. Pepohonan yang tumbuh sekitar 10 sampai 20 saja dengan badan pohon yang tidak besar dan tidak rimbun, namun tinggi. Hewan yang hidup di ekosistem ini juga lebih sedikit karena kawasannya yang tidak memiliki banyak pohon untuk tempat tinggal hewan. Hewan yang tinggal seperti beruang, hamster, dan hewan lainnya yang memiliki hibernasi saat musim dingin.



Gambar 2.15 ekosistem hutan gugur

c. Ekosistem Padang Rumput

Padang rumput merupakan ekosistem yang berada di kawasan daerah dengan iklim sub tropis dan tropis. Curah hujan di kawasan ini berkisar 25 cm – 50 cm. Kawasan ini merupakan kawasan yang hijau dengan rumput yang terbentang luas dan terdapat beberapa pohon-pohon pendek yang jarang. Hewan yang biasa tinggal di kawasan padang rumput ini seperti kelinci, ular, zebra, kanguru, singa, kadal, dan jenis reptil lainnya.



Gambar 2.16 ekosistem padang rumput

d. Ekosistem Hutan Sabana

Sabana merupakan ekosistem yang berada di kawasan daerah beriklim tropis. Curah hujan di kawasan ini 95 cm – 150 cm. Terdapat beberapa pohon tinggi yang berjarak jauh dan tidak berkelompok. Hewan yang tinggal di kawasan ini lebih besar, seperti gajah, zebra, singa, kerbau liar, dan hewan pengerat.



Gambar 2.17 ekosistem hutan sabana

e. Ekosistem Hutan Taiga

Ekosistem hutan taiga ini berada di kawasan beriklim suub tropis dan dingin. Jenis tumbuhan yang tumbuh sedikit seperti cemara, pinus, dan alder. Hewan yang tinggal di kawasan ini seperti mamalia serigala, beruang hitam dan lynx.



Gambar 2.18 ekosistem hutan taiga

f. Ekosistem Tundra

Tundra merupakan ekosistem pada daerah paling dingin di bumi yaitu daerah antartika dan artik. Daerah ini merupakan daerah dengan musim tinggi paling lama yaitu bisa sampai 9 bulan. Tumbuhan yang ada di daerah ini hanya lumut dan hewan yang tinggal di kawasan ini kebanyakan memiliki bulu yang sangat tebal untuk melindungi mereka dari cuaca dingin yang ekstrim. Hewan yang tinggal di daerah tundra seperti bison, rubah, rusa kutub, beruang kutub, dan lainnya.



Gambar 2.19 Ekosistem tundra

g. Ekosistem Gurun pasir

Gurun merupakan ekosistem yang berada di daerah beriklim tropis dan sangat panas. Curah hujan di kawasan ini sangat sedikit. Matahari bersinar lebih lama dan tanah memiliki ciri yang kering dan tandus. Daerah gurun pasir misalnya seperti di daerah timur tengah. Tanaman yang hidup di kawasan ini seperti kaktus dan hewan yang hidup disini seperti unta, kalajengking, ular gurun. Kaktus dan unta mampu menyimpan cadangan air yang cukup banyak.



Gambar 2.20 ekosistem padang pasir

h. Ekosistem Hutan

Hutan merupakan kawasan dengan pohon-pohon yang tumbuh banyak dan area yang luas. Hutan memiliki jenis yang bermacam-macam seperti hutan hujan tropis, hutan gugur, dan lainnya. Hutan merupakan ekosistem yang cukup besar dimana banyak makhluk hidup yang tinggal di dalamnya.

i. Ekosistem Gunung

Gunung merupakan ekosistem dengan dataran tinggi dan jauh dari permukaan laut. Tumbuhan yang tumbuh di kawasan ini beragam dan banyak. Hewan yang hidup di kawasan pegunungan ini bermacam-macam tergantung tipe struktur gunungnya. Terdapat hewan yang mampu beradaptasi dengan pegunungan yang berbatu-batu dengan bentuk mirip rusa dan kaki yang kuat untuk mendaki. Pada jenis gunung yang berada di daerah sub tropis dan tropis biasanya hampir sama dengan hewan yang hidup di dalam hutan, misalnya seperti harimau, ular, babi, rusa, dan lainnya.



Gambar 2.21 Ekosistem gunung

j. Ekosistem Gua

Gua merupakan ekosistem alami yang terbentuk dari cekungan tanah atau bebatuan atau dari pertemuan lempeng bebatuan bumi. Gua bisa dijadikan tempat tinggal dan berteduh. Gua yang cukup dalam akan dihuni oleh beberapa makhluk hidup seperti kelelawar. Gua menjaga makhluk hidup ini dari perubahan cuaca yang takmenentu di luar, selain itu merupakan tempat yang cukup aman untuk menjaga keturunannya dari mangsa hewan hewan buas. Cahaya matahari tidak dapat masuk ke dalam gua sehingga udaranya kan pengap dan dingin. Tumbuhan yang hidup di kawaan lembab seperti ini adalah lumut dan biasanya menempel di dinding dinding bebatuan.



Gambar 2.22 ekosistem gua

3. Ekosistem Alami Perairan

Selain di darat, contoh ekosistem alami juga memiliki ekosistem alami perairan. sebagai berikut :

a. Ekosistem Sungai

Sungai merupakan ekosistem air tawar yang melewati banyak kawasan. Sungai juga merupakan sumber aliran air utama dari laut untuk memenuhi kehidupan makhluk hidup di darat. Sungai mengalir menuju dataran yang tinggi ke dataran yang rendah. Hewan yang dapat hidup di sungai merupakan jenis ikan air tawar seperti nila, gurami, lele, wader dan lainnya. Tumbuhan yang hidup di sungai berada di pinggir pinggir sungai dan cukup subur karena pasokan air yang melimpah. Tumbuhan itu seperti lumut, rumput, kangkung, dan lainnya.

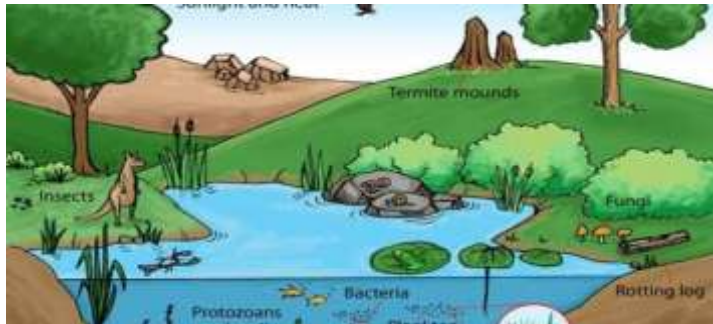


Gambar 2.23 ekosistem di sungai

b. Ekosistem Danau

Ekosistem danau ini terjadi secara alami karena pergeseran lempeng bumi atau letusan gunung berapi yang membentuk kawah, yang kemudian terisi air

sehingga membentuk genangan besar yang disebut danau. Danau merupakan jenis perairan tawar. Hewan yang tumbuh di kawasan ini merupakan ikan air tawar seperti ikan mas, ikan lele, udang, dan lainnya.



Gambar 2.24 ekosistem danau

c. Ekosistem Rawa – rawa

Rawa rawa merupakan ekosistem air tenang yang berasal dari daratan cekung yang terisi air namun tidak seluas danau. Jenis genangan air pada rawa rawa ini bersifat pasang surut diakibatkan kenaikan curah hujan dan lever sugai atau laut. Rawa rawa biasanya terletak di dataran rendah. Hewan yang tinggal di daerah ini merupakan jenis hewan yang bisa berpindah dari kondisi tanpa air dan dengan air misalnya seperti katak, ular, cacing, ikan lumpur, dan lainnya. Daerah ini biasanya memiliki ciri berlumpur.



Gambar 2.25 Ekosistem Rawa

d. Ekosistem Pantai

Pantai merupakan ekosistem dengan kumpulan pasir yang terbentuk dari pecahan karang dari dasar laut. Pohon yang bisa tumbuh di daerah ini tidak banyak seperti misalnya pohon kelapa. Hewan yang tinggal di pantai seperti kepiting, siput, kerang.



Gambar 2.26 ekosistem pantai

e. Ekosistem Terumbu Karang

Ekosistem terumbu karang berada di kawasan laut dangkal dimana dasarnya masih bisa terlihat dan matahari bisa masuk sampai dasar. Jenis tanaman yang tumbuh di daerah ini seperti rumput laut, dan terumbu karang. Hewan yang hidup di kawasan ini seperti ikan terumbu dengan warna warna yang cantik. Ekosistem ini merupakan ekosistem yang paling cantik di laut karena bentuk karang yang mempesona dan ikan ikan kecil yang warna warni.



Gambar 2.27 ekosistem terumbu karang (tempat berkembang biak spesies ikan)

f. Ekosistem Air Terjun

Air terjun merupakan ekosistem dengan aliran air yang cukup deras dan kemiringan yang curam. Tanaman yang tumbuh di daerah ini adalah lumut dan hewan yang hidup di daerah ini seperti ikan batu yang kecil kecil dan hidup diantara bebatuan.



2.30 ekosistem air terjun

g. Ekosistem Laut

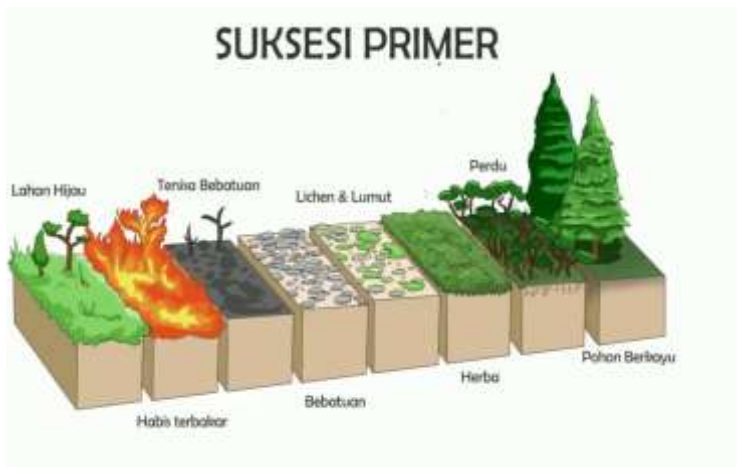
Ekosistem laut merupakan ekosistem laut dalam yaitu 2000 m dibawah permukaan laut. Matahari tidak dapat masuk ke daerah ini. Jenis hewan yang hidup merupakan hewan hewan besar, predator, dan hewan pemakan bangkai. Tumbuhan laut yang tumbuh di daerah ini mulai sedikit dan tidak variatif.

4. Ekosistem Suksesi

Ekosistem suksesi adalah ekosistem yang berkembang setelah terjadi perusakan terhadap ekosistem alami yang terjadi karena peristiwa alami maupun karena kegiatan manusia atau bila ekosistem buatan tidak dirawat lagi dan dibiarkan berkembang sendiri menurut kondisi alam setempat. Ekosistem ini dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu :

a. **Ekosistem Suksesi Primer**

Ekosistem suksesi primer berkembang pada substrat baru seperti permukaan tanah terbuka yang ditinggalkan, tanah longsor atau pemapasan tanah untuk penambangan dan pembuatan jalan, timbunan abu atau lahar yang dimuntahkan letusan gunung berapi, timbunan tanah bekas galian, endapan pasir pantai dan endapan lumpur di tepi danau dan tepi sungai atau muara.



Gambar 2.31 proses terjadinya ekosistem suksesi primer

b. **Ekosistem Suksesi Sekunder**

Ekosistem suksesi sekunder berkembang setelah ekosistem alami rusak total tetapi tidak terbentuk substrat baru yang diakibatkan khususnya oleh kegiatan manusia, seperti penebangan hutan habis-habisan dan pembakaran. Ekosistem ini juga dapat berkembang dari ekosistem buatan yang ditinggalkan yang kemudian berkembang secara alami seperti yang terjadi pada perladangan berpindah atau sistem rotasi yang meninggalkan lahan garapan untuk diberakan setelah dua atau tiga kali panen.



Gambar 2.32 proses pembentukan suksesi sekunder

5. Ekosistem Buatan

Ekosistem buatan ialah suatu ekosistem yang sengaja dibuat dengan bantuan manusia, segala komponen abiotik dan biotiknya sebagian merupakan iut campur dari manusia, sehingga memiliki keragaman yang terbatas dibandingkan dengan ekosistem alami.

D. Interaksi Antar Komponen Ekosistem

Di dalam suatu ekosistem terjadi interaksi baik antara satu komponen biotik dengan komponen abiotik, atau antara sesama komponen biotik, bahkan bisa jadi ada interaksi antara komponen abiotik dengan abiotik yang lainnya . Bentuk interaksi antarkomponen biotik dapat terjadi antarspeises yang sama maupun spesies yang berbeda. Interaksi antara komponen abiotik dengan komponen biotik mengakibatkan terjadinya aliran energi dan daur biogeokimia.

1. Interaksi Antara Komponen Biotik Dengan Abiotik

Ada makhluk hidup yang kebutuhan hidupnya membutuhkan bantuan dari lingkungan hidup sekitarnya. Begitu juga dapat terjadi dengan sebaliknya, makhluk hidup

juga dapat mempengaruhi kondisi tempat ia hidup. Berikut contoh interaksi ini:

- a. Tumbuhan membutuhkan cahaya matahari untuk melakukan proses fotosintesis.
- b. Selain cahaya tumbuhan juga membutuhkan karbondioksida untuk berfotosintesis. Pada saat yang sama tumbuhan juga akan menjaga komposisi udara agar tetap stabil sehingga dapat mendukung makhluk hidup lainnya.

Komponen biotik sangat berpengaruh terhadap komponen abiotik, hal ini terutama kita (manusia) dimana makhluk hidup yang memiliki akal seharusnya menjaga lingkungan kita hidup saat ini bukan sebaliknya (merusak). Hal ini dilakukan agar tidak mengganggu ekosistem dalam bumi yang telah berjalan sehingga keseimbangan ekosistem tidak terganggu.



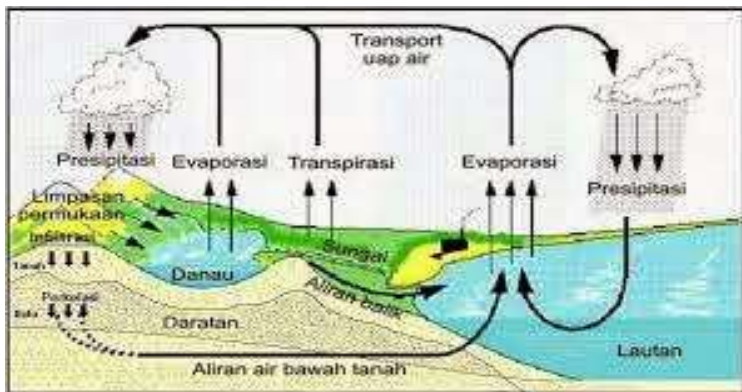
Gambar 2.33 interaksi antar komponen abiotik dan biotik

2. Interaksi Antara Komponen Abiotik Dengan Abiotik

Beberapa orang beranggapan bahwa komponen abiotik tidak bisa melakukan interaksi. Padahal sebaliknya, banyak sekali fenomena-fenomena yang terjadi karena

adanya interaksi antar komponen ini. Salah satu contoh dari interaksi komponen ini adalah:

- a. Aliran laut terbelah, fenomena ini mulai dikenal oleh masyarakat melalui social media. Penelitian telah menjelaskan bahwa hal ini terjadi akibat dari hembusan angin yang terjadi dalam waktu yang lama sehingga menyebabkan air terdorong ke dalam.
- b. Pelangi, tentunya banyak teman-teman telah melihat hal ini. Fenomena ini tentu juga dihasilkan dari interaksi antar komponen abiotik, hal ini terjadi disebabkan karena terjadinya pembelokan cahaya dari air hujan.



Gambar 2.34 interaksi antar komponen abiotic dan abiotic

3. Interaksi Antara Komponen Biotik Dengan Biotik

a. Interaksi Antar Organisme

1) Netralisme

Netralisme adalah interaksi antara dua atau lebih spesies yang masing masing tidak terpengaruh oleh adanya asosiasi. Dalam hal ini tidak ada yang diuntungkan maupun yang dirugikan. Netralisme terjadi antara spesies yang memiliki kebutuhan yang berbeda, misalnya sapi dengan kucing. Sapi mencari rumput sebagai makanannya, sedangkan kucing berburu tikus sebagai makanannya.



Gambar 2.35 interaksi antara kucing dengan ayam bersifat netral karena memiliki tujuan atau kepentingan yang berbeda.

2) Kompetisi (Persaingan)

Kompetisi adalah interaksi antara dua atau lebih spesies yang saling menghalangi. Hal ini terjadi karena masing masing spesies memiliki kebutuhan yang sama. Spesies bersaing memperebutkan sesuatu yang diperlukan untuk hidupnya, misalnya ruang (tempat), makanan, air, sinar matahari, udara, dan pasangan kawin. Persaingan dapat mengakibatkan organisme atau spesies yang kalah bersaing akan mati, tersingkir atau berpindah ke tempat lain. Persaingan dapat terjadi pada organisme yang memiliki *niche* yang sama. *Niche* (relung) suatu organisme adalah posisi suatu organisme dalam ekosistem dan peranan fungsionalnya (bagaimana organisme cocok dengan ekosistem). *Niche* ditentukan oleh habitat dan berbagai fungsi yang dikerjakannya. Semakin besar

kesamaan *niche* dari organisme yang hidup bersama dalam suatu habitat, maka semakin intensif persaingannya. kompetisi (persaingan) dibedakan dua macam, yaitu kompetisi intraspesifik dan kompetisi interspesifik.

- a) **Kompetisi intraspesifik**, yaitu persaingan yang terjadi antara organisme atau individu yang memiliki spesies sama. Contohnya sesama kambing jantan berkelahi untuk memperebutkan pasangan kawinnya.
- b) **Kompetisi interspesifik**, yaitu persaingan yang terjadi antara organisme atau individu yang berbeda spesies. Contohnya tanaman jagung dan rumput yang sama sama tumbuh di ladang.



Gambar 2.36 interaksi kompetisi antara beberapa organisme untuk mendapatkan makanan yang sama.

3) Komensalisme

Komensalisme yaitu interaksi antara dua atau lebih spesies yang salah satu pihak untung, sedangkan pihak lain tidak terpengaruh oleh adanya asosiasi atau tidak dirugikan. Contohnya tumbuhan paku dan anggrek yang hidup menempel pada pohon.



Gambar 2.36 interaksi antar ikan hiu dengan ikan remora. Ikan remora mendapatkan makanan dari sisa makanan di tubuh ikan hiu dan mendapatkan perlindungan sedangkan ikan hiu tidak terganggu

4) Amensialisme

Amensialisme yaitu interaksi antara dua spesies atau lebih yang berakibat salah satu pihak dirugikan, sedangkan pihak yang lainnya tidak terpengaruh oleh adanya asosiasi atau tidak berakibat apa apa (tidak rugi dan tidak untung). Pada banyak kasus, interaksi ini disebabkan oleh fenomena aleopati. **Alelopati** adalah fenomena ketika suatu organisme menghasilkan zat kimia yang memengaruhi pertumbuhan, kelangsungan hidup, dan reproduksi organisme lain di sekitarnya.

Zat kimia yang dihasilkan disebut **alelokimia**. Aelokimia berupa metabolit sekunder yang tidak diperlukan dalam metabolisme organisme alelopati. Contohnya *Nerium oleander* yang menghasilkan racun oleandrin yang bisa mematikan bagi manusia, atau ganggang

Hydrodictyon dan *Scenedesmus* yang menghasilkan antibiotik yang bisa mematikan bakteri tertentu.



Gambar 2.37 tanaman junglans yang menghasilkan zat kimia sehingga tanaman lain tidak bisa tumbuh disekitarnya.

5) Parasitisme

Parasitisme yaitu interaksi antara dua spesies atau lebih yang berakibat salah satu pihak dirugikan, sedangkan pihak yang lain (parasit) beruntung. Parasit memperoleh makanan dari tubuh inang. Bila tubuh inang mati, maka parasit akan mencari inang baru atau ikut mati. Berdasarkan letaknya, parasit dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu parasit internal (endoparasit) dan parasit eksternal (ektoparasit). Contoh endoparasit yaitu *Trichomonas vaginalis* yang hidup di saluran kelamin wanita. Contoh eksoparasit yaitu tumbuhan

tali putri (*Cuscuta* sp.) yang hidup menumpang pada tanaman lain.



Gambar 2.38 tanaman tali putri (*Cuscuta* sp.) yang hidup menumpang pada tanaman lain

6) Predasi (Pemangsaan)

Predasi yaitu interaksi makan memakan antarorganisme. Pada umumnya, tubuh predator berukuran lebih besar daripada mangsa (*prey*). Populasi pemangsa ditentukan oleh ketersediaan mangsa, sebaliknya populasi mangsa ditentukan oleh besar kecilnya populasi predator. Contohnya ular yang menjadi predator tikus.



Gambar 2.39 interaksi pemangsa (macan tutul) dengan yang dimangsa (rusa) akan tetap terjadi jikalau komponen ekosistem stabil

7) Protokooperasi

Protokooperasi yaitu interaksi antara dua spesies atau lebih yang masing masing pihak memperoleh keuntungan, tetapi asosiasi yang terjadi tidak merupakan keharusan. Contohnya kerbau dengan burung jalak. Burung jalak mendapatkan keuntungan berupa kutu sebagai makanannya, namun jalak bisa mendapatkan makanan dari lain. Sementara kerbau mendapatkan keuntungan karena terbebas dari kutu.



Gambar 2.40 Hubungan jalak dengan kerbau disebut interaksi protokooperasi dikarenakan sumber makanan burung jalak tidak hanya kutu yang terdapat di tubuh kerbau

8) Mutualisme

Mutualisme yaitu interaksi antara dua spesies atau lebih yang masing masing pihak memperoleh keuntungan dan saling membutuhkan sehingga asosiasi tersebut merupakan keharusan. Contohnya lichen yang merupakan mutualisme antara jamur dengan Cynobacteria.



Gambar 2.41 lichen merupakan bentuk simbiosis mutualisme antara jamur dengan cynobacteri

b. Interaksi Antar Populasi

Apabila suatu populasi hidup bersama dengan populasi yang lain, maka bisa jadi keduanya saling mempengaruhi atau bisa jadi tidak sama sekali. Interaksi biasa terjadi diantara sesama individu dalam suatu populasi, yang dikenal dengan istilah *interaksi intraspesifik*. Biasanya interaksi ini terjadi dalam memperebutkan sumberdaya sejenis yang keberadaannya terbatas. Kompetisi ini sangat ketat dikarenakan kebutuhan sumberdaya yang diperebutkan diantara individu tersebut sama, dan tidak dapat digantikan dengan yang lainnya.

Sedangkan interaksi yang terjadi antara dua populasi yang berbeda disebut sebagai *interaksi interspesifik*. Secara teoritik dapat dikatakan bahwa populasi dua spesies dapat berinteraksi yang pengaruhnya dapat menguntungkan (+), merugikan (-) atau populasi tersebut tidak berpengaruh (0). Antara populasi yang satu dengan populasi lain selalu terjadi interaksi secara langsung atau tidak langsung dalam komunitasnya. Pengelompokan interaksi antar populasi bisa dilihat seperti penjelasan dibawah ini:

1) Alelopati

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

2) Kompetisi

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

c. Interaksi Antar Komunitas

Komunitas dalam arti ekologi mengacu kepada kumpulan populasi yang terdiri dari spesies yang berlainan, yang menempati suatu daerah tertentu. Setiap komunitas tidak harus menempati daerah yang luas, artinya komunitas dapat mempunyai ukuran berapa pun. Misalnya dalam suatu aquarium yang terdiri dari ikan, siput, *hydrilla* sebagai komponen biotik, serta air, bebatuan sebagai komponen abiotik dapat disebut sebagai suatu komunitas.

Komunitas tumbuhan di daerah trofik biasanya bersifat rumit dan tidak mudah diberi nama menurut satu atau dua spesies yang paling berkuasa sebagaimana yang umum di daerah yang beriklim sedang. Di dalam terdapat bermacam-macam komunitas yang secara garis besar dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

- 1) Komunitas akuatik, komunitas ini misalnya yang terdapat di laut, di danau, di sungai, di parit atau di kolam.
 - 2) Komunitas terrestrial, yaitu kelompok organisme yang terdapat di pekarangan, di hutan, di padang rumput, di padang pasir, dan lain-lain.
- 1) Struktur Komunitas

Struktur yang diakibatkan oleh penyebaran organisme di dalam, dan interaksinya dengan lingkungannya dapat disebut pola. Struktur komunitas dibedakan menjadi struktur fisik

(Struktur fisik suatu komunitas tampak apabila komunitas tersebut diamati) dan biologi (komposisi spesies, kelimpahan individu dalam spesies, perubahan temporal dalam komunitas, hubungan antara spesies dalam suatu komunitas). Dari kedua bentuk struktur komunitas tersebut maka dapat dijelaskan dalam bentuk-bentuk sebagai berikut:

Pertama, kualitatif, seperti komposisi, bentuk hidup, fenologi dan vitalitas. Vitalitas menggambarkan kapasitas pertumbuhan dan perkembangbiakan organisme. Kedua, *kuantitatif*, seperti Frekuensi, densitas dan densitas relatif. Frekuensi kehadiran merupakan nilai yang menyatakan jumlah kehadiran suatu spesies di dalam suatu habitat. Densitas (kepadatan) dinyatakan sebagai jumlah atau biomassa per unit contoh, atau persatuan luas/volume, atau persatuan penangkapan. Ketiga, *Sintesis* adalah proses perubahan dalam komunitas yang berlangsung menuju ke satu arah yang berlangsung lambat secara teratur pasti terarah dan dapat diramalkan.

Suksesi-suksesi terjadi sebagai akibat dari modifikasi lingkungan fisik dalam komunitasnya dan memerlukan waktu. Proses ini berakhir dengan sebuah komunitas atau ekosistem yang disebut klimaks. Dalam tingkat ini komunitas sudah mengalami homeostosis. Menurut konsep mutakhir suksesi merupakan pergantian jenis-jenis pioner oleh jenis-jenis yang lebih mantap yang sangat sesuai dengan lingkungannya.

2) Konsep dan Sifat-Sifat Komunitas

Komunitas secara umum adalah kumpulan populasi makhluk hidup yang saling berinteraksi dan

tinggal di suatu habitat. Banyak beberapa ilmuwan yang menafsirkan dan memberikan pengertian tersendiri mengenai pengertian komunitas. Terdapat 3 konsep yang dapat diterapkan dalam mengamati pola komunitas yaitu :

- a) Konsep Gradasi Komunitas (Community Gradient Coenocline), yaitu konsep yang dinyatakan dalam bentuk populasi.
- b) Konsep Gradasi Lingkungan (Environmental gradient), yang menyangkut sejumlah faktor lingkungan yang berubah secara bersama-sama.
- c) Konsep Gradasi Ekosistem (Ecocline), dalam hal ini kompleks gradasi dan gradasi komunitas membentuk suatu kesatuan sehingga membentuk gradiasi komunitas dan lingkungan

Konsep komunitas cukup jelas, tetapi sering kali pengenalan dan penentuan batas komunitas tidaklah mudah. Meskipun demikian komponen-komponen komunitas ini mempunyai kemampuan untuk hidup dalam lingkungan yang sama di suatu tempat dan untuk hidup saling bergantung yang satu dengan yang lain. Komunitas memiliki derajat kepadatan yang lebih tinggi daripada individu-individu dan populasi tumbuhan serta hewan yang menyusunnya.

Komposisi suatu komunitas ditentukan oleh seleksi tumbuhan dan hewan yang kebetulan mencapai dan mampu hidup di tempat tersebut, dan kegiatan anggota-anggota komunitas ini bergantung pada penyesuaian diri setiap individu terhadap faktor-faktor fisik dan biologi yang ada di tempat tersebut. Cara yang paling baik untuk menamakan komunitas itu adalah dengan mengambil beberapa

sifat yang jelas dan mantap, baik hidup maupun tidak.

Sifat yang dapat dilihat dari suatu komunitas yaitu :

- a) Bentuk atau struktur utama, seperti jenis dominan. Bentuk hidup atau indikator lainnya seperti hutan pinus, hutan aghatis, dan hutan jati. Dapat juga berdasarkan sifat tumbuhan dominan seperti hutan sklerofil.
- b) Berdasarkan habitat fisik dari komunitas seperti komunitas hamparan lumpur, komunitas pantai pasir, dan komunitas lautan.
- c) Berdasarkan sifat-sifat atau tanda-tanda fungsional misalnya tipe metabolisme komunitas.
- d) Berdasarkan sifat lingkungan alam seperti iklim, misalnya terdapat di daerah tropik dengan curah hujan yang terbagi rata sepanjang tahun, maka disebut hutan hujan tropik.

Dari penjelasan diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa 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.

E. Aliran Energi

Aliran Energi dalam Ekosistem adalah proses berpindahnya energi dari suatu tingkat trofik ke tingkat trofik berikutnya yang dapat digambarkan dengan rantai makanan atau dengan piramida biomasa. Ekosistem mempertahankan diri dengan siklus energi dan nutrisi yang diperoleh dari sumber eksternal.

Pada tingkat trofik pertama, produsen primer (tumbuhan, alga, dan beberapa bakteri) menggunakan energi matahari untuk menghasilkan bahan tanaman organik melalui fotosintesis. Hewan herbivora yang makan hanya pada tanaman membuat tingkat trofik kedua. Predator yang memakan herbivora terdiri dari tingkat trofik ketiga, jika predator yang lebih besar hadir, mereka mewakili tingkat trofik lebih tinggi lagi.

Organisme yang makanan pada beberapa tingkat trofik (misalnya, beruang harimau yang memakan rusa) diklasifikasikan pada tingkat trofik tertinggi di mana mereka makan. Dekomposer, yang meliputi bakteri, jamur, jamur, cacing, dan serangga, memecah limbah dan organisme mati dan mengembalikan nutrisi ke dalam tanah.

Rata-rata sekitar 10 persen dari produksi energi bersih pada satu tingkat trofik diteruskan ke tingkat berikutnya. Proses yang pengurangan energi yang ditransfer antara tingkat trofik termasuk respirasi, pertumbuhan dan reproduksi, buang air besar, dan kematian nonpredatory (organisme yang mati tetapi tidak dimakan oleh konsumen). Kualitas gizi bahan yang dikonsumsi juga mempengaruhi seberapa efisien energi ditransfer, karena konsumen dapat mengkonversi sumber

makanan berkualitas tinggi ke jaringan hidup baru yang lebih efisien daripada sumber makanan berkualitas rendah.

Rendahnya transfer energi antara tingkat trofik membuat pengurai umumnya lebih penting daripada produsen dalam hal aliran energi. Dekomposer memproses sejumlah besar bahan organik dan mengembalikan nutrisi ke ekosistem dalam bentuk anorganik, yang kemudian diambil lagi oleh produsen primer. Energi tidak didaur ulang selama proses dekomposisi, melainkan dilepaskan, sebagian besar sebagai panas (ini adalah apa yang membuat tumpukan kompos terasa hangat). Gambar 6 menunjukkan aliran energi (panah gelap) dan nutrisi (panah terang) melalui ekosistem.

Produktivitas primer bruto Sebuah ekosistem (GPP) adalah jumlah total bahan organik yang dihasilkannya melalui fotosintesis. Produktivitas primer bersih (NPP) menggambarkan jumlah energi yang masih tersedia untuk pertumbuhan tanaman setelah dikurangi fraksi yang tanaman digunakan untuk respirasi. Produktivitas dalam ekosistem tanah umumnya naik pada suhu sampai sekitar 30 ° C, setelah itu menurun, dan berkorelasi positif dengan kelembaban. Di darat produktivitas primer demikian tertinggi pada daerah yang hangat, zona basah di daerah tropis di mana bioma hutan tropis berada. Sebaliknya, ekosistem padang pasir semak belukar memiliki produktivitas terendah karena iklim mereka sangat panas dan kering.

Di lautan, cahaya dan nutrisi merupakan faktor penting untuk mengendalikan produktivitas. Cahaya menembus hanya ke tingkat paling atas lautan, sehingga fotosintesis terjadi di perairan permukaan dan dekat permukaan. Produktivitas primer laut yang tinggi di dekat pantai dan daerah lain di mana upwelling membawa nutrisi ke permukaan, mendukung plankton untuk mekar. Limpasan dari tanah juga merupakan sumber nutrisi di muara dan sepanjang ambalan kontinental. Di antara ekosistem perairan, tempat kediaman alga, dan terumbu

karang memiliki produksi primer bersih tertinggi, sedangkan harga terendah terjadi di tempat terbuka karena kurangnya nutrisi di lapisan permukaan yang diterangi.

Berapa banyak tingkat trofik dapat dukungan ekosistem? Jawabannya tergantung pada beberapa faktor, termasuk jumlah energi yang memasuki ekosistem, kehilangan energi antara tingkat trofik, dan bentuk, struktur, dan fisiologi organisme di tiap tingkat. Pada tingkatan yang lebih tinggi, predator umumnya secara fisik lebih besar dan mampu memanfaatkan sebagian kecil dari energi yang dihasilkan pada tingkat di bawah mereka, sehingga mereka harus mencari makan di daerah yang semakin besar untuk memenuhi kebutuhan kalori mereka.

Karena kekalahan energi tersebut, umumnya ekosistem terestrial tidak lebih dari lima tingkat trofik, dan ekosistem laut umumnya memiliki tidak lebih dari tujuh. Perbedaan antara ekosistem darat dan laut kemungkinan karena perbedaan karakteristik mendasar dari tanah dan organisme primer laut. Dalam ekosistem laut, fitoplankton yang berukuran mikroskopik melaksanakan sebagian besar fotosintesis yang terjadi, sedangkan tanaman melakukan sebagian besar pekerjaan ini di darat. Fitoplankton adalah organisme kecil dengan struktur yang sangat sederhana, sehingga sebagian besar produksi utama mereka dikonsumsi dan digunakan untuk energi oleh organisme merumput yang memakannya. Sebaliknya, sebagian besar dari biomassa yang diproduksi tanaman darat, seperti akar, batang, dan cabang, tidak dapat digunakan oleh herbivora untuk makanan, jadi kurang proporsional dari energi yang diperbaiki melalui produksi primer yang berjalan dalam rantai makanan.

Tingkat pertumbuhan juga bisa menjadi faktor penyebab. Fitoplankton sangat kecil tapi tumbuh sangat cepat, sehingga mereka mendukung populasi besar herbivora

meskipun mungkin ada ganggang lebih sedikit daripada herbivora pada saat tertentu. Sebaliknya, tanaman darat memerlukan waktu bertahun-tahun untuk mencapai kematangan, sehingga atom karbon rata-rata menghabiskan waktu tinggal lebih lama di tingkat produsen utama di darat daripada yang dilakukannya dalam ekosistem laut. Selain itu, biaya pergerakan umumnya lebih tinggi bagi organisme terestrial dibandingkan dengan yang ada di lingkungan perairan.

Cara termudah untuk menggambarkan aliran energi melalui ekosistem adalah dengan rantai makanan di mana energi berpindah dari satu tingkat trofik ke depan, tanpa anjak dalam hubungan yang lebih kompleks antara spesies individu. Beberapa ekosistem yang sangat sederhana dapat terdiri dari rantai makanan dengan hanya beberapa tingkat trofik. Misalnya, ekosistem terencil angin yang menyapu Taylor di Lembah Antartika sebagian besar terdiri dari bakteri dan ganggang yang umumnya dimakan oleh cacing nematoda, bagaimanapun, produsen dan konsumen yang terhubung dalam jaring makanan yang rumit pada beberapa konsumen makan di beberapa tingkat trofik.

Sebuah konsekuensi penting dari kehilangan energi antara tingkat trofik adalah bahwa kontaminan mengumpul pada hewan jaringan-proses yang disebut bioakumulasi. Saat kontaminan bioakumulasi berada pada jaring makanan, organisme di tingkat trofik yang lebih tinggi dapat terancam bahkan jika polutan dimasukkan ke lingkungan dalam jumlah yang sangat kecil.

Insektisida DDT, yang banyak digunakan di Amerika Serikat dari tahun 1940 hingga 1960-an, adalah kasus terkenal dari bioakumulasi. DDT menumpuk pada elang sampai raptor lainnya ke tingkat yang cukup tinggi untuk mempengaruhi reproduksi mereka, menyebabkan burung bertelur dengan

cangkang yang tipis sehingga mudah pecah di sarang mereka. Untungnya, populasi telah pulih selama beberapa dekade sejak pestisida ini dilarang di Amerika Serikat. Namun, masalah tetap ada di beberapa negara berkembang di mana pestisida yang menyebabkan bioakumulasi beracun masih digunakan.

Bioakumulasi dapat mengancam manusia maupun hewan. Sebagai contoh, di Amerika Serikat banyak lembaga federal dan negara saat ini memperingatkan konsumen untuk menghindari atau membatasi konsumsi ikan predator besar yang mengandung kadar merkuri yang tinggi, seperti hiu, ikan todak, tilefish, dan king mackerel, untuk menghindari risiko kerusakan saraf dan cacat lahir.

1. Rantai Makanan

Adanya rantai makanan menunjukkan bahwa energi akan selalu berpindah dari organisme satu ke organisme selanjutnya yang sumber utamanya adalah energi matahari. Perpindahan energi ini sesuai dengan hukum termodinamika dan ini menunjukkan bahwa ada interaksi antar organisme, baik dengan sesama organisme atau juga dengan faktor abiotik. Di dalam ekosistem pada umumnya terdapat dua bentuk utama dari rantai makanan yaitu pertama, *grazing food chain*, biasanya terdapat pada ekosistem terestrial dan perairan dangkal di karenakan tingginya “standing crop” dan produksi primer yang dipanen secara relatif rendah. Kedua, *deterial food chain*, biasanya terdapat pada ekosistem akuatik sungai yang tidak dangkal.

Rantai makanan adalah proses perpindahan energi dengan proses makan dan dimakan sesuai dengan urutan dari tingkatan trofik organisme di dalam suatu ekosistem. Di dalam proses makan dimakan atau rantai makanan kedudukan dari organisme berbeda-beda sesuai dengan

perannya. Adapun kedudukan setiap organisme sebagai berikut:

a. Produsen

Makhluk hidup yang fungsinya sebagai produsen biasanya diisi oleh organisme yang memiliki klorofil sehingga bisa melakukan aktifitas fotosintesis yang memanfaatkan energi matahari dan karbon dioksida untuk menghasilkan karbohidrat, oksigen, dan air yang bisa dimanfaatkan oleh organisme lain. Contoh organisme yang kedudukannya sebagai produsen adalah tumbuhan hijau, alga, dan cyanobacteria.

b. Konsumen

Organisme yang mengisi kedudukan sebagai konsumen adalah organisme yang mendapatkan energi atau makanan dari makhluk hidup lain dikarenakan organisme ini tidak bisa melakukan proses fotosintesis (*heterotrof*). Berdasarkan jenis organisme yang dimakannya, konsumen bisa dibedakan menjadi beberapa tingkatan, sebagai berikut:

1) Konsumen Primer atau Konsumen Tingkat 1

Organisme yang menempati posisi sebagai konsumen primer adalah organisme yang memakan produsen/tumbuhan (*herbivora*), seperti tikus, belalang, rusa, sapi, dan lain sebagainya.

2) Konsumen Sekunder atau Konsumen Tingkat 2

Organisme yang menempati sebagai konsumen sekunder adalah organisme yang memakan konsumen primer atau konsumen tingkat pertama (*karnivora*), seperti : ular, burung pemakan serangga, dan lain sebagainya.

3) Konsumen Tersier atau Konsumen Puncak

Konsumen puncak adalah organisme yang memakan organisme lain dan tidak ada yang

memakan konsumen puncak tersebut, kecuali konsumen puncak tersebut mati maka akan diuraikan oleh dekomposer, seperti : singa, harimau, elang, dan lain sebagainya.

c. Dekomposer

Di dalam rantai makanan kita tidak hanya menemukan organisme yang kedudukannya sebagai produsen atau konsumen saja tetapi kita juga akan menemukan organisme yang kedudukannya sebagai pengurai atau bisa juga disebut dengan *dekomposer*. Pengurai ialah organisme terakhir yang ada pada rantai makanan. Hal ini dikarenakan pengurai memiliki kemampuan yang bisa mengubah zat organik menjadi zat tidak organik.

Fungsi dari dekomposer ini nantinya akan menguraikan bangkai atau bisa juga tumbuhan yang sudah mati dan kemudian mengembalikan lagi nutrisinya ke dalam tanah. Hingga pada akhirnya akan digunakan untuk *berfotosintesis* oleh tanaman yang ada di sekitarnya, setelah itu, maka siklus rantai makanan akan dimulai lagi dari awal.

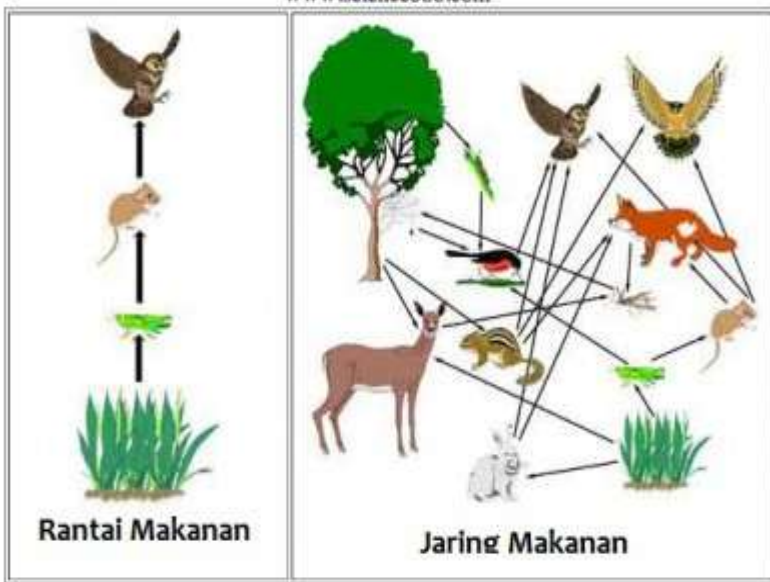
Adapun beberapa contoh pengurai yang paling sering disebutkan ialah bakteri dan juga jamur pengurai. Kedua makhluk ini memang di kehidupan sehari-hari manusia dianggap tidak terlalu penting. Namun jika sudah memahami lebih jauh tentang rantai makanan ini, barulah dipahami tentang bagaimana pentingnya ia dalam sebuah ekosistem.

2. Jaring-jaring Makanan

Jaring-jaring makanan merupakan gabungan dari beberapa rantai makanan yang siklusnya saling berhubungan. Oleh karena itu, bisa disimpulkan bahwa

rantai makanan adalah bagian dari jaring-jaring makanan dalam cakupan yang lebih luas lagi. Adapun yang membedakan rantai makanan dengan jaring-jaring makanan adalah organisme yang terkumpul pada jaring-jaring makanan mempunyai beberapa jenis organisme yang dapat dipilih menjadi makanannya.

Sedangkan pada rantai makanan, organisme yang menjadi konsumen hanya memiliki satu pilihan makanan saja. Meskipun tersedia beberapa, tapi jumlahnya lebih sedikit dibandingkan dengan organisme yang ada pada jaring-jaring makanan.



Gambar 2.42 perbandingan rantai makanan dan jaring-jaring makanan

Pada gambar diatas bisa kita perhatikan bahwa rantai makanan hanya terdapat satu rantai contohnya jenis organisme yang kedudukannya sebagai konsumen tingkat satu hanya terdapat satu macam yaitu belalang, jadi konsumen tingkat dua (tikus) hanya memiliki satu jenis

makanan yaitu belalang. Andaikata organisme yang terdapat pada rantai makanan itu penuh atau habis makan akan terjadi kerusakan pada rantai makanan tersebut (berpengaruh).

Sedangkan pada gambar jaring-jaring makanan jikalau kita perhatikan organisme yang kedudukannya sebagai konsumen tingkat pertama ditempati oleh beberapa jenis organisme seperti : kelinci, rusa, burung pemakan buah, tupai, dan belalang, dikarenakan produsennya juga terdiri dari beberapa jenis yaitu rumput dan pohon berbuah. Hal ini berdampak dari konsumen tingkat duanya juga memiliki beberapa organisme seperti tikus, burung pemakan serangga, elang, dan rubah. Semisal kelinci penuh tidak akan berdampak sangat besar terhadap kelangsungan hidup organisme lain contohnya walaupun kelinci penuh elang masih bisa memakan tikus, atau tupai. Demikianlah perbedaan antara rantai makanan dan jaring-jaring makanan.

3. Piramida Ekologi

Struktur kedudukan tiap tingkatan trofik di dalam ekosistem bisa tergambarkan dalam bentuk piramida-piramida ekologi. Piramida ekologi adalah diagram yang menggambarkan bagaimana faktor yang penting secara ekologis, seperti energi, dan biomassa. Dalam kalimat lain piramida ekologi adalah diagram yang menggambarkan bagaimana faktor yang penting secara ekologis, seperti energi, biomassa, dan ukuran populasi, bervariasi antara tingkat trofik dalam suatu ekosistem.

Secara tradisional, diagram ini menempatkan produsen primer (organisme fotosintesis seperti tanaman) di bagian bawah dan tingkat trofik tertinggi di bagian atas diagram. Ukuran porsi diagram yang terkait dengan setiap tingkat trofik menggambarkan jumlah energi, biomassa,

atau jumlah individu yang ditemukan di setiap tingkat trofik.

Adapun bentuk-bentuk dari piramida-piramida ekologi sebagai berikut:

a. Piramida Jumlah

Piramida jumlah / populasi menggambarkan jumlah organisme dalam sebuah ekosistem. Elton (1972) yang menemukan teori ini mengatakan bahwa binatang yang menempati tingkat trofik yang lebih rendah, jumlahnya lebih banyak dibanding dengan binatang yang menempati tingkat trofik yang lebih tinggi. Dasar piramida ini digambarkan oleh produsen yang sangat banyak dan jumlah organisme menurun cepat sampai tinggal beberapa individu karnivora puncak.

Organisme di tingkat trofik pertama biasanya paling melimpah, sedangkan organisme di tingkat trofik kedua, ketiga, dan selanjutnya makin berkurang. Dapat dikatakan bahwa pada kebanyakan komunitas normal, jumlah tumbuhan selalu lebih banyak daripada organisme herbivora. Demikian pula jumlah herbivora selalu lebih banyak daripada jumlah karnivora tingkat 1. Karnivora tingkat 1 juga selalu lebih banyak daripada karnivora tingkat 2. Piramida jumlah dibuat berdasarkan jumlah organisme di tiap tingkat trofik.

Ekosistem yang sehat ialah jumlah perbandingan organisme di tingkat trofik bawah harus lebih besar dibanding organisme pada tingkat trofik selanjutnya, sehingga membentuk piramida.



Gambar 2.43 piramida jumlah

b. Piramida Biomassa

Piramida biomassa yaitu suatu piramida yang 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.

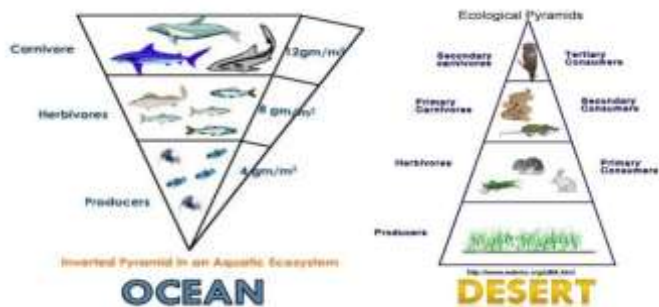
Penggunaan piramida jumlah sering menemui kesulitan, di antaranya jika kita membandingkan dua ekosistem yang berbeda dengan menghitung berapa jumlah binatang dan tumbuhan yang mendukung ekosistem itu? Kesulitan lain, terasa kurang informatif jika kita menyamakan ganggang sebagai pohon (produsen) atau menyamakan gajah dengan udang-udangan (herbivora). Untuk mengetahui kesulitan itu,

maka sering digunakan piramida biomassa. Biomassa adalah berat kering suatu organisme.

Untuk mengukur biomassa di tiap tingkat trofik, maka rata-rata berat organisme di tiap tingkat harus diukur kemudian jumlah organisme di tiap tingkat diperkirakan. Piramida biomassa berfungsi untuk menggambarkan perpaduan massa seluruh organisme di habitat tertentu yang diukur dalam gram. Untuk menghindari kerusakan habitat, biasanya hanya diambil sedikit sampel dan diukur, kemudian total seluruh biomassa dihitung. Dengan pengukuran seperti ini akan didapat informasi yang lebih akurat tentang apa yang terjadi pada ekosistem.

Ada dua jenis piramida biomassa yakni :

- 1) Piramida tegak yaitu piramida yang massa gabungan dari semua produsen lebih besar daripada massa gabungan dari setiap tingkatan konsumennya. Piramida tegak biasanya menggambarkan suatu ekosistem darat
- 2) Piramida Terbalik yaitu jenis piramida yang menggambarkan massa gabungan dari produsen-produsennya yang lebih kecil dari massa gabungan dari konsumennya. Contoh dari piramida ini yakni ekosistem perairan.



Gambar 2.44 pembagian piramida biomassa

c. Piramida Energi

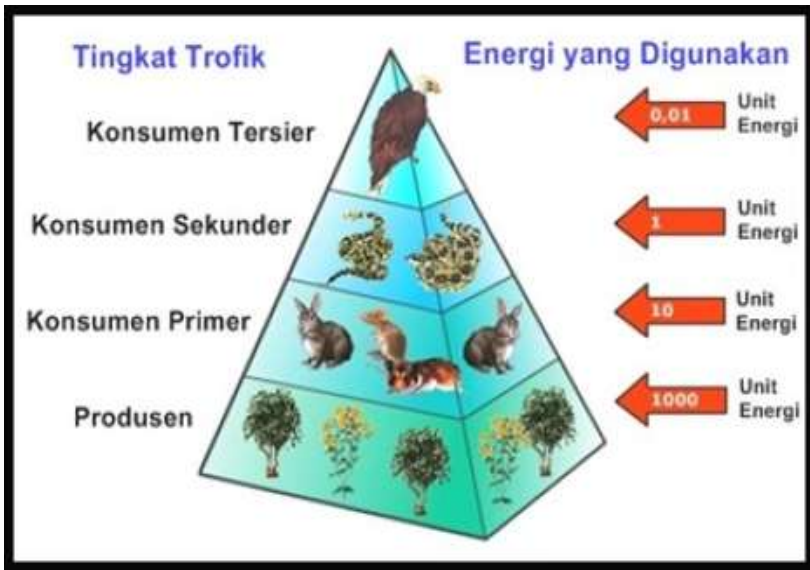
Piramida energi adalah piramida yang menggambarkan perpindahan energi pada tingkat trofik ke tingkat trofik berikutnya. Dalam piramida energi menunjukkan bahwa aliran energi yang diterima organisme akan menurun pada tingkat trofik berikutnya. Dengan demikian, produsen mendapat energi yang paling banyak dan akan menurun ke konsumen primer, sekunder, tersier dan seterusnya.

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

- 1) Hanya sejumlah makanan tertentu yang ditangkap dan dimakan oleh tingkat trofik selanjutnya.
- 2) Beberapa makanan yang dimakan tidak bisa dicerna dan dikeluarkan sebagai sampah.
- 3) Hanya sebagian makanan yang dicerna menjadi bagian dari tubuh organisme, sedangkan sisanya digunakan sebagai sumber energi.

Dari ketiga tipe piramida ekologi, piramida energi dianggap merupakan model piramida yang terbaik. Berikut alasannya :

1. Tidak dipengaruhi oleh ukuran organisme dan kecepatan metabolisme organisme.
2. Menunjukkan efisiensi ekologi atau produktivitas ekosistem
3. Dapat memberikan gambaran yang berkaitan dengan sifat fungsional suatu ekosistem.



Gambar 2.45 pembagian piramida energi bahwa menyatakan bahwa aliran energi yang diterima organisme akan menurun pada tingkat trofik berikutnya

F. Siklus Biogeokimia

Siklus memiliki arti adalah perputaran, sedangkan biogeokimia terdiri dari tiga cabang ilmu pengetahuan yang terkait, yaitu biologi, geografi dan kimia. Secara umum siklus biogeokimia adalah perputaran unsur-unsur kimia dari lingkungan menuju ke faktor biotik ekosistem kemudian kembali lagi ke lingkungan, proses ini terjadi tidak terbatas dan berulang-ulang selama kehidupan masih ada.

Siklus biogeokimia melibatkan faktor biologi, geological dan kimia dan ada sirkulasi nutrisi kimia seperti oksigen, karbon, nitrogen, fosfor, kalsium dan air, dan lain sebagainya mereka termasuk dunia fisik dan biologis, itulah sebabnya dinamakan dengan siklus biogeokimia. Sebagai dampak dari unsur-unsur yang didaur ulang, dalam beberapa siklus unsur mendapatkan akumulasi untuk jangka waktu yang panjang dan akan terbentuk waduk seperti laut atau danau.

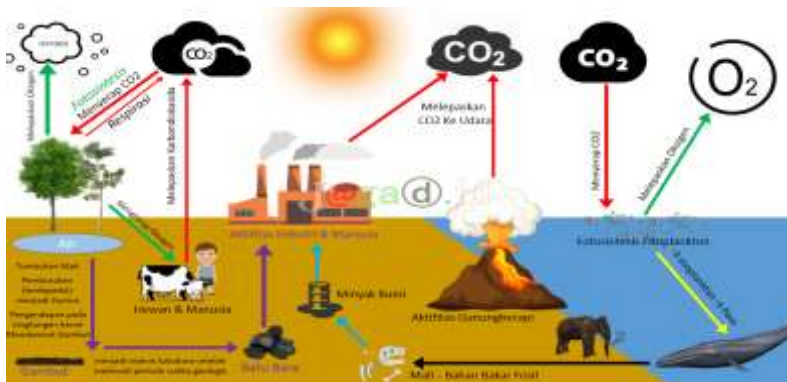
Secara umum siklus biogeokimia terbagi menjadi beberapa jenis, yaitu:

1. Siklus Karbon / Oksigen

Siklus karbon adalah sirkulasi dan transformasi karbon bolak-balik antara makhluk hidup dan lingkungan. Selama siklus karbon, hewan dan tumbuhan menambahkan karbon dioksida ke atmosfer melalui respirasi sel, dan tanaman menghilangkan karbon dioksida melalui fotosintesis.

Proses timbal balik fotosintesis dan respirasi seluler bertanggung jawab atas perubahan dan pergerakan utama karbon. Naik turunnya CO₂ dan O₂ atmosfer secara musiman disebabkan oleh penurunan aktivitas Fotosintetik. Dalam skala global kembalinya CO₂ dan O₂ ke atmosfer melalui respirasi hampir menyeimbangkan pengeluarannya melalui fotosintesis.

Akan tetapi pembakaran kayu dan bahan bakar fosil menambahkan lebih banyak lagi CO₂ ke atmosfer. Sebagai akibatnya jumlah CO₂ di atmosfer meningkat. CO₂ dan O₂ atmosfer juga berpindah masuk ke dalam dan ke luar sistem akuatik, dimana CO₂ dan O₂ terlibat dalam suatu keseimbangan dinamis dengan bentuk bahan anorganik lainnya.



Gambar 2.46 siklus perputaran antara karbon dan oksigen

2. Siklus Air

Siklus air atau siklus hidrologi adalah sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali lagi ke atmosfer melalui proses kondensasi, presipitasi, evaporasi, dan transpirasi. Pemanasan air samudera oleh sinar matahari merupakan kunci proses siklus hidrologi dapat berjalan secara kontinu. Air berevaporasi kemudian jatuh sebagai presipitasi dalam bentuk hujan, salju, hujan es, hujan salju bercampur es (sleet), hujan gerimis, atau kabut.

Air di atmosfer berada dalam bentuk uap air. Uap air berasal dari air di daratan dan laut yang menguap karena panas cahaya matahari. Sebagian besar uap air di atmosfer berasal dari laut karena laut mencapai tigaperempat luas permukaan bumi. Uap air di atmosfer terkondensasi menjadi awan yang turun ke daratan dan laut dalam bentuk hujan. Air hujan di daratan masuk ke dalam tanah membentuk air permukaan tanah dan air tanah. Tumbuhan darat menyerap air yang ada di dalam tanah. Dalam tubuh tumbuhan air mengalir melalui suatu pembuluh. Kemudian melalui transpirasi uap air dilepaskan oleh tumbuhan ke atmosfer. Transpirasi oleh tumbuhan mencakup 90% penguapan pada ekosistem darat.

Hewan memperoleh air langsung dari air permukaan serta dari tumbuhan dan hewan yang dimakan, sedangkan manusia menggunakan sekitar seperempat air tanah. Sebagian air keluar dari tubuh hewan dan manusia sebagai urin dan keringat. Air tanah dan air permukaan sebagian mengalir ke sungai, kemudian ke danau dan ke laut. Siklus ini disebut Siklus Panjang. Sedangkan siklus yang dimulai dengan proses Transpirasi dan Evapotranspirasi dari air yang terdapat di permukaan bumi, lalu diikuti oleh

Presipitasi atau turunnya air ke permukaan bumi disebut Siklus Pendek.

Pada perjalanan menuju bumi, beberapa persen dapat berevaporasi kembali ke atas atau langsung jatuh ke bumi yang kemudian ditangkap oleh tanaman sebelum mencapai tanah. Setelah mencapai tanah, siklus hidrologi tersebut bergerak secara kontinu dalam tiga cara berbeda, yaitu:

a. Evaporasi

Air yang ada di laut, di daratan, di sungai, di tanaman, dan di tempat-tempat lain akan menguap ke atmosfer dan kemudian akan menjadi awan. Pada keadaan jenuh awan uap air tersebut akan menjadi bintik-bintik air yang selanjutnya akan turun (precipitation) dalam bentuk hujan, salju, es, dan lain-lain.

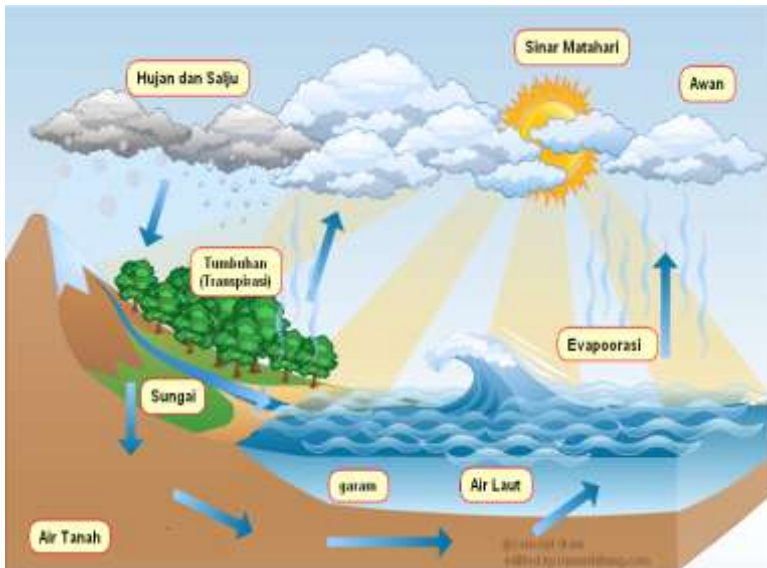
b. Infiltrasi/perkolasi

Air bergerak ke dalam tanah melalui celah-celah dan pori-pori tanah dan batuan menuju permukaan tanah. Air dapat bergerak akibat aksi kapiler atau secara vertical dan horizontal di bawah permukaan tanah hingga air tersebut memasuki kembali sistem air permukaan.

c. Air permukaan

Air bergerak di atas permukaan tanah di dekat aliran utama dan danau. Makin landai lahan dan makin sedikit pori-pori tanah, maka aliran permukaan semakin besar. Aliran permukaan tanah dapat dilihat pada daerah urban (perkotaan). Sungai-sungai kecil bergabung dan membentuk sungai utama yang membawa seluruh air permukaan disekitar aliran sungai menuju laut. Proses perjalanan air di daratan terjadi dalam komponen-

komponen yang membentuk sistem DAS (Daerah Aliran Sungai).



Gambar 2.47 siklus perputaran air di lapisan kehidupan (biosfer)

3. Siklus Nitrogen

Beberapa jenis bakteri yang dapat menambat nitrogen terdapat pada akar leguminosae atau juga tanaman kacang-kacangan. Siklus nitrogen merupakan proses pembentukan dan penguraian nitrogen sebagai sumber protein utama di alam. Nitrogen menjadi penyusun utama protein dan sangat diperlukan oleh tumbuhan dan hewan dalam jumlah besar. Nitrogen diperlukan tumbuhan dalam bentuk terikat (ikatan suatu senyawa dengan unsur lain). Nitrogen bebas dapat difiksasi (di ikat) di dalam tanah oleh bakteri yang bersifat simbiotik dan dapat mengikat protein jika bekerjasama dengan akar tumbuhan polong, yang mempunyai bintil akar, rumput tropik, dan beberapa jenis ganggang.

Selain itu terdapat bakteri dalam tanah yang dapat memikat nitrogen secara langsung, seperti *acetobacter* sp yang bersifat aerob dan *clostridium* sp. yang bersifat anaerob. Selain itu, terdapat beberapa jenis spesies ganggang biru yang dapat menambat nitrogen, antara lain *nostoc* sp. dan *anabaena* sp.

Tumbuhan memperoleh nitrogen di dalam tanah berupa amonia (NH_3), ion nitrit (NO_2^-), dan ion nitrat (NO_3^-). Dalam tanah nitrogen terdapat dalam organik tanah di berbagai tahap pembusukan, namun belum dapat dimanfaatkan tumbuhan. Nitrogen yang dimanfaatkan tumbuhan biasanya terikat dalam bentuk ammonium dan (NH_4^+) ion nitrat (NO_3^-).

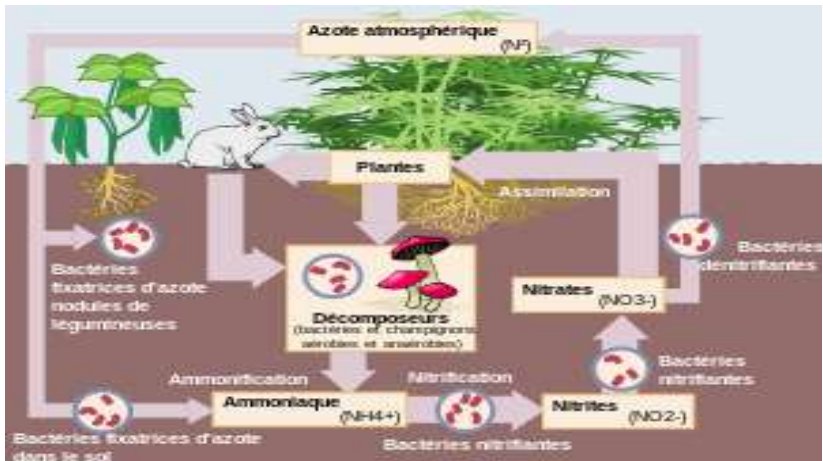
Amonia diperoleh dari hasil penguraian jaringan yang mati dan oleh bakteri. Amonia ini dapat dinitrifikasi oleh bakteri nitrit, yaitu nitrosomonas dan nitrosococcus menjadi NO_2^- . Selanjutnya oleh bakteri denitrifikasi, yaitu pseudomonas denitrifikasi, nitrat diubah kembali menjadi amonia dan amonia diubah kembali menjadi nitrogen yang dilepas bebas ke udara. Dengan cara ini siklus nitrogen akan berulang dalam ekosistem.

Nitrat sangat mudah larut dalam tanah, sehingga cepat hilang karena proses pembusukan. Taraf ketersediaan nitrogen dalam tanah tergantung pada banyaknya bahan organik, populasi zat-zat renik, dan tingkat pembasuhan tanah oleh air. Dalam keadaan alami terjadi keseimbangan antara laju pertumbuhan dan gaya-gaya yang menentukan penyediaan nitrogen dalam tanah. Proses pemanenan menyebabkan sejumlah besar nitrogen terikat hilang akibat tanah mengalami pembasuhan oleh gerak aliran air dan kegiatan jasad renik. Selain itu nitrogen terikat juga hilang, karena diambil oleh bakteri pengubah nitrat menjadi

nitrogen. Hal ini menyebabkan pertanian intensif sangat tergantung pada tambahan pupuk nitrogen.

Bakteri penghasil ion nitrit dan nitrat bersifat autotrof dan aerob, sehingga kehidupannya dipengaruhi oleh aerosotama, suhu, dan kandungan air dalam tanah. Sementara itu proses perubahan nitrit menjadi nitrogen. Nitrogen terdapat di alam terutama sebagai dinitrogen, N_2 (titik didih 77,3 K). Gas nitrogen banyak terdapat di atmosfer, yaitu 80% dari udara. Nitrogen bebas dapat ditambat/difiksasi terutama oleh tumbuhan yang berbintil akar (misalnya jenis polongan) dan beberapa jenis ganggang. Nitrogen bebas juga dapat bereaksi dengan hidrogen atau oksigen dengan bantuan kilat/petir. Tumbuhan memperoleh nitrogen dari dalam tanah berupa amonia (NH_3), ion nitrit (NO_2^-), dan ion nitrat (NO_3^-).

Beberapa bakteri yang dapat menambat nitrogen yang dijelaskan di atas setelah menambat nitrogen kemudian nitrogen yang diikat biasanya dalam bentuk amonia. Amonia diperoleh dari hasil penguraian jaringan yang mati oleh bakteri. Amonia ini akan dinitrifikasi oleh bakteri nitrit, yaitu *Nitrosomonas* dan *Nitrosococcus* sehingga menghasilkan nitrat yang akan diserap oleh akar tumbuhan. Selanjutnya oleh bakteri denitrifikan, nitrat diubah menjadi amonia kembali, dan amonia diubah menjadi nitrogen yang dilepaskan ke udara. Dengan cara ini siklus nitrogen akan berulang dalam ekosistem.



Gambar 2.48 siklus nitrogen

4. Siklus Fosfor

Fosfor merupakan elemen penting dalam kehidupan karena semua makhluk hidup membutuhkan posfor dalam bentuk ATP (Adenosin Tri Fosfat), sebagai sumber energi untuk metabolisme sel. Fosfor terdapat di alam dalam bentuk ion fosfat (PO_4^{3-}). Ion Fosfat terdapat dalam bebatuan. Adanya peristiwa erosi dan pelapukan menyebabkan fosfat terbawa menuju sungai hingga laut membentuk sedimen. Adanya pergerakan dasar bumi menyebabkan sedimen yang mengandung fosfat muncul ke permukaan.

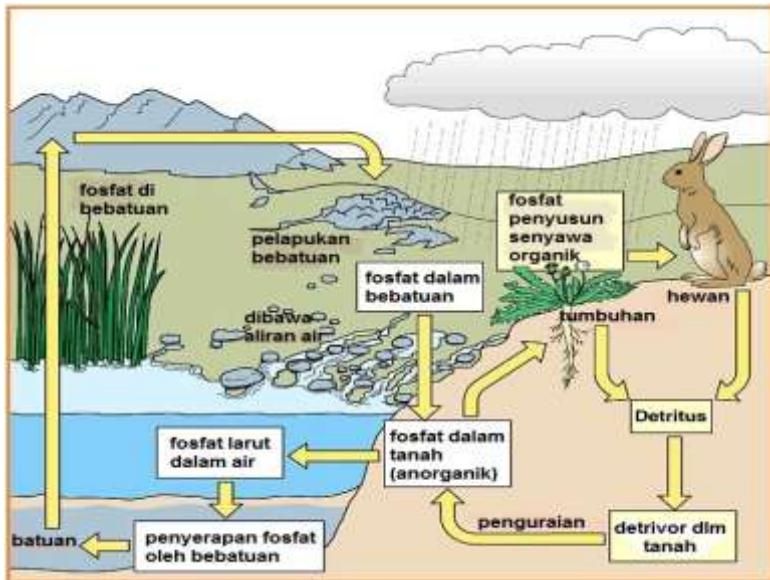
Di darat tumbuhan mengambil fosfat yang terlarut dalam air tanah Herbivora mendapatkan fosfat dari tumbuhan yang dimakannya dan karnivora mendapatkan fosfat dari herbivora yang dimakannya. Seluruh hewan mengeluarkan fosfat melalui urin dan feses. Bakteri dan jamur mengurai bahan-bahan anorganik di dalam tanah lalu melepaskan pospor kemudian diambil oleh tumbuhan.

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

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

Siklus fosfor, bersifat kritis karena fosfor secara umum merupakan unsur hara yang terbatas dalam ekosistem. Tidak ada bentuk gas dari fosfor yang stabil, oleh karena itu siklus fosfor adalah “endogenik”. Dalam geosfer, fosfor terdapat dalam jumlah besar dalam mineral-mineral yang sedikit sekali larut seperti hidroksiapilit, garam kalsium.

Fosfor terlarut dari mineral-mineral fosfat dan sumber-sumber lainnya, seperti pupuk fosfat, diserap oleh tanaman dan tergabung dalam asam nukleat yang menyusun material genetik dalam organisme. Mineralisasi dari biomassa oleh pembusukan/penguraian mikroba mengembalikan fosfor kepada larutan garamnya yang kemudian dapat mengendap sebagai bahan mineral. Sejumlah besar dari mineral-mineral fosfat digunakan sebagai bahan pupuk, industri kimia, dan “food additives”. Fosfor merupakan salah satu komponen dari senyawa-senyawa sangat toksik, terutama insektisida organofosfat.



Gambar 2.49 siklus fosfor

5. Siklus Belerang (Sulfur)

Siklus belerang relative kompleks dimana melibatkan berbagai macam gas, mineral-mineral yang sukar larut dan beberapa sepsis lainnya dalam larutan. Siklus ini berkaitan dengan siklus oksigen dimana belerang bergabung dengan oksigen membentuk gas belerang oksida, SO_2 , sebagai bahan pencemar air. Diantara spesi-spesi yang secara signifikan terlihat dalam siklus belerang adalah gas hydrogen sulfide H_2S ; mineral-mineral sulfide seperti PbS ; asam sulfat H_2SO_4 ; belerang oksida, SO_2 komponen utama dari hujan asam; dan belerang yang terikat dalam protein. Hujan asam didefinisikan sebagai segala macam hujan dengan pH di bawah 5,6. Hujan secara alami bersifat asam (pH sedikit di bawah 6) karena karbondioksida (CO_2) di udara yang larut dengan air hujan memiliki bentuk sebagai asam lemah. Jenis asam dalam hujan ini sangat bermanfaat karena membantu melarutkan mineral dalam tanah yang dibutuhkan oleh tumbuhan dan binatang.

Hujan asam disebabkan oleh belerang (sulfur) yang merupakan pengotor dalam bahan bakar fosil serta nitrogen di udara yang bereaksi dengan oksigen membentuk sulfur dioksida dan nitrogen oksida. Zat-zat ini berdifusi ke atmosfer dan bereaksi dengan air untuk membentuk asam sulfat dan asam nitrat yang mudah larut sehingga jatuh bersama air hujan. Air hujan yang asam tersebut akan meningkatkan kadar keasaman tanah dan air permukaan yang terbukti berbahaya bagi kehidupan ikan dan tanaman.

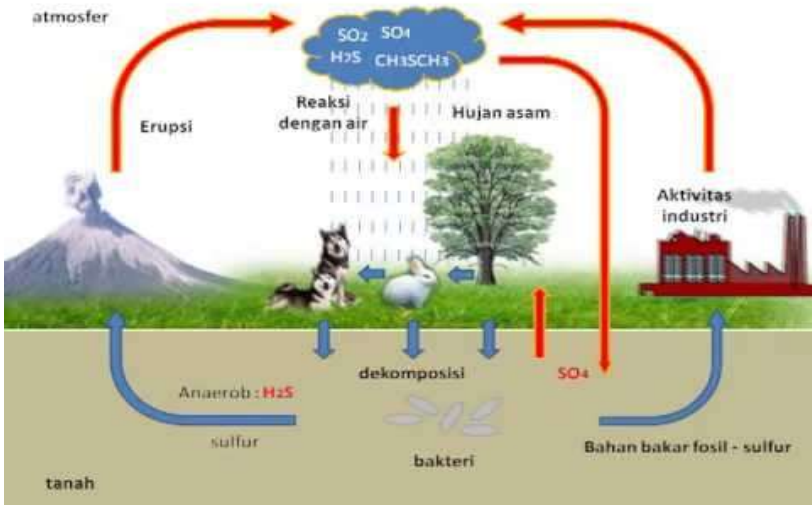
Belerang dari daratan cenderung terbawa air ke laut. Namun belerang di daratan tak tampak habis setelah jutaan tahun. Kapan belerang kembali ke darat itulah pertanyaan yang sering muncul di dalam pikiran kita. Jawabannya masih sekarang belum ada buktinya, dikarenakan ada ilmuwan yang mengatakan melalui penguapan akan tetapi belum ada bukti kalau air laut melakukan proses penguapan hidrogen sulfida.

Pada kenyataannya adalah sulfur terdapat dalam bentuk sulfat anorganik. Sulfur direduksi oleh bakteri menjadi sulfida dan kadang-kadang terdapat dalam bentuk sulfur dioksida atau hidrogen sulfida. Hidrogen sulfida ini seringkali mematikan mahluk hidup di perairan dan pada umumnya dihasilkan dari penguraian bahan organik yang mati.

Tumbuhan menyerap sulfur dalam bentuk sulfat (SO_4).

Perpindahan sulfat terjadi melalui proses rantai makanan, lalu semua mahluk hidup mati dan akan diuraikan komponen organiknya oleh bakteri. Beberapa jenis bakteri terlibat dalam daur sulfur, antara lain *Desulfomaculum* dan *Desulfibrio* yang akan mereduksi sulfat menjadi sulfida dalam bentuk hidrogen sulfida (H_2S). Kemudian H_2S digunakan bakteri fotoautotrof anaerob seperti *Chromatium*

dan melepaskan sulfur dan oksigen. Sulfur di oksidasi menjadi sulfat oleh bakteri kemolitotrof seperti Thiobacillus.



Gambar 2.50 siklus sulfur (belerang)

BAB III

KINGDOM PLANTAE

Dunia tumbuhan mudah dikenali, karena tampak sehari-hari. Warna-warni daun dan bunga menampilkan rona dan pematangan yang menarik bagi kita. Tumbuhan merupakan kelompok makhluk hidup yang mampu membuat makannanya sendiri, karena memiliki zat hijau daun (klorofil) yang sudah tersusun dalam organel khusus yaitu kloroplas. Adanya kloroplas ini memungkinkan tumbuhan mampu mensintesis makanannya dari zat-zat anorganik melalui proses fotosintesis. Dengan kata lain tumbuhan tergolong dalam makhluk autotrof. Ciri lain yang membedakan dunia tumbuhan dengan organisme lain adalah bahwa tumbuhan memiliki struktur dinding sel yang kaku yang tersusun dari senyawa selulosa.

Adanya struktur dinding sel ini maka tumbuhan umumnya tidak memiliki kemampuan berpindah/bergerak secara bebas seperti hanya kelompok dunia hewan. Kelompok dunia tumbuhan yang ada di bumi sekarang sangatlah beragam, dan banyak dimanfaatkan untuk kepentingan umat manusia baik digunakan secara langsung sebagai bahan pangan, sandang dan papan maupun untuk kebutuhan industri lainnya.

Selain ciri-ciri di atas dunia tumbuhan, meliputi organisme multiseluler dengan sel-sel berdinding tebal dari bahan selulosa, hampir seluruh anggota tumbuhan memiliki klorofil, sehingga dapat melakukan fotosintesis. Ciri-ciri kingdom plantae yang lain adalah memiliki pergiliran keturunan dalam siklus hidupnya yang disebut metagenesis. Metagenesis pada kingdom plantae adalah siklus hidup suatu tumbuhan yang menampilkan suatu pergiliran generasi. Siklus tersebut tersusun dari generasi gametofit yang merupakan individu multiseluler menghasilkan gamet haploid serta generasi sporofit yang merupakan individu multiseluler yang

menghasilkan spora yang dihasilkan oleh sel penghasil spora (sel sporogenik).

Alur dari siklus tersebut dimulai ketika fase gametofit menghasilkan gamet jantan dan betina kemudian terjadi fertilisasi membentuk zigot dan selanjutnya menjadi embrio. Perkembangan selanjutnya embrio menjadi tumbuhan sporofit dewasa yang kemudian menghasilkan spora haploid melalui pembelahan meiosis.

Pada tumbuhan lumut, generasi sporofit mengalami reduksi tergantung kondisi nutrisi yang tersedia, sementara pada tumbuhan paku dan berbiji generasi gametofitnya mengalami reduksi yang hanya terkadang dapat diamati melalui mikroskop. Dari penjelasan di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa tumbuhan memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

1. Eukariotik atau mempunyai membran inti.
2. Berklorofil sehingga mampu mensintesis nutrisi (makanannya sendiri). Makhluk hidup yang demikian disebut dengan autotroph.
3. Mempunyai dinding sel yang sifatnya kaku (rigid) dan tersusun atas selulosa.
4. Multiseluler atau tersusun atas banyak sel.
5. Memiliki organ pokok yang disebut dengan akar, batang dan daun, sehingga disebut dengan tumbuhan kormofita.

Secara umum tumbuhan telah memiliki organ tubuh pokok, yaitu akar, batang, dan daun. Tumbuhan yang memiliki organ lengkap disebut kormofita. Berdasarkan cara perkembangbiakannya kormofita dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Kormofita berspora, dengan spora. Kelompok ini meliputi tum. Lumut dan tum. Paku.
2. Kormofita berbiji, dengan biji.

Berdasarkan keberadaan alat pengangkutan, tumbuhan dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Atrakeofita, belum memiliki sistem pengangkutan, contoh: Tumbuhan Lumut.
2. Trakeofita, sudah memiliki sistem pengangkutan, contoh Tumbuhan Paku dan Tumbuhan. Biji.

A. Sejarah Perkembangan Evolusi Tumbuhan

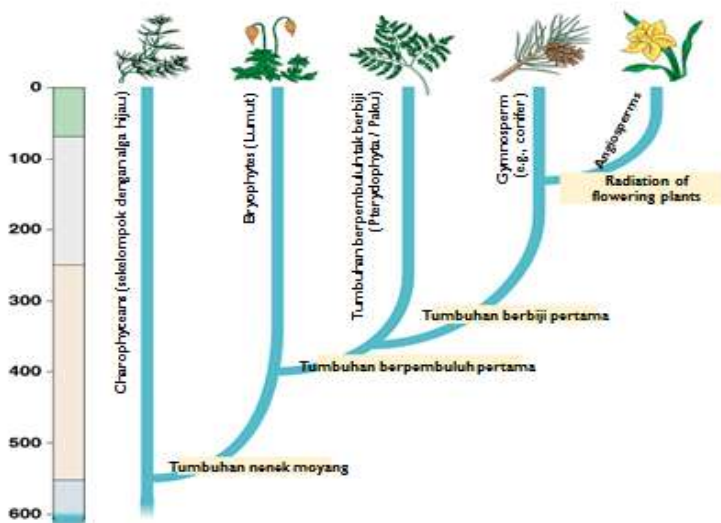
Para ahli biologi beranggapan bahawa dunia tumbuhan terbentuk sebagai perkembangan dari alga, karena antara alga dan tumbuhan yang ada sekarang banyak memiliki persamaan, yang menunjukkan dekatnya hubungan kekerabatan antara kedua kelompok organisme tersebut. Persamaan-persamaan tersebut seperti dalam hal: adanya kloroplas (tempat klorofil) yang berperan dalam proses fotosintesis, memiliki dinding sel yang tersusun dari senyawa selulosa, serta dapat menyimpan cadangan makanan dalam bentuk pati.

Anggota dunia tumbuhan berkembang menjadi kelompok organisme yang mampu menyesuaikan diri dengan kehidupan di darat, karena memiliki organ-organ khusus, seperti adanya struktur akar, batang, dan daun sejati. Dunia tumbuhan yang ada sekarang meliputi tumbuhan lumut (bryophyta), tumbuhan paku (Pteridophyta), tumbuhan berbiji terbuka (Gymnospermae) dan tumbuhan biji tertutup (Angiospermae).

Pada fase awal perkembangan dunia tumbuhan, menunjukkan asal-usul tumbuhan dari moyang yang hidup di perairan yang kemungkinan besar adalah alga hijau. Selama perkembangannya terbentuk dua jalur evolusi. Satu jalur muncul sebagai tumbuhan lumut dan jalur kedua sebagai tumbuhan berpembuluh yaitu tumbuhan paku. Tumbuhan ini sudah memiliki ikatan berkas pengangkut yang terdiri dari jaringan pembuluh kayu (xilem) dan pembuluh tapis (Floem). Adanya berkas pembuluh tersebut mengokohkan batang yang dapat berdiri tegak di atas tanah. Cabang lain dari pohon

filogenetik muncul dari moyang yang sama seperti tumbuhan paku membentuk bermacam-macam tumbuhan yang menghasilkan biji.

Dewasa ini tumbuhan biji diperkirakan sekitar 90% dari seluruh jenis tumbuhan yang ada. Kelompok tumbuhan biji meliputi gymnosepermae (gymno = terbuka, spermae = biji), yaitu kelompok tumbuhan dimana bijinya tidak 2 dilindungi oleh daun buah, sehingga biji kelihatan langsung seperti kita lihat pada biji tumbuhan hias pakis haji . Akhirnya cabang evolusi tumbuhan biji berkembang lagi menjadi satu kelompok tumbuhan, yaitu tumbuhan biji tertutup (Angiospermae: angio=tertutup). Kelompok tumbuhan ini sering disebut juga tumbuhan bunga (anthophyta: anthos=bunga; phyta=tumbuhan) atau tumbuhan berbiji (spermatophyta). Bunga adalah struktur reproduksi yang kompleks dimana biji berada dalam bagian yang terlindungi oleh daun buah (karpel).



Gambar 3.1 evolusi perkembangan kingdom plantae

B. Tanaman Lumut (*Bryophyta*)

Lumut (dalam bahasa Yunani : *bryophyta*) adalah sebuah divisi tumbuhan yang hidup didarat, yang umumnya berwarna hijau dan berukuran kecil (dapat tidak tampak dengan bantuan lensa), dan ukuran lumut yang terbesar adalah kurang dari 50 cm. Lumut ini hidup pada batu, kayu gelondongan, pepohonan, dan ditanah. Lumut tersebar hampir diseluruh belahan dunia, terkecuali didalam laut. Lumut mempunyai sel-sel plastid yang dapat menghasilkan klorofil A dan B, sehingga dapat membuat makanan sendiri dan bersifat autotrof.

Lumut termasuk kedalam kingdom plantae, yang mana kingdom plantae meliputi semua organisme yang multiseluler dan telah berdiferensiasi, eukariotik, dan dinding selnya mempunyai selulosa. Organisme yang termasuk kedalam plantae ini hampir seluruhnya bersifat autotrof (membuat makanan sendiri) dengan bantuan cahaya matahari saat proses fotosintesis.

1. Ciri-Ciri Tanaman Lumut

Tumbuhan Lumut atau *bryophyta* adalah kelompok terbesar dari tanaman darat, yang berjumlah sekitar 25.000 spesies yang berbeda ditemukan di seluruh dunia. Sebagian besar Tumbuhan Lumut ditemukan di daerah yang lembab dan basah dengan iklim cukup hangat sampai dingin. *Bryophyta* dapat menahan beku di salju tanpa kerusakan.

Ciri-ciri *Bryophyta* (lumut) antara lain merupakan tumbuhan dengan bentuk tubuh peralihan antara talus dengan kormus, tidak memiliki pembuluh angkut, mengalami metagenesis, generasi gametofit lebih dominan, menghasilkan spora, hanya mengalami pertumbuhan memanjang, tumbuh terutama di tempat yang lembap dan teduh. Adapun rincian dari karakteristik tanaman lumut adalah sebagai berikut:

- a. Habitat di tempat lembap, di lantai dasar hutan, di pohon, tembok, sumur, dan permukaan batu bata.
- b. merupakan peralihan antara Thallophyta dan Cormophyta
- c. Rhizoid (akar semu), fungsinya untuk melekat pada substrat dan mengangkat air dan zat-zat hara ke seluruh bagian tubuh.
- d. Koloni lumut berbentuk seperti beledu dan lembaran
- e. Tidak memiliki sistem pembuluh pengangkut
- f. Reproduksi vegetatif melalui pembentukan gemma, penyebaran spora, dan fragmentasi.
- g. Reproduksi generatif melalui peleburan dua gamet.
- h. Mengalami metagenesis yaitu pergiliran keturunan antara fase vegetatif (fase sporofit) dan fase generatif (fase gametofit). Fase gametofit hidupnya lebih lama dari fase sporofit. Sporofit hidupnya menumpang pada gametofit.
- i. Tumbuhan lumut yang sering kita lihat merupakan fase gametofit

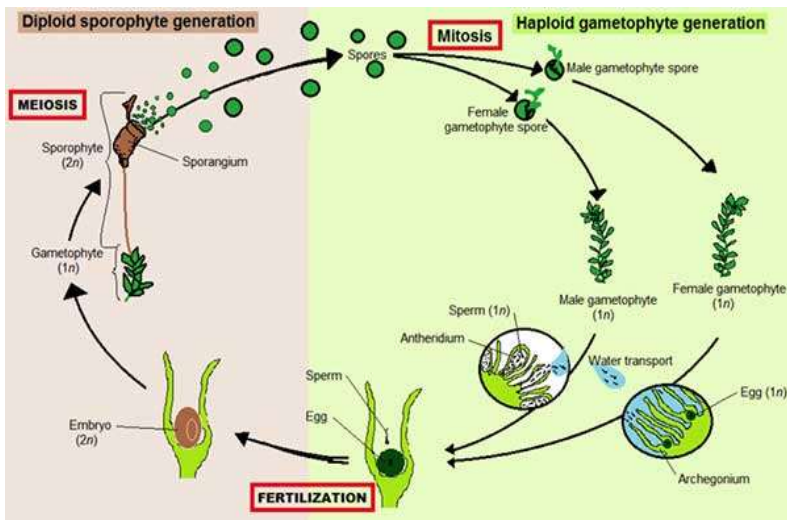
2. Metagenesis atau Siklus Hidup Tanaman Lumut

Tanaman lumut (Bryophyta) mengalami dua fase dalam daur hidupnya, yaitu fase gametofit dan fase sporofit. Fase gametofit merupakan tumbuhan lumut yang sering kita lihat sehari-hari. Gametofit adalah tumbuhan lumut yang menghasilkan gamet (sel kelamin). Sedangkan, fase sporofit adalah tumbuhan lumut yang terdapat dalam keadaan menghasilkan spora. Fase gametofit dalam daur hidup tumbuhan lumut lebih dominan dibandingkan dengan fase sporofitnya.

Lumut (Bryophyta) bereproduksi secara seksual dan aseksual. Reproduksi secara seksual terjadi dengan penyatuan gamet betina yang dihasilkan dari arkegonia berupa sel telur dan gamet jantan yang

dihasilkan dari antheridia berupa sperma. Sperma bergerak mendekati sel telur di arkegonia dengan perantara air. Pertemuan sperma dan sel telur menyebabkan terjadinya fertilisasi yang menghasilkan zigot. Zigot ini terbelah secara mitosis menjadi protonema. Protonema akan berkembang menjadi sporofit yang diploid ($2n$).

Sedangkan, reproduksi secara aseksual akan terjadi dengan pembentukan spora. *Sporangium* (kotak spora) akan menghasilkan spora yang berasal dari pembelahan secara meiosis. Spora yang dihasilkan adalah jenis spora haploid (n). Spora ini akan tumbuh menjadi protonema.

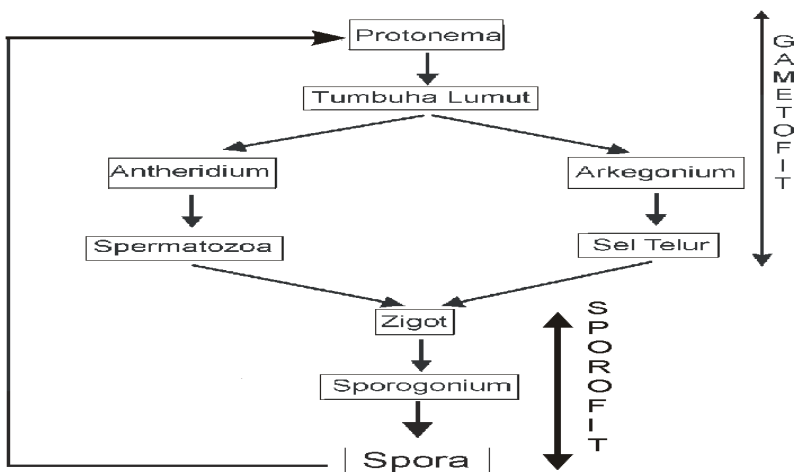


Gambar 3.2 metagenesis tanaman lumut

Dari proses reproduksi yang terjadi secara seksual dan aseksual ini akan terjadi pergiliran keturunan antara fase gametofit yang haploid (n) dan fase sporofit yang diploid ($2n$). Daur hidup pada lumut dapat kita rangkum lewat serangkaian proses berikut ini:

- Spora lumut yang telah masak akan jika jatuh di tempat yang cocok akan tumbuh menjadi tunas lumut (protonema)

- b. Protonema kemudian akan tumbuh menjadi lumut
- c. Tumbuhan lumut yang telah dewasa akan menghasilkan alat kelamin berupa arkegonium dan anteridium. Masing-masing alat tersebut akan menghasilkan ovum dan spermatozoid. Karena menghasilkan gamet maka disebut gametofit.
- d. Apabila terjadi pembuahan akan menghasilkan zigot yang kemudian tumbuh menjadi sporangium atau badan penghasil spora. *Sporangium* ini disebut juga *sporofit* karena merupakan penghasil spora.



Gambar 3.3 diagram reproduksi tanaman lumut

3. Klasifikasi Tanaman Lumut

Terdapat sekitar 16.000 spesies tumbuhan lumut yang sudah di kenali dan diklasifikasi. Dari banyaknya spesies tumbuhan lumut untuk mempermudah kita untuk mengetahui bentuk dan ciri-cirinya, tumbuhan lumut diklasifikasi menjadi 3 kelas, Yaitu lumut hati (*Hepaticopsida*), Lumut tanduk (*Anthocerotopsida*), dan lumut daun (*Bryopsida*). Berikut merupakan penjelasan dari macam klasifikasi dari tanaman lumut:

a. Lumut Hati (Hepaticopsida)

Jenis lumut ini dapat kita temukan menempel di bebatuan, tanah atau dinding tua ditempat yang lembab. Bentuk tubuh dari lumut hati berupa lembaran mirip seperti bentuk hati dan banyak lekukannya. Struktur dari jenis tumbuhan lumut ini menyerupai akar, batang dan daun. Hal tersebutlah yang menyebabkan banyak yang menganggap kelompok lumut hati merupakan kelompok peralihan dari tumbuhan thallophyta dan cormophyta. Lumut hati mencakup sekitar lebih dari 6000 spesies. Lumut hari berreproduksi secara aseksual dengan sel yang disebut gemma. Gemma merupakan struktur seperti mangkok dipermukaan gametofit.

Bagian bagian tubuh pada tumbuhan lumut hati antara lain Apofisis (batas antara seta dan sporogonium), Sporangium (alat penghasil spora), Kaliptra (tudung sporogonium), Seta (tangkai sporogonium), Vaginula (selaput pangkal tangkai sporogonium). Contoh yang termasuk dalam jenis lumut hati antara lain *Haplomitrium sp.*, *Marchantia polymorpha*, *Monoclea forsterii*, *Sphaerocarpos texanus*, *Riccardia chamaedryfolia*, *Pellia endivifolia*, *Scapania nemorosa*, *Jungermannia sp.*

Pada beberapa jenis lumut hati, misalnya *Marchantia* dan *Lunularia*, gametofit memiliki stuktur khas berbentuk seperti mangkok yang disebut gemmae cup (piala tunas). Gemmae cup berfungsi sebagai alat reproduksi secara vegetatif karena di dalamnya terdapat gemmae atau tumbuhan lumut kecil yang bila terlepas dan terpelanting oleh air hujan akan tumbuh menjadi lumut baru. Selain dengan gemmae cup, reproduksi vegetatif lumut hati juga dapat dilakukan dengan cara fragmentasi (pemutusan sebagian tubuhnya).

Pada umumnya, lumut hati berumah dua, misalnya *Marchantia* sp. Namun, ada pula yang berumah satu. Pada lumut hati yang berumah dua, gametofit betina membentuk arkegoniofor yang di bagian ujung tangkainya terdapat struktur berbentuk cakram atau payung dengan tepi berlekuk ke dalam seperti jejari. Di bagian bawah cakram terdapat arkegonium. Arkegonium membentuk sel kelamin betina (ovum). Sementara itu, gametofit jantan membentuk anteridiofor yang di bagian ujung tangkainya terdapat struktur berbentuk cawan dengan tepi berlekuk tidak dalam. Di bagian atas cawan terdapat anteridium yang menghasilkan sel kelamin jantan (spermatozoid) berflagel dua.

Apabila spermatozoid membuahi ovum maka terbentuk zigot yang akan tumbuh menjadi sporofit. Sporofit terletak tersembunyi di bagian bawah cakram arkegoniofor. Sporofit ($2n$) akan membentuk sporogonium yang akan menghasilkan spora (n).



Gambar 3.4 *Marchantia polymorpha*

b. Lumut daun atau Bryophyta

Lumut daun atau Bryophyta termasuk dalam anggota tumbuhan tidak berpembuluh. Jenis lumut ini disebut juga dengan lumut sejati, dikatakan sebagai lumut sejati karena bentuk tubuhnya seperti tumbuhan kecil yang memiliki bagian akat (rizoid), batang dan daun. Spesie lumut ini sekital 10.000 spesies oleh karena itulah lumut daun dikatakan sebagai kelompok lumut terbanyak dibandingkan dengan lumut lainnya.

Lumut daun merupakan tumbuhan kecil yang mempunyai batang semu dan tumbuhnya tegak. Tumbuhan ini tidak melekat pada substratnya, tetapi mempunyai rizoid yang melekat pada tempat tumbuhnya. Bentuk daun dari lumut ini adalah spiral. Contoh lumut daun yang terkenal adalah lumut gandum atau *Sphagnum* sp. sekitar 30% dari lumut tersebut menutupi permukaan daratan dibumi.

Lumut daun dapat tumbuh di tanah-tanah gundul yang secara periodik mengalami kekeringan, di atas pasir bergerak, di antara rumput-rumput, di atas batu cadas, batang pohon, di rawa-rawa dan sedikit yang hidup didalam air. Lumut daun mengalami pergiliran keturunan antara gametofit dengan sporofit. Gametofit dewasa akan membentuk alat kelamin jantan (anteridium) yang akan menghasilkan spermatozoid, sedangkan alat kelamin betina (arkegonium) akan menghasilkan ovum.

Lumut daun ada yang berumah satu dan ada pula yang berumah dua. Fertilisasi ovum oleh spermatozoid akan menghasilkan zigot yang kemudian tumbuh menjadi sporofit. Sporofit membentuk sporogonium yang bentuknya bervariasi, antara lain bulat, kapsul horizontal, kapsul tegak, atau kerucut berparuh. Sporogonium memiliki sporangium yang di dalamnya terdapat banyak spora. Spora dapat tumbuh menjadi lumut daun yang baru bila jatuh pada habitat yang cocok. Selain dengan spora, lumut daun *Sphagnum* dapat pula bereproduksi dengan fragmentasi.

Tubuh fase gametofit lumut daun memiliki gametangium pada bagian atasnya. Kebanyakan spesies tumbuhan lumut menghasilkan gamet berbeda antara jantan dan betina namun ada yang menghasilkan jantan dan betina pada satu tumbuhan tubuh fase sporofit yang dihasilkan akan tumbuh dan menghasilkan gametofit betina pada bagian atasnya. Contoh dari lumut daun antara lain : *Andreaea petrophila*, *A. rupestris*, *Sphagnum fimbriatum*, *S. squarrosum*, *S. acutifolium*, *Polytrichum commune*, *Hypnodendron reinwardtii*, *Mniodendron divaricatum*, *Pogonatum cirrhatum*, *Georgia pellucida*.



Gambar 3.5 Polytrichum commune

c. Lumut Tanduk (Anthocerotopsida)

Lumut Anthocerotopsida memiliki gametofit mirip dengan gametofit yang dimiliki oleh lumut hati, perbedaannya hanya terletak pada sporofitnya saja. Sporofit yang dimiliki oleh lumut tanduk yaitu memiliki kapsul yang memanjang dan tumbuh seperti tanduk dari gametofit dan mengandung kutikula.

Cara perkembangbiakannya pun sama dengan lumut hati, yaitu secara generatif dengan membentuk anteridium dan arkegonium yang terkumpul pada sisi atas talus. Lumut tanduk hanya memiliki satu kloropas, kloropas ini berukuran besar dan tersebar pada kebanyakan tumbuhan lumut lainnya. Kita dapat menjumpai jenis lumut tanduk di sekitar tepian sungai dan danau, disepanjang selokan, ditepian jalan basah dan tempat lembab lainnya. Terdapat sekitar 100 spesies lumut tanduk, antara lain *Anthoceros punctatus*, *Phaeoceros laevis*, *Folioceros*, dan *Leiosporoceros*.



Gambar 3.6 *Anthoceros punctatus*

4. Manfaat Tanaman Lumut

Beberapa jenis tumbuhan lumut (bryophyta) bermanfaat bagi manusia, antara lain *Marchantia polymorpha* sebagai obat hepatitis dan *Sphagnum* untuk bahan pembalut dan bahan bakar. Meskipun ukuran tubuhnya kecil, namun lumut mampu tumbuh dan menutupi areal yang luas sehingga berfungsi untuk menahan erosi, menyerap air, dan menyediakan sumber air pada saat musim kemarau. Lumut melakukan fotosintesis sehingga berperan menyediakan oksigen untuk lingkungannya.

Lumut dapat tumbuh di habitat di mana tumbuhan lain tidak dapat tumbuh, maka lumut termasuk vegetasi perintis setelah lichen (lumut kerak), berikut beberapa manfaat dari tanaman lumut:

- a. Dapat menahan erosi, mengurangi bahaya banjir, dan mampu menyerap air sehingga dapat menyediakan air pada musim kemarau.
- b. *Marchantia sp* sebagai obat hepatitis/ radang hati.
- c. *Sphagnum* untuk bahan pembalut.

Orang Lapland, suku Amerika Utara, dan orang-orang sirkumpolar lainnya menggunakan lumut untuk alas tidur. Lumut juga telah digunakan sebagai insulasi baik untuk tempat tinggal maupun pakaian. Secara tradisional, lumut kering digunakan di beberapa negara Nordik dan Rusia sebagai isolator antara kayu gelondongan, dan suku-suku di Amerika Serikat bagian timur laut dan Kanada bagian tenggara menggunakan lumut untuk mengisi celah di rumah panjang kayu. Orang-orang sirkumpolar dan alpine telah memanfaatkan lumut untuk insulasi dalam sepatu bot dan sarung tangan.

Kapasitas lumut kering untuk menyerap cairan telah membuat penggunaannya praktis baik untuk keperluan medis maupun kuliner. Orang suku Amerika Utara

menggunakan lumut untuk popok, pembalut luka, dan penyerapan cairan menstruasi. Suku-suku Pasifik Barat Laut di Amerika Serikat dan Kanada menggunakan lumut untuk membersihkan salmon sebelum mengeringkannya, dan mengemas lumut basah ke dalam oven lubang untuk mengukus bohlan camas. Keranjang penyimpanan makanan dan keranjang mendidih juga penuh dengan lumut.

Lumut yang membusuk dalam genus *Sphagnum* juga merupakan komponen utama gambut, yang “ditambang” untuk digunakan sebagai bahan bakar, sebagai aditif tanah hortikultura, dan pada malt perokok dalam produksi wiski Scotch. *Sphagnum* moss, umumnya spesies *S. cristatum* dan *S. subnitens*, dipanen saat masih tumbuh dan dikeringkan untuk digunakan dalam pembibitan dan hortikultura sebagai media tumbuh tanaman.

Beberapa lumut *Sphagnum* dapat menyerap hingga 20 kali beratnya dalam air. Dalam Perang Dunia I, lumut *Sphagnum* digunakan sebagai dressing pertolongan pertama pada luka tentara, karena lumut ini dapat menyerap cairan tiga kali lebih cepat dari kapas, mempertahankan cairan lebih baik, lebih baik mendistribusikan cairan secara seragam di seluruh tubuh mereka, dan lebih dingin, lebih lembut, dan tidak terlalu mengganggu. *Sphagnum* juga diklaim memiliki sifat antibakteri. Penduduk asli Amerika adalah salah satu orang yang menggunakan *Sphagnum* untuk popok dan serbet, yang masih dilakukan di Kanada.

Di pedesaan Inggris, *Fontinalis antipyretica* secara tradisional digunakan untuk memadamkan api karena dapat ditemukan dalam jumlah besar di sungai yang bergerak lambat dan lumut mempertahankan volume air yang besar yang membantu memadamkan api. Penggunaan historis ini tercermin dalam nama Latin / Yunani yang spesifik, arti perkiraan yang “melawan api”.

Physcomitrella semakin banyak digunakan dalam bioteknologi. Contoh yang menonjol adalah identifikasi gen lumut dengan implikasi untuk perbaikan tanaman atau kesehatan manusia dan produksi biofarmasi kompleks yang aman dalam bioreaktor lumut, yang dikembangkan oleh Ralf Reski dan rekan kerjanya.

C. Tanaman Paku (*Pteridophyta*)

Dunia tumbuhan secara umum dibagi mejadi 5 kelompok besar dalam divisio. Kelima divisio tersebut dari yang paling sederhana ke yang paling kompleks yaitu Divisio *Schyzophyta* yaitu tumbuhan belah; yang menjadi anggota *Schizophyta* adalah semua tumbuhan yang cara reproduksinya dengan membelah diri, inti sel belum berdinding dan secara umum bersifat uniseluler. Contoh dari Divisio *Schizophyta* adalah bakteri dan alga biru. Divisio berikutnya adalah Divisio *Thallophyta*, yaitu kelompok tumbuhan yang dapat multiseluler ataupun uniseluler namun sudah memiliki inti yang sesungguhnya. Contoh dari Divisio *Thallophyta* adalah alga dan jamur. Meningkatkan pada kelompok tumbuhan lain yang struktur akar dan batangnya belum ada, namun sel telah mengalami diferensiasi dan spesialisasi adalah kelompok *Bryophyta*. *Pteridophyta* adalah divisio yang semua anggotanya telah memiliki akar, batang dan daun yang sudah jelas. Perkembangbiakan secara generatif dilakukan dengan menggunakan spora.

Divisio tertinggi dalam dunia tumbuhan, adalah Divisio *Spermatophyta*; divisio ini telah memiliki biji untuk perkembangan biakan generatifnya. Divisio ada juga yang membaginya menjadi 4 saja dikarenakan Divisio *Schizophyta* yaitu tumbuhan belah karena memiliki ciri inti sel belum berdinding maka dikelompokkan pada kelompok tersendiri di luar kelompok tumbuhan yaitu kingdom monera.

Pada beberapa jenis paku yang hidup di tanah, batang tumbuhan paku sejajar dengan tanah. Karena tumbuhnya menyerupai akar maka batang tersebut dinamakan rizoma. Batang ini sering tertutup oleh rambut atau sisik berfungsi sebagai pelindungnya. Dari rizoma ini pula tumbuh akar – akar yang lembut. Daun paku ada yang berbentuk tunggal, majemuk ataupun menyirip ganda. Helaian daun secara menyeluruh disebut ental, terkadang tumbuh dua macam ental, yaitu yang subur dan mandul. Pada ental yang subur tumbuh sporangia pada permukaan daun bagian bawah. Kumpulan dari sporangia disebut *sorus* sedangkan sekumpulan sorus itu sendiri disebut dengan *sori*. Spora terletak pada kotak spora (*sporangium*) dan tidak jarang sorus tersebut dilindungi oleh suatu lapisan penutup yang disebut indusium yang umumnya berbentuk ginjal.

1. Ciri-Ciri Tanaman Paku

Ciri tumbuhan paku meliputi ukuran, bentuk, struktur, dan fungsi tubuh yang memiliki ukuran bervariasi dari yang tingginya sekitar 2 cm, misalnya pada tumbuhan paku yang hidup mengapung di air, sampai tumbuhan paku yang hidup di darat yang tingginya mencapai 5 m, misalnya paku tiang (*Sphaeropteris*). Tumbuhan paku purba yang telah menjadi fosil diperkirakan ada yang mencapai tinggi 15 m. Bentuk tumbuhan paku yang hidup saat ini bervariasi, ada yang berbentuk lembaran, perdu atau pohon, dan ada yang seperti tanduk rusa.

Tumbuhan paku terdiri dari dua generasi, yaitu generasi sporofit dan generasi gametofit. Generasi sporofit dan generasi gametofit ini tumbuh bergantian dalam siklus tumbuhan paku. Generasi sporofit adalah tumbuhan yang menghasilkan spora sedangkan generasi gametofit adalah tumbuhan yang menghasilkan sel gamet (sel kelamin). Pada tumbuhan paku, sporofit berukuran lebih

besar dan generasi hidupnya lebih lama dibandingkan generasi gametofit. Oleh karena itu, generasi sporofit tumbuhan paku disebut generasi dominan. Generasi sporofit inilah yang umumnya kita lihat sebagai tumbuhan paku. Struktur dan fungsi tubuh tumbuhan paku generasi sporofit.

Tumbuhan paku sporofit pada umumnya memiliki akar, batang, dan daun sejati. Namun, ada beberapa jenis yang tidak memiliki akar dan daun sejati. Batang tumbuhan paku ada yang tumbuh di bawah tanah disebut rizom dan ada yang tumbuh di atas permukaan tanah. Batang yang tumbuh di atas tanah ada yang bercabang menggarpu dan ada yang lurus tidak bercabang. Tumbuhan paku yang tidak memiliki akar sejati memiliki akar berupa rizoid yang terdapat pada rizom atau pangkal batang. Tumbuhan paku ada yang berdaun kecil (mikrofil) dan ada yang berdaun besar (makrofil). Tumbuhan paku yang berdaun kecil, daunnya berupa sisik. Daun tumbuhan paku memiliki klorofil untuk fotosintesis. Klorofil tumbuhan paku yang tak berdaun atau berdaun kecil terdapat pada batang.

Karakter dari akar, batang, dan daun pada tumbuhan paku:

d. Akar Tumbuhan Paku

Struktur penyusun akar tumbuhan paku meliputi lapisan epidermis, korteks, dan stele. Jenis akar sejati pada tumbuhan paku merupakan akar serabut yang dilindungi oleh kaliptra. Pada daerah stele terdapat jaringan *xylem* dan *floem* dengan tipe kosentris tertutup. Letak *xylem* berada di tengah dan dikelilingi oleh *floem*.

e. Batang Tumbuhan Paku

Batang pada beberapa tumbuhan paku ada yang muncul ke atas tanah, seperti paku tiang (*Alsophylla*), *Psilotum*, *Cyathea*. Namun ada juga tumbuhan paku

dengan batang yang berada di dalam tanah. Batang tumbuhan paku yang tumbuh di tanah disebut dengan rimpang/akar batang.

Kebanyakan batang pada tumbuhan paku berupa akar tongkat yang disebut rhizoma. Pada batang tumbuhan paku juga terdapat *xylem* dan *floem*. Di mana letak *xylem* sama seperti pada bagian akar, berada di tengah dan di kelilingi oleh *floem*.

f. Daun Tumbuhan Paku

Daun pada tumbuhan paku memiliki bentuk yang berbeda-beda, contohnya daun pada *Drymoglossum sp* (paku-pakuan) dan *Platyserium biforme* (paku tanduk rusa). Selain itu, daun tumbuhan paku juga dikelompokkan berdasarkan fungsi dan ukurannya.

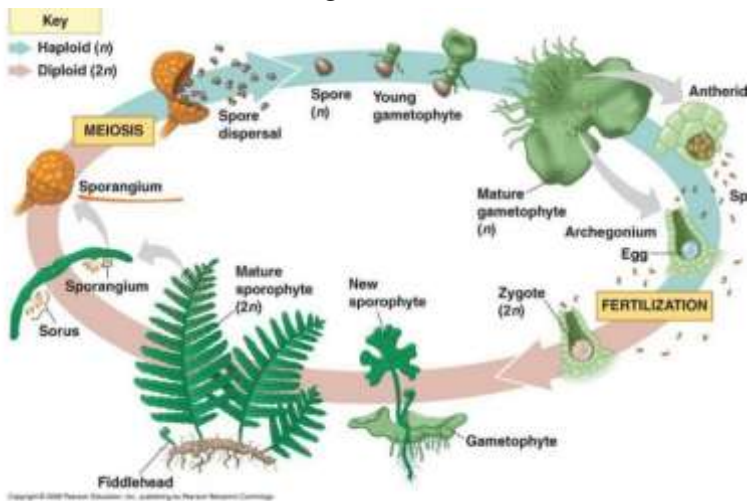
Berdasarkan fungsinya, daun tumbuhan paku dibedakan menjadi daun tropofil (berwarna hijau dan berfungsi untuk fotosintesis) dan daun sporofil (berfungsi menghasilkan spora). Berdasarkan ukurannya, daun tumbuhan paku dibedakan menjadi daun mikrofil (ukuran kecil, belum bertangkai daun) dan daun makrofil (ukuran besar, sudah bertangkai dan bertulang daun). Tulang daun pada daun makrofil dapat berupa cabang-cabang.



Gambar 3.7 struktur tanaman paku

2. Siklus Hidup Tanaman Paku

Tumbuhan Paku atau pakis adalah tumbuhan yang memiliki dua fase dalam siklus hidupnya. Dua fase dalam siklus hidup paku ini disebut dengan pergiliran keturunan, yg juga terjadi pada lumut. Fase gametofit akan menghasilkan gamet, sedangkan fase sporofit akan menghasilkan spora. Perbedaan antara pergiliran keturunan lumut dan paku adalah pada perbedaan waktu antara gametofit dan sporofit. Paku memiliki fase sporofit yang dominan sedangkan lumut memiliki fase gametofit yang lebih dominan. Perhatikan gambar di bawah ini:



Gambar 3.8 Siklus hidup tanaman paku

Siklus hidup tanaman paku dimulai dari spora yang dihasilkan. Spora tersebut bersifat haploid (n) dan apabila jatuh di tempat lembab akan tumbuh menjadi gametofit muda (juga bersifat n). Gametofit ini disebut juga protalium apabila telah matang akan mengembangkan/memunculkan anteridium dan arkegonium. Gametofit matang berukuran sangat kecil, hanya beberapa mm hingga cm saja.

Anteridium akan menghasilkan sperma, sedangkan arkegonium akan menghasilkan ovum atau sel telur.

Anteridium dan arkegonium umumnya akan matang pada waktu yang berbeda, sehingga memungkinkan terjadinya pembuahan silang. Sperma memiliki flagela yang akan digunakan untuk bergerak menuju ovum pada arkegonium. Sperma ini hanya dapat bergerak menuju ovum apabila lingkungan sekitarnya berair. Sperma (n) yang telah bersatu dengan ovum (n) melalui fertilisasi akan menghasilkan zigot yang bersifat diploid (2n).

zigot akan berkembang menjadi sporofit paku (2n). Sporofit awalnya tumbuh dari bagian arkegonium dan terus membesar hingga keluar dari gametofit induk tersebut. Sporofit merupakan bentuk tumbuhan paku yang umum kita lihat di sekitar tempat tinggal kita. Sedangkan fase gametofit, karena ukurannya yang sangat kecil, sulit kita lihat dan amati.

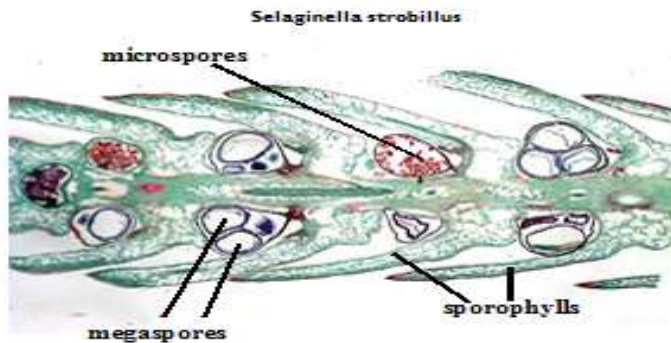
Sporofit akan terus tumbuh dengan melakukan fotosintesis. Sporofit kebanyakan paku terbentuk seperti semak kecil, namun ada pula yang bentuknya besar mirip pohon. Sporofit memiliki dua macam daun, yaitu tropofil dan sporofil. Tropofil merupakan daun yang digunakan sepenuhnya untuk berfotosintesis. Sedangkan sporofil merupakan daun yang digunakan untuk fotosintesis dan perkembangbiakan. Sporofil akan menghasilkan spora di bagian bawah daun atau di bagian tepi daun.

Spora paku akan berkembang dalam kotak spora (sporangium). Kotak spora tersebut akan menggerombol/mengelompok membentuk struktur yang disebut sorus. Pada kebanyakan paku, sorus berbentuk seperti gumpalan bundar berwarna kuning kecoklatan di bawah daun. Ada sorus yang telanjang dan adapula yang dilindungi semacam payung yang disebut indusium. Setelah spora matang, kotak spora akan pecah kemudian mengeluarkan isinya ke

lingkungan sekitar, kemudian siklus di atas akan terulang kembali.

Berdasarkan jenis spora yang dihasilkan, tumbuhan paku dibedakan menjadi 3 macam.

- g. Paku homospora (disebut juga isospora) hanya menghasilkan satu jenis spora yang memiliki bentuk dan sifat yang sama. Contohnya adalah *Lycopodium sp.* (paku kawat) dan *Adiantum cuneatum* (suplir).
- h. Paku heterospora akan menghasilkan dua jenis spora, yaitu makrospora (betina) dan mikrospora (jantan). Contohnya adalah *Selaginella sp.* (paku rane) dan *Marsilea crenata* (semanggi).
- i. Paku peralihan akan menghasilkan spora dengan bentuk dan ukuran sama namun sifatnya berbeda, jantan atau betina. Contohnya adalah *Equisetum debile* (paku ekor kuda).



Gambar 3.9 paku homospora dan heterospora

Anteridium dan arkegonium pada paku homospora tumbuh pada individu gametofit yang sama. Sedangkan pada paku heterospora dan peralihan, spora betina akan menghasilkan gametofit betina dan spora jantan akan menghasilkan gametofit jantan. Gametofit betina hanya akan menghasilkan arkegonium, sedangkan gametofit jantan hanya akan menghasilkan anteridium.

3. Klasifikasi Tanaman Paku

Klasifikasi tumbuhan paku Dibagi menjadi 4 subdivisi, yaitu Psilopsida, Lycophyta, Sphenophyta dan Pterophyta.

a. Paku Purba (*Psilopsida*)

Tumbuhan paku purba yang masih hidup saat ini diperkirakan hanya tinggal 10 spesies sampai 13 spesies dari dua genus. Paku purba hidup di daerah tropis dan subtropis. Sporofit paku purba ada yang tidak memiliki akar sejati dan tidak memiliki daun sejati.

Paku purba yang memiliki daun pada umumnya berukuran kecil (mikrofil) dan berbentuk sisik. Batang paku purba bercabang dikotomi dengan tinggi mencapai 30 cm hingga 1 m. Paku purba juga tidak memiliki pembuluh pengangkut. Batang paku purba mengandung klorofil sehingga dapat melakukan fotosintesis. Cabang batang mengandung mikrofil dan sekumpulan sporangium yang terdapat di sepanjang cabang batang.

Sporofil paku purba menghasilkan satu jenis spora (homospora). Gametofitnya tidak memiliki klorofil dan mengandung anteridium dan arkegonium. Gametofit paku purba bersimbiosis dengan jamur untuk memperoleh nutrisi. Contoh tumbuhan paku purba yaitu paku purba tidak berdaun (*Rhynia major*) dan paku purba berdaun kecil (*Psilotum sp.*).



Gambar 3.10 *Psilotum nudum*

b. Paku Kawat (*Lycopsidea*)

Paku kawat mencakup 1.000 spesies tumbuhan paku, terutama dari genus *Lycopodium* dan *Selaginella*. Paku kawat banyak tumbuh di hutan-hutan daerah tropis dan subtropis. Paku kawat menempel di pohon atau hidup bebas di tanah. Anggota paku kawat memiliki akar, batang, dan daun sejati. Daun tumbuhan paku kawat berukuran kecil dan tersusun rapat.

Sporangium terdapat pada sporofil yang tersusun membentuk strobilus pada ujung batang. Strobilus berbentuk kerucut seperti konus pada pinus. Oleh karena itu paku kawat disebut juga pinus tanah. Pada paku rane (*Selaginella sp*) sporangium terdiri dari dua jenis, yaitu mikrosporangium dan megasporangium. Mikrosporangium terdapat pada mikrosporofil (daun yang mengandung mikrosporangium). Mikrosporangium menghasilkan mikrospora yang akan tumbuh menjadi gametofit jantan.

Megasporangium terdapat pada megasporofil (daun yang mengandung megasporangium). Megasporangium menghasilkan megaspora yang akan tumbuh menjadi gametofit betina. Gametofit paku kawat berukuran kecil dan tidak berklorofil. Gametofit memperoleh makanan dari jamur yang bersimbiosis dengannya.

Gametofit paku kawat ada yang uniseksual, yaitu mengandung anteridium saja atau arkegonium saja. Gametofit paku kawat juga ada yang biseksual, yaitu mengandung anteridium dan arkegonium. Gametofit uniseksual terdapat pada *Selaginella*. *Selaginella* merupakan tumbuhan paku heterospora sedangkan gametofit biseksual terdapat pada *Lycopodium*.



Gambar 3.11 Selaginella sp.

c. Sphenopsida atau Equisetopsida (Paku Ekor Kuda)

Klasifikasi tumbuhan paku juga menghasilkan satu sub divisi yang dinamai divisi paku ekor kuda (Sphenopsida atau Equisetopsida). Dinamai demikian karena jenis tumbuhan paku ini mempunyai percabangan pada batangnya dengan bentuk menyerupai ekor kuda.

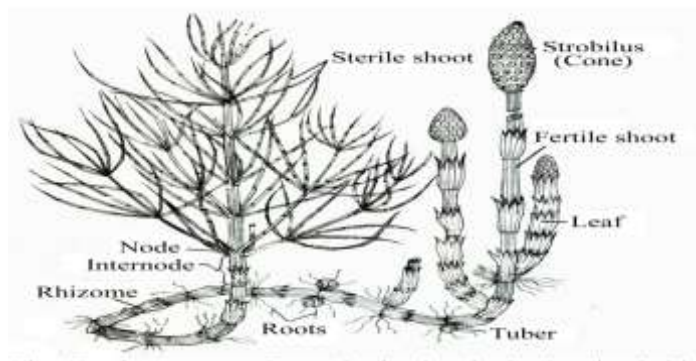
Paku ekor kuda saat ini hanya tinggal sekitar 25 spesies dari satu genus, yaitu Equisetum. Equisetum terutama hidup pada habitat lembab di daerah subtropis. Equisetum yang tertinggi hanya mencapai 4,5 m sedangkan rata-rata tinggi Equisetum kurang dari 1 m. Equisetum memiliki akar, batang, dan daun sejati. Batangnya beruas dan pada setiap ruasnya dikelilingi daun kecil seperti sisik. Equisetum disebut paku ekor kuda karena bentuk batangnya seperti ekor kuda. Batangnya yang keras disebabkan dinding selnya mengandung silika. Sporangium terdapat pada strobilus.

Sporangium menghasilkan satu jenis spora, sehingga Equisetum digolongkan pada tumbuhan paku

peralihan. Gametofit *Equisetum* hanya berukuran beberapa milimeter tetapi dapat melakukan fotosintesis. Gametofitnya mengandung anteridium dan arkegonium sehingga merupakan gametofit biseksual.

Paku ekor kuda memiliki beberapa ciri, di antaranya:

- 1) Sering tumbuh di daerah dengan tanah berpasir.
- 2) Sporofitnya berbentuk sisik dengan warna agak transparan dengan susunan melingkar pada batangnya.
- 3) Batangnya berongga dan beruas. Karena pada lapisan luar batang terkandung silika tinggi, batang dari klasifikasi tumbuhan paku ini cukup keras dan sering digunakan sebagai alat penyikat.
- 4) Batang memiliki rizom dan ujung yang mengandung sporangia.
- 5) Sporangiumnya menghasilkan spora dengan ukuran dan bentuk sama, kendati dari jenis yang berbeda. Oleh karena inilah paku-pakuan dalam sub divisi ini tergolong paku peralihan.
- 6) Tingginya bisa mencapai 15 meter.

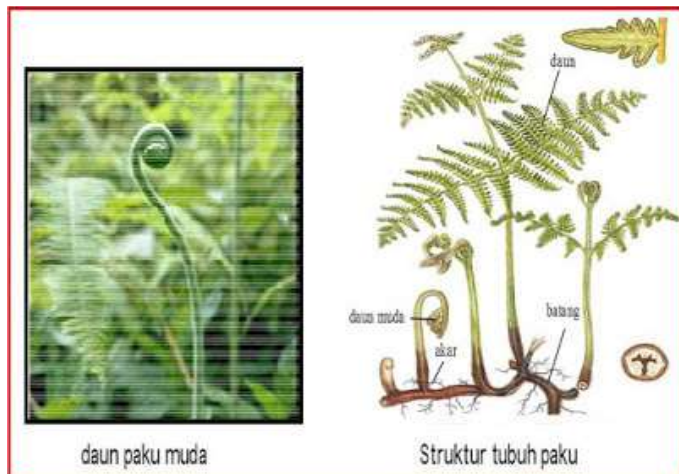


Gambar 3.12 *Equisetum* sp.

d. Paku sejati (*Pteropsida*)

Sub divisi dalam klasifikasi tumbuhan paku selanjutnya adalah subdivisi paku sejati (*Pteropsida*). Tumbuhan paku dari jenis ini umumnya dengan mudah kita temui pada habitat lembab, seperti di daerah ekosistem hutan hujan tropis. Pakis yang tumbuh di sela pohon sawit merupakan salah satu spesies dari golongan tumbuhan paku ini. Selain itu, spesies golongan paku sejati juga dapat kita temui dengan melihat ciri-cirinya yaitu:

- 1) Memiliki akar, batang dan daun sejati dengan ukuran variatif.
- 2) Daunnya berukuran lebih besar dibanding paku-pakuan jenis lain, bentuknya lembaran, dan tulang daunnya bercabang.
- 3) Daun atau tunas mudanya menggulung (*circinatus*).
- 4) Terdapat > 12.000 spesies paku sejati di dunia saat ini. Beberapa contoh tumbuhan paku dari sub divisi ini antara lain *Asplenium nidus*, *Adiantum fimbriatum*, dan *Marsilea crenata*.



Gambar 3.13 struktur paku sejati

4. Manfaat Tanaman Paku

Dalam kehidupan sehari-hari, tumbuhan paku cukup berperan penting meskipun masih banyak orang yang tidak mengetahui fungsi tanaman tersebut. Berikut ini beberapa fungsi tanaman paku, meliputi:

a. Tanaman Hias

Banyak tanaman paku yang digunakan sebagai tanaman hias dalam kehidupan. Adapun contoh tanaman paku yang bisa dijadikan tanaman hias diantaranya: *Adiantum Cuneatum* (suplir), *Asplenium nidus* (paku sarang burung), dan *Platyserium biforme* (paku simbar menjangan).

b. Sayuran

Tumbuhan paku yang dimanfaatkan sebagai sayuran misalnya *Marsilea crenata* (semanggi) dan *Pteridium aquilinum* (paku garuda).

c. Pupuk Hijau

Tumbuhan paku yang banyak dimanfaatkan sebagai pupuk hijau ialah *Azolla pinnata* yang bersimbiosis dengan *Anabaena azolle* yang mampu mengikat gas N₂ bebas.

d. Obat-Obatan

Tumbuhan paku ada yang digunakan sebagai obat diuretik yaitu *Equisetum* (paku kuda) dan digunakan sebagai obat luka yaitu *Selaginella*.

e. Bahan Bangunan

Tumbuhan paku yang banyak digunakan untuk pembuatan tiang bangunan ialah *Alsophila glauca*.

f. Alat Penggosok/Pembersih

Equisetum sp banyak dimanfaatkan sebagai alat penggosok/ampelas.

g. Bahan Pembuatan Petasan

Bahan pembuatan petasan yang sering digunakan ialah spora *Lycopodium sp* dan *Pyrotechnics*.

h. Bingkai

Tumbuhan paku juga banyak digunakan sebagai bingkai dalam karangan bunga.

Meskipun tumbuhan paku memiliki banyak fungsi dalam kehidupan seperti yang telah dipaparkan diatas bukan berarti tidak ada yang menimbulkan kerugian. Sehingga, diperlukan pengetahuan tentang klasifikasi tumbuhan paku dan peranannya sehingga tidak menimbulkan kerugian yang tidak diinginkan dalam kehidupan.

D. Tanaman Berbiji (*Spermatophyta*)

Spermatophyta atau sering disebut tumbuhan berbiji merupakan suatu jenis tumbuhan berpembuluh (Trakheophyta) karena mempunyai biji salah satu ciri khas tumbuhan berbiji (*Spermatophyta*). dan bunga nya sebagai alat reproduksi dan untuk meghasilkan suatu biji. dan suatu bagian bunga yang akan menghasilkan gamet jantan yang disebut benangsari dan yang menghasilkan gamet betina yang disebut dengan putik. Perkembangbiakan secara seksual dengan biji. Didalam biji terdapat embrio/lembaga (calon tumbuhan baru). Ciri-ciri dari tanaman spermatophyta sebagai berikut:

1. Tumbuhan berbiji mempunyai generasi sporofit lebih kompleks dibanding dengan lumut dan paku. Alat perkembangbiakan terdapat pada organ bunga (kumpulan sporofil) atau berupa strobilus. Sementara itu, pada tumbuhan paku kumpulan sporofil belum membentuk bunga.
2. Sel kelamin (gamet) jantan berada dalam serbuk sari dan gamet betina berada pada kantong embrio. Proses pada penggabungan sel gamet jantan (sperma) dan sel gamet

betina (sel telur) terjadi melalui sebuah buluh serbuk sari. Oleh karena itu, Spermatophyta disebut juga dengan Embryophyta Siphonogama.

3. Tumbuhan berbiji bisa dibedakan secara jelas bagian akar, batang, dan daunnya.
4. Tubuhnya tersusun dari banyak sel atau sifatnya multiseluler dengan ukuran tubuhnya besar atau makroskopis dan memiliki ketinggian bermacam-macam.
5. Tumbuhan berbiji memiliki jaringan pembuluh yang bervariasi dan terdiri dari floem yang fungsinya untuk membawa bahan makanan yang berasal dari daun ke seluruh tubuh tanaman, serta xylem yang fungsinya sebagai pengangkut air dan mineral dari tanah.
6. Pada umumnya, tumbuhan berbiji (kecuali tumbuhan parasit) sifatnya autotrof atau bisa mensintesis makanan sendiri melalui fotosintesis. Oleh karena itu, tumbuhan berbiji yaitu organisme fotoautotrof.
7. Sebagian besar tumbuhan berbiji mempunyai habitat di darat seperti: mangga, rambutan, dan jambu. Ada pula tumbuhan berbiji yang hidup mengapung di atas air seperti: enceng gondok.
8. Tumbuhan biji berkembangbiaknya secara aseksual maupun secara seksual.

Untuk lebih jelasnya akan dijelaskan mulai dari struktur, proses Reproduksi, klasifikasi dan manfaat dari tanaman spermatophyta.

1. Struktur Tanaman Spermatophyta

Struktur tubuh tanaman spermatophyta sebagai berikut:

a. Akar

Akar pada tumbuhan berbiji ada yang berbentuk serabut ada juga yang berupa akar tunggang. Sel-sel yang mengalami diferensiasi menjadi epidermis,

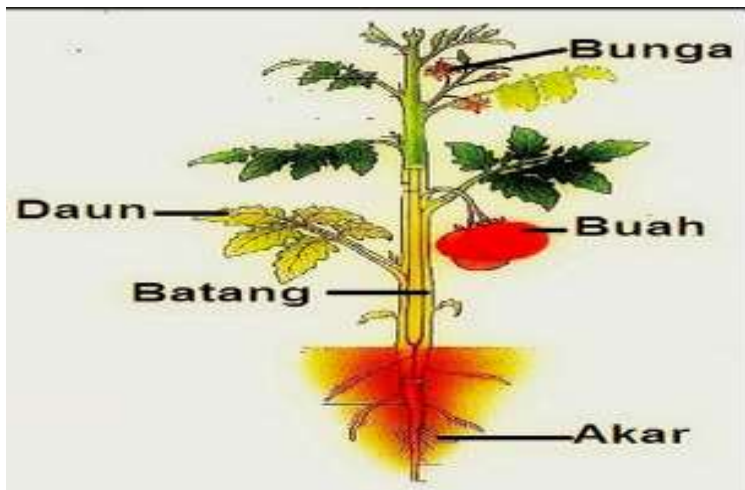
korteks, serta silinder pusat yang didalamnya terdapat xylem dan floem.

b. Batang

Batang tumbuhan berbiji dapat berupa batang berkayu maupun berair. Batang pada tumbuhan berbiji dapat mengalami modifikasi menjadi stolon, rhizome, dan umbi. Sel-sel batang mengalami diferensiasi menjadi epidermis, korteks, dan silinder pusat (terdapat xylem dan floem).

c. Daun

Sel-sel daun mengalami diferensiasi menjadi epidermis dan mesofil. Mesofil tersusun dari jaringan tiang dan jaringan bunga karang.



Gambar 3.14 struktur tanaman spermatophyta yang utama adalah daun, batang dan akar

2. Reproduksi Tanaman Spermatophyta

Proses reproduksi spermatophyta secara generatif (seksual) dilakukan dengan membentuk biji yang diawali dengan pembentukan gamet (gametogenesis), kemudian

penyerbukan (polinasi), lalu terjadi peleburan gamet jantan dan betina (fertilisasi) yang akan menghasilkan embrio.

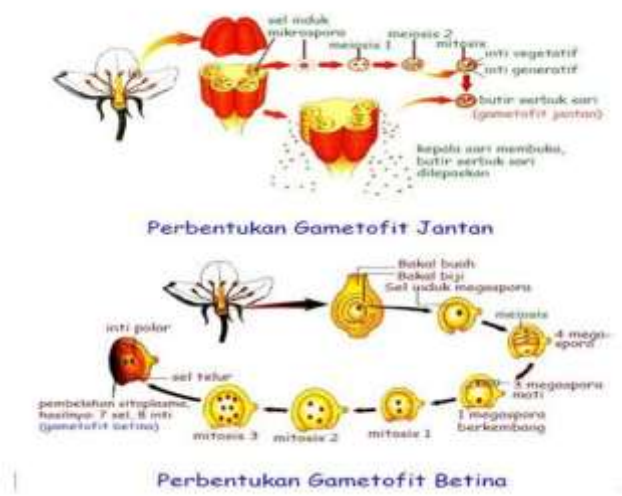
Perkembangan secara vegetatif (aseksual) dilakukan dengan organ-organ vegetatif seperti tunas, rhizoma, atau stolon. Reproduksi pada tumbuhan spermatophyta meliputi:

a. Reproduksi Generatif

Dalam siklus hidupnya ada beberapa tahapan, antara lain :

1) Gametogenesis

Gametogenesis yaitu pembentukan gamet (sel kelamin). Terjadi di bagian bunga.



Gambar 3.15 proses pembentukan gamet

2) Penyerbukan (Polinasi)

Polinasi yaitu jatuhnya/melekatnya serbuk sari pada kepala putik (pada Angiospermae) atau melekatnya serbuk sari pada bakal buah (Gymnospermae).

Penyerbukan dibedakan menjadi dua, pertama, Berdasarkan asal serbuk sari

- a) Autogami (penyerbukan sendiri) yaitu bila serbuk sari berasal dari bunga yang sama (satu bunga). Bila bunga belum mekar disebut kleistogami.
- b) Geitonogami (penyerbukan tetangga) bila serbuk sari berasal dari bunga lain tapi masih satu individu.
- c) Alogami (xerogami) atau penyerbukan silang, yaitu bila serbuk sari berasal dari individu lain tapi masih dalam satu jenis.
- d) Bastar (hibridogami) , yaitu bila serbuk sari berasal dari yang lain jenis.

Kedua Berdasarkan Faktor yang membantu:

- a) Anemogami, yaitu penyerbukan dengan bantuan angin. Ciri bunga : serbuk sari kering, lembut, banyak, tidak memiliki mahkota bunga.
- b) Hidrogami, yaitu penyerbukan dengan bantuan air.
- c) Zoidiogami, yaitu penyerbukan dengan bantuan hewan.
- d) Kiropterogami , yaitu penyerbukan dengan bantuan kelelawar. Ciri : bunga yang mekar di malam hari.
- e) Entomogami, yaitu penyerbukan dengan bantuan serangga. Ciri : bunga yang menghasilkan nektar / polen / madu.
- f) Ornitogami, yaitu penyerbukan dengan bantuan burung.
- g) Malakogami, yaitu penyerbukan dengan bantuan siput (molusca).
- h) Antropogami, yaitu penyerbukan dengan bantuan manusia.

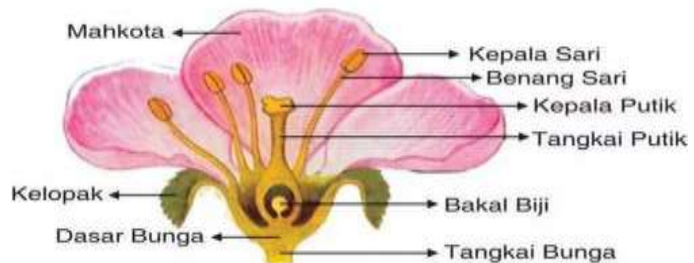
Terdapat bunga yang tidak mampu melakukan penyerbukan sendiri. Hal ini disebabkan benang sari atau putik tidak matang bersamaan, seperti peristiwa *Protandri*, yaitu bila benang sari masak lebih dahulu daripada putik. *Protogeni*, yaitu bila putik masak lebih dahulu daripada benang sari.

3) Pembuahan (fertilisasi)

Pembuahan yaitu proses peleburan gamet jantan (sperma) dengan gamet betina (ovum). Setelah penyerbukan, sperma bergerak ke arah sel telur melalui buluh serbuk sari, selanjutnya terjadi peleburan inti sel telur dan inti sperma di dalam ovula.

Ovula adalah struktur sporofit yang mengandung megasporangium dan gametofit betina. Pembuahan antara gamet jantan dan betina akan menghasilkan embrio (lembaga). Berdasarkan peristiwa itu, tumbuhan biji disebut juga embriophyta siphonogama, yaitu tumbuhan yang memiliki embrio dan perkawinannya terjadi melalui pembentukan suatu bulu.

Embrio pada tumbuhan biji bersifat bipolar (dwipolar), karena pada satu kutubnya akan tumbuh dan berkembang membentuk batang dan daun, sedangkan kutub lain membentuk sistem perakaran.



Gambar 3.16 stuktur bunga

Pembuahan pada tumbuhan berbiji dibedakan menjadi dua yaitu:

a) Pembuahan Tunggal (pembuahan yang terjadi satu kali pembuahan)

Pembuahan tunggal yaitu peleburan gamet jantan dan gamet betina yang menghasilkan embrio. Terjadi pada tumbuhan Gymnospermae. Proses pembuahan tunggal ini terjadi pada tumbuhan berbiji terbuka (Gymnospermae). Serbuk sari nantinya akan sampai di tetes penyerbukan, lalu saat mengeringnya tetes penyerbukan, maka serbuk sari yang sudah jatuh di dalamnya langsung diserap masuk menuju ruang serbuk sari lewat mikrofil.

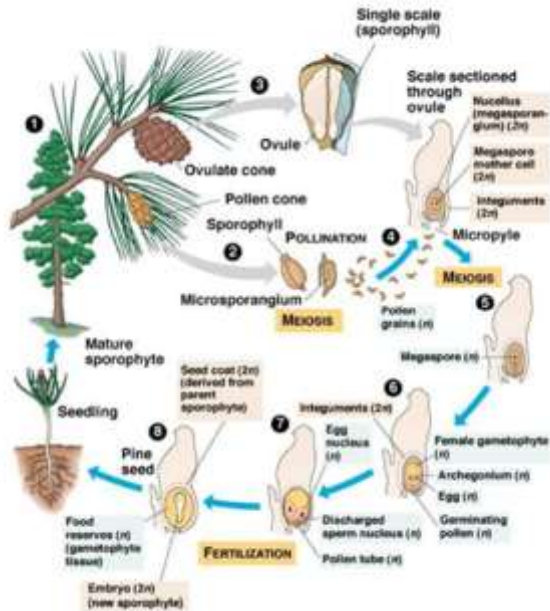
Serbuk sari dibedakan atas dua sel, yakni sel generatif atau kecil dan sel vegetatif atau besar. Hampir seluruhnya menyelubungi sel generatif. Serbuk sari ini pada suatu saat akan tumbuh membentuk buluh serbuk sari, kemudian akan bergerak menuju ruang arkegonium.

Karena akan membentuk buluh serbuk sari, jadi sel-sel yang ada di antara ruang serbuk sari serta ruang arkegonium akan terdesak menuju samping akan terlarut. Sedangkan itu di dalam buluh tersebut sel generatif akan terbelah menjadi dua serta menghasilkan sel dinding maupun sel dislokator dan sel spermatogen (calon spermatozoid). Sel spermatogen tersebut kemudian membelah lagi menjadi dua sel permatozoid.

Sel vegetative akan menghilang sesudah sampai di ruang arkegonium, dan kedua sel

spermatozoid terlepas menuju dalam ruang arkegonium yang isinya cairan sehingga spermatozoid bisa berenang di dalamnya. Pada ruang arkegonium ada beberapa sel telur yang besar.

Pada tiap sel telur akan menyatu dengan satu spermatozoid. Jadi pembuahan pada Gymnospermae bisa selalu membuahkan zigot yang kemudian akan tumbuh dan berkembang jadi embrio. Pembuahan tunggal yang seperti ini contohnya terjadi pada pohon Pinus.



Gambar 3.17 proses pembuahan tunggal pada tanaman gymnospermae

b) Pembuahan Ganda (pembuahan yang terjadi dua kali pembuahan),

Pembuahan yang terjadi dua kali proses pembuahan yaitu *pertama* : peleburan inti

sperma \times ovum , menghasilkan zygote \rightarrow embrio. *Kedua*, peleburan inti sperma \times kandung lembaga sekunder \rightarrow menghasilkan endosperm (untuk cadangan makanan). Terjadi pada tumbuhan Angiospermae.

Pembuahan ganda yang terjadi pada tumbuhan Angiospermae atau tumbuhan berbiji tertutup. Berikut adalah urutan atau langkah pembuahannya:

1. Perkembangan Serbuk Sari

Serbuk sari yang sudah jatuh di kepala putik terdiri dari satu sel dengan 2 dinding pembungkus, yakni: intin (selaput dalam) dan eksin (selaput luar). Eksin pecah, lalu intin tumbuh dengan panjang menghasilkan buluh serbuk sari. Buluh serbuk sari tersebut akan tumbuh menuju ruang bakal biji.

Bersamaan dengan tersebut inti sel serbuk sari akan membelah menjadi dua, untuk yang besar di depan ialah inti vegetatif menjadi penunjuk jalan. Serta untuk yang kecil di belakang ialah inti generatif. Inti generatif akan membelah lagi menjadi 2 inti generatif spermatozoid, yakni inti generatif satu dan inti generatif dua.

2. Pembentukan Sel Telur

Dengan bersamanya proses perkembangan serbuk sari di dalam buluh serbuk sari. Maka di dalam ruang bakal biji pada sel induk megaspora (makrosporangium/megasporangium) akan membelah dengan meiosis menjadi empat sel. Tiga bagian di

antaranya mati serta yang satu tumbuh hingga menjadi sel makrospora atau megaspora (inti kandung pada lembaga primer). Inti sel megaspora tersebut selanjutnya akan membelah mitosis 3 kali, jadi membentuk delapan inti.

Dari ke delapan inti tersebut lalu masing – masing akan dibungkus oleh membran sehingga sel menjadi terpisah. Oleh karena itu, sel – sel di dalam bakal biji kerap dijuluki dengan nama multigamet. Langkah selanjutnya, kedelapan sel itu akan membentuk formasi yang berada dalam bakal biji.

Tiga sel ditempatkan di bagian atas bakalnya biji yang disebut antipoda. Di bagian bawah berada di dekat mikrofil, sementara tiga sel menempatkan diri secara berdekatan. Di tengah ialah ovum, sementara yang menggapitnya sebelah kanan dan juga kiri adalah sinergid.

Untuk dua sel yang tersisa akan bergerak menuju ke tengah bakal biji dan menyatu, melebur, lalu membentuk inti kandung lembaga sekunder dan menjadi sel diploid ($2n$). Apabila terjadi pembuahan inti secara generatif 1 dengan membuahi ovum membentuk zigot.

Sementara inti generatif 2 akan membuahi inti kandung pada lembaga sekunder dengan menghasilkan endosperm ($3n$) untuk cadangan makanan bagi zigot.

Inilah yang disebut dengan pembuahan ganda.

Sedangkan itu, inti vegetatif bisa mati sesudah sampai di bakal biji. Hasilnya berupa :

ovum (n) + inti generatif 1 (n) => zigot (2n)
inti kandung pada lembaga sekunder (2n) +
inti generatif 2 (n) => endosperm (3n)

Masuknya inti generatif menuju dalam ruang bakal biji terdapat beberapa cara, yakni :

- a. Porogami terjadi jika dalam pembuahan masuknya spermatozoid lewat mikrofil.
- b. Apogami kebalikan dari porogami, jika masuknya spermatozoid tanpa melalui mikrofil. Jika masuknya spermatozoid lewat kalaza, maka dinamakan kalazogami.

Embrio dalam tumbuhan berbiji bisa terjadi karena :

- a. Amfiksisis (amfiksisis) yaitu terjadinya embrio melewati peleburan antara sel spermatozoid dan ovum.
- b. Apomiksisis yaitu embrio terjadi tidak dari peleburan sel telur menggunakan sel spermatozoid.

Apomiksisis bisa terjadi karena:

- a. Partenogenesis merupakan pembentukan embrio pada sel telur tanpa pembuahan.
- b. Apogami merupakan terjadinya embrio dari bagian lain pada kandung lembaga dan tanpa pembuahan, seperti dari antipoda atau sinergid.

c. Embrioni adventif merupakan embrio yang terjadi dengan selain kandung lembaga. Seperti, dari sel nuselus.

Terjadinya amfimiksis dan juga apomiksis secara bersamaan menyebabkan adanya lebih dari satu embrio pada satu biji. Peristiwa tersebut disebut poliembrioni. Poliembrioni kerap ditemui pada mangga, jeruk, nangka, dan lainnya.



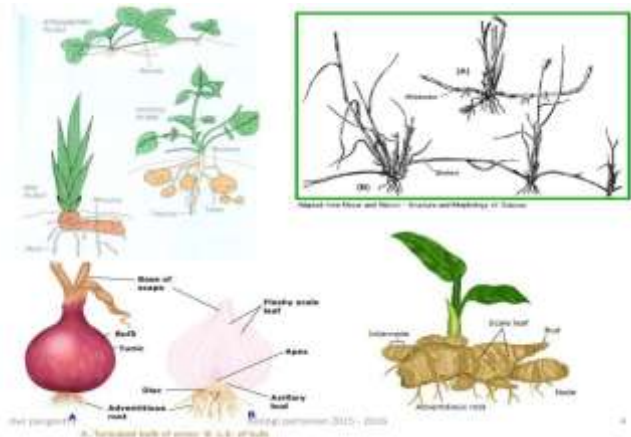
Gambar 3.18 proses pembuahan ganda

b. Reproduksi Vegetatif

Reproduksi vegetatif yaitu cara reproduksi tanpa melalui perkawinan (fertilisasi) gamet jantan dan betina. Sifat dari reproduksi vegetatif adalah menghasilkan keturunan yang identik (sifat sama) dengan induknya. Reproduksi Vegetatif dapat terjadi secara :

- 1) Alami, cara perbanyakan yang dilakukan oleh organ vegetatif tumbuhan tanpa bantuan manusia. Organ vegetatif yang berperan antara lain :

- a) Rhizoma (rimpang/akar tinggal), yaitu batang yang menjalar secara horisontal dalam tanah menyerupai akar. Misal : bunga tasbih, kunyit, jahe, alang-alang.
- b) Stolon (geragih), yaitu batang yang menjalar di atas tanah. Misal : arbei (stroberi), daun kaki kuda (*Centella asiatica*).
- c) Umbi Lapis (Bulbus), yaitu batang berukuran pendek yang dikelilingi daun berlapis-lapis. Misal: bawang merah (*Allium cepa*).
- d) Umbi Batang, yaitu batang yang membengkak di dalam tanah. Misal : ubi jalar, kentang.
- e) Tunas , yaitu bagian batang yang memiliki bakal tunas. Misal : bambu, kelapa, dan sebagainya.
- f) Daun , yaitu bagian tepi daun yang memiliki jaringan meristem. Misal : Cocor Bebek.
- g) Kormus , yaitu pangkal batang yang membesar dan memiliki beberapa kuncup. Misal : bunga tasbih, gladiol.



Gambar 3.19 reproduksi tumbuhan secara vegetatif alami

- 2) Buatan, yaitu cara perbanyakan yang dilakukan oleh tumbuhan dengan bantuan manusia. Macam reproduksi vegetatif secara buatan :
- Mencangkok
 - Menempel (okulasi)
 - Menyambung
 - Menyetek
 - Merunduk
 - Kultur Jaringan, merupakan usaha perbanyakan tanaman dengan memanfaatkan sifat totipotensi . Totipotensi adalah kemampuan beberapa sel tanaman yang dapat tumbuh menjadi individu baru.



Gambar 3.20 reproduksi vegetatif tumbuhan secara buatan

3. Klasifikasi Tanaman Spermatophyta

Tumbuhan Spermatophyta dibedakan menjadi 2 golongan (sub devisio), yaitu :

a. **Gymnospermae (Tumbuhan Berbiji terbuka)**

Disebut biji terbuka karena biji tidak tertutup oleh daging buah. Umumnya memiliki struktur daun

tebal, banyak cabang, tudung daun membentuk konifer/kerucut. Belum memiliki bunga sesungguhnya. Reproduksi generatif terjadi satu kali pembuahan (pembuahan tunggal) yang menghasilkan zygot. Waktu antara penyerbukan dan pembuahan berlangsung relatif lama.

Gymnospermae dibedakan menjadi beberapa kelompok, yaitu :

- 1) Cycadophyta/Cycadales, batang tidak bercabang, daun-daun majemuk tersusun sebagai tajuk di pucuk pohon. Contoh : *Cycas* rumpii (pakis haji).
- 2) Pinophyta/Coniferales, memiliki tudung daun berbentuk kerucut (konifer), alat reproduksi berupa strobilus (pada jantan maupun betina), daun berbentuk jarum. Contoh : *Aghatis alba* (damar), *Cupressus* sp, *Araucaria* sp, *Juniperus* sp, *Pinus merkusii*.
- 3) Gnetophyta/Gnetales, batang memiliki banyak cabang, daun tunggal berhadapan, bunga berkelamin tunggal. Misal : *Gnetum gnemon* (mlinjo).
- 4) Ginkophyta, pohon dengan tunas pendek, daun berbentuk pasak/kipas dan bertangkai daun. Merupakan tumbuhan asli di negara Tiongkok.



Gambar 3.21 contoh anggota tanaman gymnospermae

b. Angiospermae (Tumbuhan Berbiji tertutup)

Disebut biji tertutup karena biji terbungkus oleh daging buah. Memiliki alat reproduksi berupa bunga sempurna (benangsari, putik, bakal buah, bakal biji, mahkota, kelopak, dan tangkai). Reproduksi generatif mengalami dua kali pembuahan (pembuahan ganda) yang menghasilkan zygot (pembuahan inti generatif/sperma dengan ovum) dan endosperm (pembuahan inti generatif/sperma dengan kandung lembaga skunder).

Angiospermae dibedakan menjadi 2 kelas, yaitu

:

1) Kelas Monokotiledonae (Biji berkeping satu)

Umumnya berupa tumbuhan herba semusim atau setahun, memiliki kotiledon tunggal/berkeping satu, batang tidak bercabang / bercabang sedikit dan tidak memiliki kambium, berkas pengangkut tersusun tidak teratur (tersebar), tipe kolateral tertutup, tulang daun melengkung/sejajar, memiliki

akar serabut, Bunga memiliki bagian-bagian dengan kelipatan 3, bentuk bunga tidak beraturan, dan warna tidak mencolok.

Terdiri dari beberapa famili :

- a) Liliaceae, Misal : Liliium sp (lilia), Alium cepa (bawang besar), Alium sativum (bawang putih), Alium ascolonicum (bawang merah).
- b) Palmae (keluarga palem), Misal : Cocos nucifera (kelapa), Phoenix sp (kurma)
- c) Graminae (keluarga rumput-rumputan), Misal : Oryza sativa (padi), Zea mays (Jagung), rumput, bambu, dan sebagainya.
- d) Orchidaceae (keluarga anggrek), Misal : Cattleya sp, Dendrobium sp, Arundina sp, Epidendrum sp, Vanilia planifolia (vanili).



Gambar 3.22 contoh anggota tanaman monokotil

2) Kelas Dikotiledonae (Biji berkeping dua)

Umumnya berupa tumbuhan menahun (berkayu), memiliki kotiledon ganda/berkeping dua, umumnya batang bercabang, memiliki kambium, berkas pengangkut tersusun secara teratur

(bersebelahan), tipe kolateral terbuka, tulang daun menjari/menyirip, memiliki akar tunggang, Bunga memiliki bagian-bagian dengan kelipatan 4 atau 5, bentuk bunga beraturan, dan umumnya memiliki warna mencolok.

Terdiri dari beberapa familia, yaitu :

- a) Caryophyllaceae, Misal : *Dianthus chinensis*.
- b) Magnoliaceae, Misal : *Magnolia grandiflora* (cempaka putih).
- c) Rosaceae, Misal : *Rosa hybrida* (bunga maqar)
- d) Leguminoceae, Misal : *Leucena glauca* (lamtoro), *Parkia specinosa* (petai), *Tamarindus indica* (asam).
- e) Malvaceae, Misal : *Hibiscus rosa-sinensis* (bunga sepatu), *Glossipium obtusifolium* (kapas).
- f) Umbelliferae, Misal : *Centella asiatica* (talas)
- g) Solanaceae, Misal : *Solanum tuberosum* (kentang), *Orthosiphon grandiflorus* (kumisal kucing).
- h) Compositae, Misal : *Ageratum sp* (babandotan), *Helianthus annus* (bunga matahari), *Nicotiana tabaccum* (tmebakau), *Capsicum sp* (cabe), *Lycopersicum esculentum* (tomat), dan sebagainya.



Gambar 3.23 perbedaan antara tanaman monokotil dan dikotil

4. Peranan dan Pemanfaatan Tanaman Spermatophyta

a. Peranan Spermatophyta

- 1) Sumber bahan makanan (karbohidrat, lemak, protein, mineral, vitamin)
- 2) Sumber bahan minuman (jahe, teh, kopi)
- 3) Sumber bahan sandang (rami, kapas)
- 4) Sumber bahan bangunan (Mahoni, jati, meranti)
- 5) Sumber bahan industri (pinus, karet)

b. Pemanfaatan spermatophyta

- 1) Sebagai makanan pokok, contohnya gandum, jagung, padi, dan sagu.
- 2) Dijadikan sayuran, contohnya kacang, tomat, kol, wortel dan kentang.
- 3) Sebagai bahan dasar pakaian, contohnya rami dan kapas.
- 4) Untuk bahan bangunan, contohnya seperti jati, meranti, dan sana keling.
- 5) Sebagai obat-obatan, contohnya mengkudu, adas, dan kumis kucing.
- 6) Ada juga yang dimanfaatkan untuk kosmetik.

BAB IV

Tanaman Paku di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan Bengkulu

A. LOKASI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan Wilayah Seksi IV resor merpas.

Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS) berada di tiga Provinsi Sumatera yaitu: **Lampung, Sumatera Selatan dan Bengkulu**. Bersama dengan Gunung Leus dan Kerinci Seblat, taman nasional gabungan membentuk Warisan Hutan Hujan Tropis Sumatera yang ditorehkan dalam dalam Daftar Warisan Dunia UNESCO yang membentang di sepanjang barat pulau.

Berawal dari sebuah Suaka Margasatwa pada tahun 1935, daerah ini menjadi Taman Nasional pada tahun 1982. Awalnya, Taman Bukit Barisan Selatan mencakup luas total 356,800 hektar, tetapi pengukuran terakhir menggunakan GIS mencatat bahwa total luas terbaru sebenarnya 324.000 hektar. Taman ini terletak di ujung selatan Sumatera. Tujuh puluh persen dari taman terletak dalam wilayah administrasi Lampung Barat dan Tanggamus di Provinsi Lampung, sementara 74,822 hektar (sekitar 23%) berada dalam batas-batas kabupaten Kaur, di Provinsi Bengkulu. Sementara sisa taman terletak dalam provinsi Sumatera Selatan.

1. Sejarah Taman Nasional

Taman Nasional Bukit Barisan Selatan terletak di wilayah barat daya Pulau Sumatera yang secara administratif termasuk dalam tiga kabupaten yakni Kabupaten Lampung Barat (280.300 ha) dan Kabupaten Tanggamus di Provinsi Lampung seluas 10.500 ha serta Kabupaten Kaur di Provinsi Bengkulu seluas 66.000 ha. Kawasan hutan yang secara geografis terletak antara 4° 33' -

5° 57' LS dan 103° 23' - 104° 43' BT ini pada awalnya ditetapkan sebagai Suaka Margasatwa oleh Pemerintah Kolonial Belanda melalui Besluit Ban der Gouverneur Genderal van Nederlandsch Indie No.48 stbl.1935 dengan nama Sumatera Selatan I (SS I).

Setelah Indonesia merdeka, pada tanggal 14 Oktober 1982 melalui Surat Pernyataan Menteri Pertanian No.736/Mentan/X/1982 Suaka Margasatwa Sumatera Selatan I ditetapkan sebagai Taman Nasional dengan nama Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS), sesuai dengan letaknya yang berada di pegunungan Bukit Barisan bagian selatan. Tujuannya, adalah untuk meningkatkan perlindungan terhadap hutan hujan tropis Pulau Sumatera beserta kekayaan alam hayati yang dimilikinya.

Selanjutnya, pada tahun 1990 dan 2000 sebagian dari wilayah TNBBS (+ 21.600 ha) ditetapkan pula sebagai Cagar Alam Laut Bukit Barisan Selatan berdasarkan SM Menhut No.71/Kpts-II/1990 dan SK Menhut No.256/Kpts-II/2000. Kemudian, pada 17 Juli 2004 bersama dengan Taman Nasional Gunung Leuser dan Taman Nasional Kerinci Seblat ditetapkan oleh UNESCO sebagai Cluster Natural World heritage Site dengan nama The Tropical Rainforest heritage of Sumatera. Terakhir, pada Juli 2006 TNBBS menjadi TN Model melalui SK Dirjen PHKA No.69/IV-Set/HO/2006 dan setahun kemudian menjadi Balai Besar Taman Nasional berdasarkan Permenhut No.P03/Menhut-II/2007 tanggal 1 Februari 2007.

Adapun instansi pengelolanya adalah Balai Taman Nasional Bukit Barisan Selatan yang mempunyai visi untuk mewujudkan kelestarian Taman Nasional bagi kesejahteraan masyarakat sekitar. Sedangkan misinya, antara lain: menjaga keberadaan dan integritas TNBBS; memantapkan pengelolaan TNBBS; mengoptimalkan

manfaat TNBBS; dan meningkatkan peran serta masyarakat dan stake holders serta mengembangkan kemitraan dalam pengelolaan hutan.

Oleh pihak Balai TNBBS kawasan hutan ini dibagi menjadi enam zona, berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 68 Tahun 1998 pasal 30 ayat (2) tentang Kawasan Suaka Alam dan Kawasan Pelestarian serta Permenhut Nomor: P.56/Menhut-II/2006 tentang Pedoman Zonasi Taman Nasional. Zona-zona tersebut, adalah: (1) zona inti (sanctuary zone) seluas 159.464 ha; (2) zona rimba (wilderness zone) seluas 104.887 ha; (3) zona pemanfaatan (intensive zone) seluas 8.039 ha; (4) zona rehabilitasi seluas 75.732 ha; (5) zona religi, budaya dan sejarah seluas 4 ha; dan (4) zona khusus dengan luas sekitar 142 ha.

2. Kondisi Alam Taman Nasional Bukit Barisan

Taman Nasional Bukit Barisan Selatan yang merupakan salah satu perwakilan ekosistem hutan hujan dataran rendah di Pulau Sumatera, secara umum memiliki kondisi topografi yang bergelombang, berbukit dan bergunung-gunung dengan variasi mulai dari dataran pantai sampai dengan ketinggian + 1.964 meter di atas permukaan air laut. Sedangkan iklimnya berdasarkan klasifikasi Schmidt dan Ferguson, pada bagian barat termasuk tipe A (9 bulan basah/tahun) dengan curah hujan antara 2.500-3.000 mm/tahun dan bagian timur termasuk tipe B (7 bulan basah/tahun) dengan curah hujan antara 3.000-4.000 mm/tahun dengan temperatur udara 20° - 28°C.

Kondisi topografis yang bervariasi tersebut menjadikan kawasan taman nasional ini memiliki formasi vegetasi yang cukup lengkap, yaitu vegetasi pantai, payau, rawa, hutan tanaman, hutan bambu dan hutan hujan tropika. Jenis-jenis tumbuhan yang banyak dijumpai di dalam vegetasi ini diantaranya adalah pidada (*Sonneratia*

sp.), nipah (*Nypa fruticans*), cemara laut (*Casuarina equisetifolia*), pandan (*Pandanus* sp.), cempaka (*Michelia champaka*), meranti (*Shorea* sp.), mersawa (*Anisoptera curtisii*), ramin (*Gonystylus bancanus*), keruing (*Dipterocarpus* sp.), damar (*Agathis* sp.), rotan (*Calamus* sp.), bunga rafflesia (*Rafflesia arnoldi*), bunga bangkai jangkung (*Amorphophallus decus-silvae*), bunga bangkai raksasa (*A. titanum*), anggrek raksasa/tebu (*Grammatophyllum speciosum*), dan lain sebagainya (sekitar 10.000 jenis tumbuhan yang 17 diantaranya termasuk marga endemik).

Vegetasi-vegetasi yang ada di TNBBS tersebut sampai saat ini kondisinya relatif masih lengkap dan asli, sehingga memungkinkan beraneka ragam jenis fauna hidup dan berkembang di dalamnya. Menurut situs resmi Balai TNBBS (2012), di taman nasional ini memiliki beragam jenis satwa yang terdiri dari 201 spesies mamalia (22 spesies diantaranya dilindungi undang-undang), 582 spesies burung (21 dilindungi), 270 spesies ikan air tawar, dan 30 jenis amfibi dan reptilia yang beberapa diantaranya dilindungi undang-undang.

Jenis-jenis satwa yang hidup di TNBBS diantaranya adalah: beruang madu (*Helarctos malayanus malayanus*), badak Sumatera (*Dicerorhinus sumatrensis sumatrensis*) berjumlah sekitar 300 ekor, harimau Sumatera (*Panthera tigris sumatrae*) berjumlah kurang dari 400 ekor, gajah Sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) berjumlah kurang dari 2000 ekor, tapir (*Tapirus indicus*), ungko (*Hylobates agilis*), siamang (*H. syndactylus syndactylus*), simpai (*Presbytis melalophos fuscamura*), kancil (*Tragulus javanicus kanchil*), penyu sisik (*Eretmochelys imbricata*), kelinci belang sumatera, sekitar 22 jenis kelelawar (*Balionyctes maculata*, *Cynopterus branchyotis*,

Cynopterus minutus, Hipposideros bicolor, Hipposideros cervinus, Hipposideros cineraceus, Hipposideros diadema, Hipposideros larvatus, Kerivoula hardwickii, kerivoula intermedia, Kerivoula papillosa, Kerivoula pellucida, Megaderma spasma, Murina cyclotis, Murina Suilla, Nycteris javanica, Phoniscus atrox, Rhinolopus affinis, Rhinolopus bornensis, Rhinolopus lepidus, dan Rhiolopus trifoliatus), dan lain sebagainya.

Selain kaya akan flora dan fauna, di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan juga terdapat beberapa area yang dijadikan sebagai obyek wisata, yaitu: (1) Kubu Perahu yang dapat dijadikan sebagai tempat pengamatan satwa dan tumbuhan, melakukan penjelajahan hutan atau bermain dan berenang di air terjun; (2) Sukaraja Atas, sebuah tempat yang cocok digunakan untuk menjelajahi hutan, berkemah, dan mengamati bunga bangkai jangkung; (3) Tampang; (4) Blubuk; (5) Danau Menjukul yang letaknya berada di garis pantai berbatasan langsung dengan Samudera Hindia; (6) Way Sleman; (7) Blimbing; (8) Danau Suwuh; (9) air terjun Sepapa Kiri setinggi 60 meter, dan (10) kawasan geothermal yang selalu mengeluarkan panas dari perut bumi dalam bentuk gelembung-gelembung gas.

3. Tata Cara Masuk Ke Lokasi Taman Nasional Bukit Barisan Selatan

Untuk memasuki kawasan TNBBS harus mematuhi tata tertib yang dibuat oleh pihak pengelola (Balai Taman Nasional Bukit Barisan Selatan) berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 59 tahun 1998, yaitu: (1) setiap pengunjung/kendaraan yang memasuki kawasan TNBBS wajib membayar karcis masuk dan pungutan sesuai dengan ketentuan yang berlaku; (2) bagi peneliti wajib menyampaikan permohonan penelitian dilampiri proposal

dan surat pengantar dan institusi yang bersangkutan, dalam pelaksanaan penelitian didampingi petugas TNBBS dan wajib menyerahkan copy hasil penelitian; (3) bagi peneliti yang mengambil spesimen/sampel penelitian jenis dilindungi harus mendapat izin khusus dari Direktorat Jenderal PHKA; (4) pengunjung dengan tujuan pengambilan gambar, foto dan film/video wajib menyampaikan permohonan tertulis kepada Kepala Balai disertai sinopsis, dalam pelaksanaan kegiatan didampingi petugas TNBBS dan wajib menyerahkan copy hasil shooting; dan (5) mematuhi ketentuan yang berlaku selama di dalam kawasan TNBBS.

Berikut adalah bagan aturan atau tata tertib bagi pengunjung yang ingin memasuki Taman Nasional Bukit Barisan Selatan.



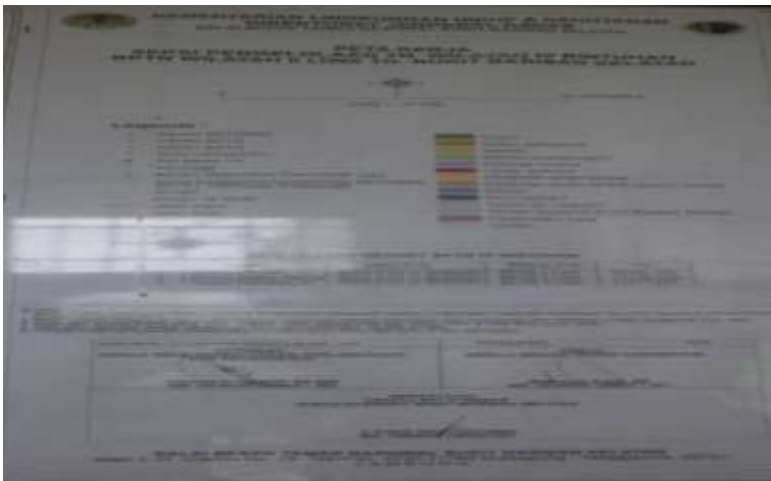
Gambar 4.1 Alur Masuk Ke Taman Nasional Bukit Barisan Selatan

Adapun pada penelitian ini peneliti lebih terfokus pada lokasi taman nasional bukit barisan selatan wilayah IV Bengkulu, yang memiliki tiga resor yaitu resor merpas, resor muara saung dan resor makakau ilir, seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.2 lokasi penelitian

Dari ketiga resor yang terdapat di taman nasional bukit barisan selatan wilayah Seksi IV Bengkulu, peneliti memfokuskan lagi tempat penelitian di resor merpas Kabupaten Kaur Provinsi Bengkulu, yang memiliki luas wilayah 29096,789 Ha.



Gambar 4.3 Luas Wilayah Seksi IV

Untuk menuju lokasi penelitian dari mes resort merpas peneliti dan tim tidak langsung ke hutan taman nasional tetapi berhenti ke tempat penginapan (dirumah warga) sebagai rumah terakhir yang berbatasan langsung dengan hutan taman nasional bukit barisan selatan seksi IV resort merpas, perjalanan tersebut menggunakan motor trail waktu yang ditempuh apabila tidak dalam keadaan hujan (licin) sekitar 1 jam 30 menit (berangkat jam 15.00 sampai 16.35 wib), sedangkan apabila keadaan hujan atau habis hujan waktu yang ditempuh sekitar 3 jam 15 menit. Medan perjalanan menuju lokasi bisa dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.4 medan perjalanan menuju tempat penginapan batas kebun warga dengan taman nasional

Peneliti membagi tempat penelitian menjadi beberapa spot pencarian, yaitu:

- a. Kebun Warga
- b. Hutan Lebat
- c. Sungai
- d. Air Terjun

Peneliti dan tim menuju tempat-tempat mencari data dengan jalan kaki.



Gambar 4.5 spot kebun warga



Gambar 4.6 spot sungai



Gambar 4.7 spot air terjun



Gambar 4.8 spot air hutan belantara

B. Hasil Penelitian

Data yang dikumpulkan selanjutnya dianalisis secara deskriptif dan disajikan dalam bentuk tabel, gambar, dan uraian deksripsi seperti berikut:

1. *Adiantum peruvianum*

Adiantum peruvianum (paku suplir) ditemukan disamping aliran sungai / dipinggir sungai yang airnya jernih sistem perakaran serabut. Tinggi paku ini ± 1 m batang berwarna hijau muda. Tumbuhan ini termasuk tumbuhan epifit yang menempel pada tumbuhan lain. Daun majemuk berwarna hijau daun, panjang 4 cm, lebar 1,3 cm, tepi daun rata dan ujung daun tumpul. Bentuk membulat. Tangkai-tangkainya berwarna hijau mengkilap. Pada paku ini tidak ditemukan adanya sorus karena pada daun yang diamati masih muda. Potensi pemanfaatan tumbuhan ini sebagai tanaman hias karena menarik sehingga terlihat indah untuk dijadikan sebagi tanaman hias.



Gambar 4.9 *Adiantum peruvianum*

Adapun klasifikasinya sebagai berikut:

Regnum	: Plantae
Divisi	: Pteridophyta
Kelas	: Pteridopsida
Ordo	: Pteridales
Famili	: Pteridaceae
Genus	: <i>Adiantum</i>
Spesies	: <i>Adiantum peruvianum</i>

2. *Adiantum tenerum*.

Adiantum tenerum (paku suplir) merupakan tumbuhan epifit yang menempel pada tumbuhan lain, memiliki sistem perakaran serabut, tumbuhan ini ditemukan di aliran sungai awal masuk kawasan hutan taman nasional bukit barisan berbatasan dengan kebun warga. Batang berwarna hijau dengan tinggi berkisar 5 cm, daun berwarna hijau, ujungnya bulat telur, panjang 10 cm, lebar 0,7, tepi daun bergerigi, ujung tumpul. Ukuran jenis tumbuhan ini sekitar 35-60 cm, tangkai hitam mengkilat licin, bentuk helaian daun agak memanjang, dengan tepi bergerigi, daun memanjang yang merupakan tempat spora.

Pada paku ini tidak ditemukan adanya sorus karena pada daun yang diamati masih muda. Potensi pemanfaatan tumbuhan ini sebagai tanaman hias karena menarik sehingga terlihat indah untuk dijadikan sebagai tanaman hias.



Gambar 4.10 *Adiantum tenerum* (paku suplir)

Adapun klasifikasinya sebagai berikut:

Regnum	: Plantae
Divisi	: Pteridophyta
Kelas	: Pteridopsida
Ordo	: Pteridales
Famili	: Pteridaceae
Genus	: <i>Adiantum</i>
Spesies	: <i>Adiantum tenerum</i>

3. *Asplenium nidus* (Paku sarang burung)

Paku Sarang Burung (*Asplenium nidus*) mempunyai bentuk akar rimpang, pendek, bersisik dan menempel pada tumbuhan inang. Daun tunggal berwarna hijau menyirip, tangkai daun pendek, panjang daun 16-120 cm dan lebar 7-20 cm, ujung daun meruncing, tepi daun rata serta permukaannya berombak dan mengkilat.

Letak daun melingkar berbentuk keranjang dan pertulangan daun berwarna coklat. Sorus melekat

pada garis-garis anak tulang daun di bawah daun, sorus berwarna coklat muda dan berbentuk bangun garis. Jenis pteridophyta ini tumbuh epifit pada batang pepohonan.



Gambar 4.11 *Asplenium nidus* (Paku sarang burung)

Habitat paku sarang burung ini bersifat Terrestrial, paku epifit pada pohon tinggi, Tumbuh tersebar di seluruh kawasan yang diamati mulai 1.060-1.240 m dpl. Tumbuh epifit di batang pohon yang telah ditebang sampai di ranting pohon besar. Secara umum tumbuhan ini banyak ditemukan baik di dataran rendah maupun daerah pegunungan sampai ketinggian 2.500 m dpl., sering menumpang di batang pohon tinggi, dan menyukai daerah yang agak lembab dan tahan terhadap sinar matahari langsung. Tanaman ini tersebar di seluruh daerah tropis.

Manfaat dari tanaman paku ini adalah sebagai Obat penyubur rambut (Boon, 1999), demam, sakit kepala (Departemen Kehutanan dan Perkebunan, 2000), kontrasepsi, gigitan atau sengatan hewan berbisa (Baltrushes, 2006). Daunnya ditumbuk dan dicampur

dengan parutan kelapa kemudian dioleskan pada rambut (Boon, 1999). Anti radang dan pelancar peredaran darah

Khasiat dan pemanfaatan :

- a. Obat bengkak; daun paku sarang burung segar sebanyak 15 gram, dicuci, ditumbuk halus dan ditambah sedikit anggur kemudian diborehkan ke bagian yang sakit.
- b. Obat luka memar: daun paku sarang burung segar sebanyak 15 gram, dicuci dan direbus dengan 200 ml air sampai mendidih selama 15 menit, dinginkan dan saring. Hasil saringan diminum sekaligus dan lakukan pengobatan sebanyak 2 kali sehari, pagi dan sore.

Klasifikasinya sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisi : Pteridophyta
Class : Polypodiopsida
Ordo : Polypodiales
Family : Aspleniaceae
Genus : Asplenium
Spesies : *A. Nidus*

4. *Christella leveille*

Paku jenis ini memiliki ciri-ciri, ujung daun meruncing, tangkai daun panjang, helaian daun berbentuk seperti daun petai, spora berada dibawah. Habitat dari tanaman paku ini berada diwilayah pegunungan yang lembab, kadangkala menepel pada batang tanaman yang mati.



Gambar 4.12 *Christella leveille*

Klasifikasinya sebagai berikut:

- Kingdom : Plantae
- Divisi : Pteridophyta
- Class : Polipodiopsida
- Ordo : Polypodiales
- Family : Thelypteridaceae
- Genus : *Christella*
- Spesies : *Christella leveille*

5. *Christella parasitica* (Paku Tanah)

Christella parasitica merupakan tumbuhan paku yang hidup di tanah terutama adalah kawasan yang lembab, memiliki daun menyirip ganda dua, tepi daun bergerigi, vena menyirip bercabang dua dengan ujung daun bebas. Tumbuhan ini memiliki tipe akar serabut. Tingginya mencapai 30 cm. Sorus berbentuk bola dengan indusium yang terletak dibawah permukaan daun.



Gambar 4.14 *Christella parasitica* (Paku Tanah)

Klasifikasinya sebagai berikut:

- Kingdom : Plantae
- Divisi : Pteridophyta
- Class : Polipodiopsida
- Ordo : Polypodiales
- Family : Thelypteridaceae
- Genus : *Christella*
- Spesies : *Christella parasitica*

6. *Davallia trichomanoides*

Jenis paku ini termasuk ke dalam famili davalliaceae, yang memiliki ciri tumbuh di daerah hutan dalam yang kakan kirinya bekas tanaman yang mati, spora berada di bawah, daun warna hijau tua, helaian daun berbentuk seperti menjari panjang.



Gambar 4.15 *Davallia trichomanoides*

Klasifikasinya sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Division : Pteridophyta
Class : Filicinae
Order : Davalliales
Family : Dipolypodiceae
Genus : Davallia
Spesies : *Davallia trichomanoides*

7. *Diplazium esculentum* (Paku Sayur)

Paku sayur (*Diplazium esculentum*) merupakan sejenis paku/pakis yang biasa dimakan ental mudanya sebagai sayuran oleh penduduk Asia Tenggara dan Kepulauan di Samudera Pasifik. Paku ini termasuk kedalam golongan paku homospora. Paku sayur (pakis) adalah salah satu dari 20,000 jenis spesies tumbuhan yang di klasifikasikan ke dalam divisi pteridophyta dan juga lebih dikenal sebagai filidophyta. Pteridophyta merupakan tumbuhan kormofita karena sudah berupa akar, batang dan daun yang sesungguhnya. Paku ini biasanya tumbuh di tepi sungai atau di tebing-tebing yang lembab dan teduh, di pinggir sungai terlindung pada tanah yang kaya bahan organik. Dapat tumbuh dari ketinggian 350 m -1600 m dpl lebih. Paku ini juga banyak di temukan di pegunungan dan tempat-tempat dataran tinggi lainnya. Tumbuhan paku ini berasal dari Amerika dan sangat terkenal karena paku ini di gunakan untuk makanan. Tumbuhan paku ini kebanyakan berbentuk semak, akan tetapi ketika membesar akan menyerupai pohon.



Gambar 4.16 *Diplazium esculentum* (paku sayur)

Bentuk daun majemuk, menyirip, lanset, tepi bergerigi, ujung runcing, pangkal tumpul, panjang 5-6 cm, lebar 1-2 cm, tangkai silindris, berambut, pertulangan menyirip, hijau. Ental yang muda ditutupi oleh sisik berwarna coklat muda. Tersusun atas 15 pasang anak-anak daun panjangnya 40 cm dan lebarnya 8 cm. Tekstur daun agak kaku dengan tepi bergigi berwarna hijau gelap.

Tangkai berwarna hijau agak halus dan berdaging dengan ental diujung, dengan panjang 20-50 cm. Pada daun 2 – 3 pinnate, 5-3 menyirip, dan panjangnya 50-80 cm. Yang pinnules berbentuk pisau pembedah dengan panjang 2-5 cm dan agak kasar bergerigi. Pada sori yang dangkal, diatur di pasang di sisi pembuluh darah atau veinlets. Tumbuhan ini banyak dijumpai di lembah-lembah di pinggir sungai terlindung pada tanah yang kaya bahan organik.

Paku sayur memiliki akar yang gemuk, liat akar yang sering berkumpul dapat dijual. Tangkai berwarna hijau dan agak halus, dengan panjang 20-50 cm. Pada daun 2 – 3 pinnate, 5-3 menyirip, dan panjangnya 50-80

cm. Yang pinnules berbentuk pisau pembedah dengan panjang 2-5 cm dan agak kasar bergerigi. Para sori yang dangkal, diatur di pasang di sisi pembuluh darah atau veinlets.

Klasifikasinya sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Division : Pteridophyta
Class : Pteridopsida
Order : Athyriales
Family : Athyriaceae
Genus : *Dilazium*
Spesies : *Diplazium esculentum*

8. *Driopteris filix* (Paku Boston)

Paku boston mempunyai bentuk akar serabut. Batang rimpang yang tegak panjang, permukaannya berbulu berwarna coklat dan tidak bercabang. Daun majemuk berwarna hijau, panjangnya 2-5 cm dengan lebar 0,5 cm, permukaan daun berbulu halus, tepi daun bergerigi dan ujung daun meruncing.

Sorusnya terletak pada bagian bawah permukaan daun berwarna kuning keemasan. Jenis pteridophyta ini ditemukan teresterial pada permukaan tanah yang lembab.



Gambar 4.17 *Driopteris filix* (Paku Boston)

Klasifikasinya sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisi : Pteridophyta
Kelas : Filicopsida
Ordo : Polypodiales
Famili : Pteridaceae
Genus : *Dryopteris*
Spesies : *Dryopteris filix*

9. *Drymoglossum piloselloides* (Paku Sisik Naga)

Paku sisik naga (*Drymoglossum piloselloides*) adalah tumbuhan epifit yang menumpang pada tumbuhan yang lain yang mempunyai bentuk akar rimpang yang berserabut, batang menjalar pada inang yang ditumpangi. Daun berwarna hijau agak tebal, bentuk daun oval sampai jorong, jarak antara daun sangat dekat dan tangkainya pendek, bentuk daun berdaging dengan ujung tumpul dan membulat, tepi daun rata dan berwarna hijau dengan permukaan daun licin mengkilat, panjang daun 5-15 cm lebar 1-2 cm. Sorus letaknya disepanjang tepi bawah dan berwarna coklat kehitaman. Jenis pteridophyta ini ditemukan epifit pada batang pepohonan.



Gambar 4.18 *Drymoglossum piloselloides* (Paku Sisik Naga)

Klasifikasinya sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae (Tumbuhan)
Subkingdom	: Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh)
Divisi	: Pteridophyta (paku-pakuan)
Kelas	: Pteridopsida
Sub Kelas	: Polypodiatae
Ordo	: Polypodiales
Famili	: Polypodiaceae
Genus	: Drymoglossum
Spesies	: Drymoglossum piloselloides

10. *Drynaria rigidula*

Drynaria rigidula, digolongkan dalam kelompok paku epifit. Tumbuh pada tempat yang banyak mendapatkan sinar matahari. Termasuk daun majemuk dengan lebar daun 13 cm, anak daun berjumlah 6-18 setiap helainya. Daun berwarna hijau tua dan tekstur keras. Tepi daun bergerigi halus. Terdapat perbedaan pada kedudukan daun antara daun muda dan daun tua. Kedudukan daun muda sejajar sedangkan pada daun tua kedudukan daun menjadi selang-seling.



Gambar 4.19 *Drynaria rigidula*

Klasifikasinya sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae (Tumbuhan)
Subkingdom	: Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh)
Divisi	: Pteridophyta (paku-pakuan)
Kelas	: Pteridopsida
Sub Kelas	: Polypoditae
Ordo	: Polypodiales
Famili	: Polypodiaceae
Genus	: <i>Drynaria</i>
Spesies	: <i>Drynaria rigidula</i>

11. *Drynaria sparsisora* (Paku Layangan)

Hidup pada semak, menempel pada pohon inang, hidup di atas pohon tetapi bukan parasit, sejenis paku epifit, bentuknya agak mirip dengan ekor tupai tetapi ental bertangkainya lebih kecil dan kaku. Paku ini biasanya tumbuh menempel pada batang pohon dan membentuk "cincin" yang mengitari batang pohon. Memiliki 2 macam daun yaitu daun fertil (Menghasilkan spora) dan daun steril (menangkap serasah sebagai sumber makanan).

Sori adalah kumpulan dari sorus. Batang memanjat atau menjalar, akar tunggang, berbentuk silindris dan berwarna coklat. Tumbuhan paku ini mengalami metagenesis atau pergiliran keturunan antara generasi sporofit dan generasi gametofit.

Generasi Saprofit merupakan tumbuhan paku itu sendiri yang dapat menghasilkan spora. Spora dihasilkan oleh struktur daun khusus yang disebut sporofil. Spora tersebut mudah menyebar diterbang angin, dan spora yang jatuh di tempat yang sesuai akan tumbuh menjadi tumbuhan baru yaitu berupa protalium.

Generasi Gametofit merupakan tumbuhan penghasil gamet. Generasi gametofit ditandai dengan adanya protalium yaitu tumbuhan paku baru yang berbentuk seperti jantung, berwarna hijau, dan melekat pada substrat dengan rizoidnya. Generasi gametofit tidak berlangsung lama karena biasanya protaliumnya berukuran kecil dan tidak berumur panjang.

Di dalam protalium terdapat suatu gametangium sehingga dapat membentuk anteridium yaitu alat kelamin jantan yang akan menghasilkan sperma, dan arkegonium yaitu alat kelamin betina yang akan menghasilkan sel telur. Jika terjadi pertemuan antara sperma dengan sel telur maka akan terbentuk zigot dan akan tumbuh menjadi tumbuhan paku baru.



Gambar 4.20 *Drynaria sparsisora* (Paku Layangan)

Klasifikasinya sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae (Tumbuhan)
Subkingdom	: Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh)
Divisi	: Pteridophyta (paku-pakuan)
Kelas	: Pteridopsida

Sub Kelas : Polypoditae
Ordo : Polypodiales
Famili : Polypodiaceae
Genus : Drynaria
Spesies : *Drynaria sparsisora* (Paku Layangan)

12. *Gleichenia linearis* (Paku Rasam)

Paku rasam mempunyai bentuk akar serabut dengan batang berwarna kuning kecoklatan. Daun majemuk, pada permukaan atas daun berwarna hijau sedangkan pada permukaan bawah daun berwarna hijau keperakan. Bentuk daun menjari, tangkai daun memiliki percabangan khusus, cabang utama terdiri dari dua anak cabang, anak cabang tersebut akan tumbuh lagi hingga tumbuh menutupi tempat tumbuhnya. Panjang dan lebar daun lebih kurang 39 cm dan 3cm, jumlah anak daun dalam satu batang utama rata-rata 167 daun. Sorus berada di bawah permukaan daun yang berwarna hijau hingga coklat kehitaman.

Secara umum deskripsi paku resam sebagai berikut Akar : Serabut. Batang : Tegak dengan percabangan dua dan masing-masing cabang itu akan bercabang dua lagi dan seterusnya,. Di saat batang masih muda permukaan batang ditutupi bulu yang berwarna hitam setelah dewasa batangnya licin dan berwarna coklat muda. Daun : Bentuknya menjari, dengan bentuk tepi daun parted, panjang mencapai 25 cm, panjang tangkai 2 cm, lebar 2 cm, jumlah daun 2-4 helai, bentuk anak daun linear, jumlah anak daun 20-50 helai.

Sorus : Terletak di setiap anak daun dan penyebarannya terbatas di sepanjang tulang daunnya, karena tidak memiliki indusia (kotak spora). Sorus

hanya mengandung sedikit sporangium tanpa tangkai dan membuka dengan suatu celah membujur. Anulus melintang. Sorus tidak tertutup oleh indusium, habitat terestial ditempat terbuka.



Gambar 4.21 *Gleichenia linearis* (Paku Rasam)

Klasifikasinya sebagai berikut:

Kingdom : Plantae

Divisi : Pteridophyta

Kelas : Pteridopsida

Ordo : Gleicheniales

Famili : Gleicheniaceae

Genus : *Gleichenia*

Spesies : *Gleichenia linearis* (Paku Rasam)

13. *Gymnocarpium dryopteris* (paku daun)

Paku daun mempunyai bentuk akar serabut. Batang rimpang kehitaman, bersisik kecil. Daun berwarna hijau, bentuknya sebagian besar segitiga (tepi bersirip-sirip), ujungnya meruncing dengan panjang 18 cm dan lebar 5-25 cm. Sorus terdapat di bawah permukaan daun, kekuningan dan bentuknya bulat. Jenis pteridophyta ini ditemukan epifit pada tanah.



Gambar 4.22 *Gymnocarpium dryopteris* (paku daun)

Adapun klasifikasinya sebagai berikut:

Kingdom: Plantae

Clade: Tracheophytes

Class: Polypodiopsida

Order: Polypodiales

Suborder: Aspleniineae

Family: Cystopteridaceae

Genus: *Gymnocarpium*

Species: *G. dryopteris*

14. *Lygodium longifolium* (Paku Hata)

Paku hata memiliki batang yang tegak, setelah dewasa akan membentuk tali dan membelit pada tanaman lain. Warna batang berwarna kuning, daunnya menjari dan duduk pada ujung batang dengan jumlah 5-7 helai daun dengan panjang 5-9 cm dan lebar 0,5-2 cm dengan warna daun hijau tua. Sorus terletak di bawah helaian daun sepanjang pertulangan daun dan berwarna cokelat.



Gambar 4.23 *Lygodium longifolium* (Paku Hata)

Klasifikasinya sebagai berikut:

- Kingdom : Plantae
- Divisi : Pteridophyta
- Kelas : Filicinae
- Ordo : Filicales
- Family : Schizaceae
- Genus : *Lygodium*
- Spesies : *Lygodium longifolium* (Paku Hata)

15. *Lycopodium squarrosus*

Jenis paku ini termasuk ke dalam suku lycopodiaceae. Tumbuhan paku ini merupakan jenis epifit, berukuran sedang, berumpun, menjuntai atau tegak. Batang panjang mencapai 1,5m, lebar 1,5-2,5 cm, daun selalu berwarna hijau, bebrapa kali bercabang dan percabangannya khas yaitu setiap cabang bercabang dua.



Gambar 4.24 *Lycopodium squarrosus*

Daun steril bundar telur menyempit samapai memanjang menggaris, panjang 1,5-2 cm, mirip dengan kawat tetapi tidak kaku, tersusun rapat, tersebar kecuali pada bagian ujung batang. Daun fertil mirip dengan daun steril. Strobili terdapat di ujung cabang, tidak bercabang, panjang mencapai 20 cm.

Strobili pada paku ini mudah dibedakan dengan batang yang berdaun dikarenakan ukurannya lebih kecil. Jenis paku ini tumbuh epifit di pohon-pohon besar dan menempel pada humus yang tebal, tumbuh baik pada ketinggian 1.440m dpl . Pada masyarakat sumatera utara jenis paku ini digunakan sebagai peangkal santet.

Klasifikasinya sebagai berikut:

Kingdom : Plantae

Divisi : Pteridophyta

Kelas : Lycopodinae
Ordo : Lycopodiales
Family : Licopodiaceae
Genus : Lycopodium
Spesies : *Lycopodium squarrosom*

16. *Lycopodium nummularifium*

Jenis tanaman paku ini hidup epifit di bawah dan melekat pada batang pohon-pohon pada habitat aslinya, yaitu hutan tropis. Tumbuhan ini cenderung bertipikal tumbuh menjalar, memanjang atau menggantung. Batang berbentuk bulat, kecil, eras dan memanjang seperti kawat, dua cabang dikotomi terbentuk pada ujung batang/cabang sebelumnya yang selanjutnya tumbuh menjadi cabang-cabang baru. Cabang-cabang baru tersebut kemudian dapat tumbuh hingga mencapai tanah dan menjalar membentuk sistem perakaran baru (rhizoma).

Rhizoma yang berakar adventif merupakan modifikasi batang yang berfungsi sebagai alat transportasi air dan nutrisi untuk proses fotosintesis, selain itu juga berfungsi sebagai perekat tanaman

Daun kecil (mikropil) berwarna hijau, berbentuk bulat hingga oval lonjong, pipih dengan satu tulang daun yang berada ditengah helaian. Spora ringan dan persebarannya secara merata dengan bantuan angin, spora terdapat di strobilus yang berbentuk seperti ginjal.

Jenis tanaman paku ini bisa digunakan sebagai bahan obat-obatan untuk penyakit homeopathic, dan bisa dijadikan sebagai tanaman hias.



Gambar 4.25 *Lycopodium nummularifium*
Klasifikasinya sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisi : Pteridophyta
Kelas : Lycopodinae
Ordo : Lycopodiales
Family : Licopodiaceae
Genus : Lycopodium
Spesies : *Lycopodium nummularifium*

17. *Lycopodium clavatum* (Paku kawat)

Batang utama dari jenis paku ini menjalar di permukaan tanah, bantalan daun sempit jarang berdiameter 3-4 mm, daun pada dasarnya melengkung dibagian atas, strobilus berbentuk lonjong bulat telur yang berkumpul dipucuk daun.

Manfaat dari jenis tanaman paku ini bisa digunakan sebagai tanaman hias, sebagai karangan bunga dan sebagai bahan obat-obatan homeopathic, dan sebagai salah satu bahan untuk membuat kapsul.



Gambar 4.26 *Lycopodium clavatum* (Paku kawat)

Klasifikasinya sebagai berikut:

Kingdom : Plantae

Divisi : Pteridophyta

Kelas : Lycopodinae

Ordo : Lycopodiales

Family : Licopodiaceae

Genus : Lycopodium

Spesies : *Lycopodium clavatum* (Paku kawat)

18. *Lycopodium cernuum*

Tumbuhan jenis paku ini hidup diatas tanah yang sering dikenal dengan paku kawat dikarenakan batangnya kaku seperti kawat. Batang tersebut bercabang-cabang tidak beraturan, daunnya kecil dan tumbuh rapat menutupi batang.

Banyak dimanfaatkan sebagai tanaman hias, daun storbilinya tumbuh di akhir percabangan, letaknya tegak seperti bumbung, dapat digunakan sebagai obat sesak nafas.



Gambar 4.27 *Lycopodium cernuum*

Klasifikasinya sebagai berikut:

- Kingdom : Plantae
- Divisi : Pteridophyta
- Kelas : Lycopodinae
- Ordo : Lycopodiales
- Family : Licopodiaceae
- Genus : Lycopodium
- Spesies : *Lycopodium cernuum*

19. *Nephrolepis falcata*

Nephrolepis falcata (paku sepat) adalah tumbuhan teresterial yang ditemukan di samping lapangan futsal, bentuk akar serabut. Habitat tumbuhan ini di rawa gambut. Tinggi batang 50 cm, bentuk batang tegak dan agak kecil. Warna daun hijau dengan ujung tumpul, daun majemuk menyirip genap dengan jumlah anak daun yang genap, kedudukan anak daun berselang-seling dengan panjang 10 cm, lebar 3 cm, tepi daun bergerigi, dan tangkai daun rapat.

Pada permukaan tangkai daun terdapat bulu-bulu berwarna coklat tua. Letak sorus di permukaan bawah daun berbentuk bulat kecil-kecil berwarna. Dari segi keindahan *Nephrolepis falcata* cukup berpotensi sebagai tanaman hias dan dikonsumsi sebagai bahan pangan pada daun yang masih muda.



Gambar 4.28 *Nephrolepis falcata*

Adapun klasifikasinya sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisi : Pteridophyta
Kelas : Filicopsida
Ordo : Polypodiales
Famili : Dryopteridiales
Genus : *Nephrolepis*
Spesies : *Nephrolepis falcata*

20. *Ophioglossum pendulum*

Apabila dilihat secara sepintas bentuknya tidak begitu menyerupai tumbuhan paku. Orang menyebutnya pula tunjuk langit. Di almahera di kenal dengan nama cum hale atau jumu tufa. Tanaman paku ini kebanyakan tumbuh pada tempat-tempat yang terkena sinar matahari penuh atau agak sedikit terlindungi, di pematang-pematang sawah atau bawah pohon karet di perkebunan.

Tempat yang agak basah berhumus adalah tempat yang disukanya. Ketinggian tempat inilah

menjadi masalah untuk tumbuhnya. Orang mengambil daun-daun mudanya untuk dikukus dan bumbu. Ada pula yang mengambilnya untuk di buat sayur, yaitu dengan mencampurnya kepada sayur-sayuran lain. Paku jenis ini berimpang kecil, pendek dan tumbuhnya tegak. Pada umumnya, entalnya hanya sedikit yaitu 2-3 batang saja. Panjang tangkainya 2-8 cm. bentuk dan ukuran entalnya seringkali bermacam-macam. Biasanya bundar telur dengan ujung yang tumpul dan pada pangkalnya berbentuk jantung.

Daunya tak bertangkai. Biasanya tumbuh pada tempat-tempat yang kena sinar matahari banyak ukuran daun menjadi lebih kecil dan bentuknya menjadi jorong. Ukurannya pun mengecil. Sori terdapat dalam butir yang panjangnya sampai 2-6 cm. bulir dan tangkainya dapat mencapai ukuran sorinya sendiri terletak di celah-celah lekukan bulir. Bentuknya bulat-bulat. Penyebarannya luas. Umum dijumpai tumbuh di daerah-daerah tropic dan Asia subtropik.



Gambar 4.29 *Ophioglossum pendulum*

Klasifikasinya sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisi : Pteridophyta
Kelas : Psilotopsida
Ordo : Ophioglossales
Famili : Ophioglossaceae
Genus : *Ophioglossum*
Spesies : *Ophioglossum pendulum*

21. *Stenosomia sp* (Paku kikir)

Stenosomia sp. merupakan tumbuhan paku yang memiliki ukuran tidak terlalu besar. Tumbuhan ini tumbuh pada habitat teresterial. Karakteristik yang dimiliki diantaranya batang berupa rhizome berwarna cokelat kehitaman, akar berbentuk serabut dan menyirip dengan tepi daun bercangap menyirip, bentuk daun tunggal yang lebar dan bertoreh dan merupakan tipe daun tunggal. *Stenosomia sp.* sering ditemukan pada tebing-tebing.



Gambar 4.30 *Stenosomia sp* (Paku kikir)

Adapun klasifikasinya sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisi : Pteridophyta
Kelas : Psilotopsida
Ordo : Fillicales

Famili : Tectariaceae
Genus : *Stenosomia*
Spesies : *Stenosomia sp.*

22. *Selaginella intermedia* (Paku rane)

Selaginella intermedia pada umumnya memiliki panjang 1-5 m dan tumbuh epifit pada habitat yang lembab, khususnya pada tempat yang dekat dengan sumber air. Memiliki batang bercabang beraturan, berwarna cokelat dan memiliki struktur sedikit kaku. Ciri khas tumbuhan ini adalah terdapat rhizopore yang muncul pada batang dan terdapat akar adventif yang muncul di atas permukaan tanah. Daun berukuran kecil dan tunggal serta memiliki strobilus pada ujungnya.



Gambar 4.31 *Selaginella intermedia* (Paku rane)

Adapun klasifikasinya sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisi : Lycopodiophyta
Kelas : Isoetopsida
Ordo : Selaginellales
Famili : Selaginellaceae
Genus : *Seaginela*
Spesies : *Selaginella intermedia* (Paku rane)

23. *Pteris Vittata* (Paku rem cina)

Paku rem cina dengan tinggi mencapai 0,15-0,70 m, akar rimpang tegak atau merayap, pendek dan beruas pendek. Daun gundul, tegak, menyirip, panjang daun steril 5-20 cm, di atas tangkai dari 5-20 cm, sirip akhir 5-8 c., sirip samping kedua belah sisi 3-7, bertangkai pendek, sirip 1-4 cm. Daun fertil 20-40 cm, di atas tangkai panjangnya 10-20 cm, anak daun berbentuk garis, lebar 2-4 mm, tepi daun rata. Sori terdapat di bawah permukaan daun (sepanjang tepi daun).



Gambar 4.32 *Pteris Vittata* (Paku rem cina)

Adapun klasifikasinya sebagai berikut:

- Kingdom : Plantae
- Divisi : Lycopodiophyta
- Kelas : Filicopsida
- Ordo : Polydiales
- Famili : Pteridaceae
- Genus : *Pteris*
- Spesies : *Pteris vittata* (Paku rem cina)

24. *Elaphoglossum burchellii* (Paku staghon)

Paku staghon merupakan tumbuhan paku epifit, batangnya berwarna cokelat dan kaku, rimpang pendek, memiliki 2 jenis ental, ental steril lebih besar dari pada ental fertil. Seluruh permukaan bawah ental ditutupi dengan spora yang berwarna hitam saat matang dan berwarna kuning saat muda.



Gambar 4.33 *Elaphoglossum burchellii* (Paku staghon)

Adapun klasifikasinya sebagai berikut:

- Kingdom : Plantae
- Divisi : Lycopodiophyta
- Kelas : Filicopsida
- Ordo : Polypodiales
- Famili : Polypodiaceae
- Genus : *Elaphoglossum*
- Spesies : *Elaphoglossum burchellii* (Paku staghon)

25. *Cyathea contaminans* (Paku Tiang)

Akar : Serabut. Batang : Merupakan paku tiang atau paku yang berbentuk pohon sehingga batangnya tegak, berwarna hitam, permukaan kasar, tinggi batang mencapai 7 m. Daun : majemuk, sisik pada pangkal daun berwarna agak keunguan dan berduri, helaian daun bertoreh atau terdapat lekukan

hingga ke tulang daun. Sorus : Letaknya di antara tulang daun, berkelompok dan bentuknya bulat.

Habitat : Terrestrial bercampur dengan jenis paku yang lain, di temukan pada daerah lereng yang terbuka maupun yang terlindung. Manfaat/Potensi pemanfaatan : Sebagai tanaman hias.



Gambar 4.34 *Cyathea contaminans* (Paku Tiang)

Adapun klasifikasinya sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisi : Pteridophyta
Class : Leptosporangiopsida
Ordo : Filicales
Famili : Cyatheaceae
Genus : *Cyathea*
Spesies : *Cyathea contaminans*

26. *Phymatosorus scolopendria* (Paku wangi)

Paku Wangi mempunyai bentuk akar serabut yang menjalar. Batang rimpang menjalar, bersisik kecil. Daun berwarna hijau, bentuk menjari, kedudukan daun berpasangan, permukaan halus, ujung daunnya

meruncing panjang daun sekitar 40 cm dan lebar 20 cm. Sorus terdapat di bawah permukaan daun, bergerombolan sejajar berwarna coklat kekuningan dan bentuknya bulat. Jenis pteridophyta ini ditemukan epifit pada batang pepohonan.

Ini adalah salah satu jenis paku yang dapat ditemukan di dataran rendah dinding tua, dan di dasar pohon, membentuk koloni yang besar. Daun paku ini mempunyai ukuran yang variabel di (dalam) ukuran, tenunan dan banyaknya daun. Yang breada diketeduhan tumbuh dengan gemuk, sedang secara langsung terkena cahaya matahari tumbuh dengan kasar dan kaku. pembedaan helaian tipis juga variabel dan beberapa mungkin punya daun palem tunggal.

Akar : merambat dengan warna coklat gelap di bagian tepi, epilitik. Batang : straw-coloured; bersendi di rhizome dan timbul pada interval pendek/singkat dari itu, panjangnya \pm 40 cm. Helaian : pinnatifid dan variabel dalam jumlah cuping, dengan berujung, warna daun hijau terang, panjang 50 cm dan lebar 40 cm lebar/luas; masing-masing cuping panjang 15 cm dengan lebar 4 cm, permukaannya tidak ada rambut dan pembuluh darah.

Sori: besar [membulatkan/ mengelilingi], di (dalam) dua baris sepanjang pembuluh darah yang utama dari tiap lobe, sporangia jeruk terang ketika dewasa. Spora: monolete, ellipsoidal, permukaan secara dangkal.



Gambar 4.35 *Phymatosorus scolopendria* (Paku wangi)

Adapun klasifikasinya sebagai berikut:

Kingdom : Plantae

Divisi : Lycopodiophyta

Kelas : Pteridopsida

Ordo : Polypodiales

Famili : Polypodiaceae

Genus : *Phymatosorus*

Spesies : *Phymatosorus scolopendria* (Paku Wangi)

27. *Polystichum* sp

Polystichum merupakan tanaman yang indah. Tanaman paku ini, ditemukan lebih dari 200 spesies dan paling sedikitnya terdiri dari 60 hibrid. Nama genus, berasal dari bahasa Yunani yaitu “ poli “ yang berarti banyak, dan “ stichum “ yang berarti " jahitan " sehingga disebut banyak jahitan.. Mereka tersusun rapi, hampir keseluruhan berwarna hijau dan biasa tumbuh pada musim panas maupun musim dingin., biasanya memiliki “ daun-daun ” yang bergerigi atau berlekuk-lekuk.

Polystichum merupakan paku sejati yang berhabitat di tempat lembab, tepi sungai, serta hidup di atas tanah sebagai substrat. Pakis ini juga banyak

ditemukan di lereng, daerah berbatu kering, dataran tinggi, celah-celah batu, dan di tempat teduh ataupun daerah terbuka. Pakis ini bisa hidup hampir pada habitat apapun, akan tetapi tidak berumur panjang. Di daerah Washington, populasi banyak ditemukan pada ketinggian berkisar 244-305 ft (800 hingga 1000 m). Namun, tidak dapat tumbuh pada pegunungan yang sangat tinggi.

Batang tegak ke atas langsung tertancap ke tanah, dan tidak memiliki percabangan. Daun pada paku ini majemuk dan tersusun sangat rapi serta terlihat mengkilat. Daunnya berhadap-hadapan dengan tepi berlekuk-lekuk dan berduri.

Spora terletak di bawah sisi daun dekat dengan pertulangan daun bagian tengah. Perkembangbiakan dengan spora yang berbentuk ginjal, letaknya dekat pertulangan daun, berkumpul membentuk sorus. Didalam sorus terdapat sori yang berbentuk “ bersilang ” pada tepi daun. Sori tersebut memiliki indusium (berbentuk bulat dan dilengkapi dengan jaringan dasar) yang membuka seperti payung ketika tertiup angin. Sori bertipe *mixtae*, keberadaannya dapat membantu dalam proses identifikasi. Spora berwarna kuning atau kecoklatan sampai hitam.

Gamet : generasi gametofit merupakan protalium berupa talus hijau berbentuk jatung, tipis dengan gametangia pada sisi bawah, hidup pada permukaan tanah. Terbagi atas anteridium (gamet jantan) dan arkegonium (gamet betina).



Gambar 4.36 *Polystichum sp*

Adapun klasifikasinya sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisi : Pterodophyta
Kelas : Pteridopsida
Ordo : Polypodiales
Famili : Polypodiaceae
Genus : *Polytrichum*
Spesies : *Polytrichum sp.*

28. *Pteris cadieri* (paku pedang)

Pteris cadieri termasuk jenis paku tanah dengan akar rimpang atau merayap. Daun majemuk menyirip duduk berhadap-hadapan. Anak daun terujung yang terpanjang, tepi daun rata dan permukaan daun licin. Tinggi tumbuhan ini mencapai 15-25 cm. Daun tumbuh pada terminal. Sorus berbentuk garis, warna sorus cokelat dan letak sorus di tepi bawah permukaan daun.



Gambar 4.37 *Pteris cadieri* (paku pedang)

Adapun klasifikasinya sebagai berikut:

- Kingdom : Plantae
- Divisi : Pterodophyta
- Kelas : Pteridopsida
- Ordo : Polypodiales
- Famili : Polypodiaceae
- Genus : *Pteris*
- Spesies : *Pteris cadieri* (paku pedang)

29. *Pyrrrosia piloselloidesi*

Pyrrrosia merupakan anggota famili Polypodiaceae yang pada umumnya merupakan paku epifit. Batang *Pyrrrosia* berupa rhizom yang menjalar (Piggot 1998). *Pyrossia* dapat dibedakan dari genus lain pada famili. Polypodiaceae dengan adanya rhizoma panjang dan menjalar, serta daun tunggal yang pada umumnya tebal dan berdaging.

Rhizom panjang menjalar, coklat tua, diameter sekitar ± 3 mm, berisik rapat. Ental steril : ptiolus coklat, panjang sekitar 10 mm, diameter ± 0.5 mm, bertrikoma; lamina tunggal, membulat - oval, ukuran $\pm 2.0 \times 1.5$ cm. Ental fertil : ptiolus coklat, panjang sekitar 10 mm, diameter ± 0.5 mm, bertrikoma; lamina tunggal, linear, ukuran $\pm 10 \times 0.7$ cm. Sori berbentuk garis.



Gambar 4.38 *Pyrrosia piloselloides*

Adapun klasifikasinya sebagai berikut:

- Kingdom : Plantae
- Divisi : Pterodophyta
- Kelas : Pteridopsida
- Ordo : Polypodiales
- Famili : Polypodiaceae
- Genus : *Pyrrosia*
- Spesies : *Pyrrosia piloselloides*

30. *Selaginella plana*

Daun kecil, tunggal, melingkari batang, dan pada cabang sampingnya tersusun dalam 4 baris (2 daun samping terdiri dari daun besar yang mudah rontok, dan 2 baris depan berdaun kecil yang duduknya menempel). Sporangia berada di ketiak daun yang fertil. Sporofil lebih besar daripada sporangia, terkumpul menjadi bulir terminal berbentuk persegi 4 dan terkadang agak pipih.

Di tempat yang teduh biasanya daunnya menjadi kebiruan sehingga menambah indahna tumbuhan ini. Perawakan maupun bentuknya serupa rane halus (*Selaginella willdenowii*). Hanya saja ukuran daun lebih lebar. Daunnya kecil-kecil dan tersusun melingkari batangnya. Berbeda dengan rane halus (*Selaginella willdenowii*) daun-daun suburnya lebih lancip.

Susunannya pun lebih rapat. Batangnya terletak di permukaan tanah dan kadang-kadang berakar membentuk tanaman baru. Di daerah yang cocok tumbuhan ini mencapai panjang 1 m.

Di antara tumbuhan rasam yang tidak lebat di lereng-lereng bukit di Jawa Barat, sering dijumpai jenis paku lain yang disebut rane biru. Tumbuhan ini hanya terdapat di daerah yang lembap dan teduh. Selain sebagai tanaman hias, rane biru ini telah lama dikenal sebagai obat penasak darah dan obat ulu hati.

Manfaat dari jenis paku ini sebagai tanaman hias (Surjowinoto, 2008). Tahukah anda bahwa jenis ini juga mempunyai khasiat obat? Di beberapa daerah digunakan sebagai obat luka, bersih darah dan obat sakit perut. Sebuah suku di Sabah, yaitu suku Murut menggunakan jenis ini sebagai obat demam dengan cara mandi dengan air rebusannya.



Gambar 4.39 *Selaginella plana*

Adapun klasifikasinya sebagai berikut:

- Kingdom : Plantae
- Divisi : Lycopodiophyta
- Kelas : Isoetopsida
- Ordo : Selaginellales
- Famili : Selaginellaceae
- Genus : *Seaginela*
- Spesies : *Selaginella plana*

31. *Stenochlaena palustris*

Stenochlaena palustris (Kalakai) adalah paku-pakuan teresterial ketika masih muda, setelah dewasa menjalar atau hidup epifit pada tumbuhan yang berada disekitarnya. *Stenochlaena palustris* ditemukan di hutan lebat, selain ditemukan di semak-semak dekat dengan perkebunan warga. Pengamatan di lapangan menunjukkan tumbuhan ini hidup di habitat rawa gambut, memiliki sistem perakaran serabut, tinggi batang mencapai 60 cm, berwarna hijau. Daun merupakan daun majemuk menyirip genap dengan jumlah anak daun yang genap menurut Gembong (2009).

Kedudukan anak daun berhadap-hadapan, berwarna hijau dengan tektur lembut ketika masih muda dan berwarna merah kecoklatan bertangkai pendek, sedangkan pada daun yang dewasa berwarna hijau, permukaan daunnya kasar. Panjang daun dewasa 11 cm, lebar 2,7 cm, ujung daun meruncing, tepi daun bergerigi kasar/halus.

Sedangkan pada daun yang muda bertepi rata. Pada Daun muda berwarna merah kecoklatan bertangkai pendek, berbentuk lanset, dengan lebar 2 cm berwarna hijau dan panjang 6 cm. Sorus pada *Stenochlaena palustris* tidak ditemukan karena pada tumbuhan yang diamati masih muda. *Stenochlaena palustris* berpotensi sebagai bahan pangan/sayuran pada daun yang masih muda yang berwarna merah kecoklatan.



Gambar 4.40 *Stenochlaena palustris*

Adapun klasifikasinya sebagai berikut:

- Kingdom : Plantae
Divisi : Pteridophyta
Kelas : Pteridopsida
Ordo : Blechnales
Famili : Blechnaceae
Genus : *Stenochlaena*
Spesies : *Stenochlaena palustris*

32. *Platyserium bifurcatum* (Paku Tanduk Rusa)

Paku tanduk rusa merupakan salah satu spesies dari classis filicinae, ordo superficiales masuk dalam family Polypodiaceae (paku – pakuan sejati) dan masuk dalam genus *Platyserium* berdasarkan ciri ciri yang dimilikinya dengan nama ilmiah paku tanduk rusa *Platyserium bifurcatum*.

Plathyserium bifurcatum memiliki karakteristik /ciri morfologi :

- a. Epiit sejati, dengan akar melekat di batang pohon lain atau bebatuan
- b. Batang berupa rimpang lunak namun sulit di potong
- c. Ada 2 tipe daun, yang pertama merupakan daun tropofil (daun yang digunakan untuk asimilasi atau

fotosintesis) dan tipe yang kedua daun menjuntai sebagai sporofil (penghasil spora)

- d. Spora terdapat pada sporangia yang terlindung oleh sori yang tumbuh menggerombol di sisi bawah daun dan berwarna coklat.
- e. Daun–daun yang fertil biasanya bergantung, bercabang–cabang menggarpu
- f. Daun memiliki percabangan dikotom
- g. Daun bulat berbentuk ginjal atau bulat telur.

Platycerum bifurcatum masuk dalam genus *Platycerium* karena memiliki kesamaan ciri dengan genus ini, yaitu :

- a. Sporangium terletak pada bagian bawah sisi daun yang fertil
- b. Daun dalam cekungan pada rimpangan, dapat lepas, di morf
- c. Pada bagian bawahnya tebal berdaging
- d. Daun yang fertil biasanya bergantung, bercabang – cabang menggarpu, dan urat – urat saling berdekatan
- e. Rimpangan pendek, dan merayap diatas gumpalan – gumpalan cadas
- f. Sorus bentuknya bermacam – macam (letak sorus pada sisi bagian bawah daun, terdapat pula urat - urat yang berbentuk garis memanjang)
- g. Sporangia tersebar rata seluas sisi dau fertil
- h. Daun yang steril dengan banyak urat daun yang berjalan menjadi satu, sehingga terbentuk jala urat daun.

Platycerium bifurcatum masuk dalam familia *Polypodiaceae* karna memiliki kesamaan ciri dengan familia ini, yaitu :

- a. Memiliki urat daun yang bebas dan saling berdekatan
- b. Sporangium terkumpul menjadi sorus yang bentuknya bermacam – macam

Platycerium bifurcatum memiliki percabangan daun yang dikotom, tumbuhan paku ini berupa terna dengan rimpangan yang mendatar atau bangkit ujungnya. Berdasarkan ciri itu, *Platycerium bifurcatum* masuk dalam anak kelas Leptosporangiateae.

Platycerium bifurcatum masuk dalam classis filicinae, dengan kesamaan cirinya yaitu :

- a. Sorus terletak pada bagian permukaan daun (atas , bawah)
- b. Memiliki daun yang ukurannya lebih besar
- c. Memiliki bnyak tulang- tulang daun
- d. Sporangium tersusun dalm bentuk sorus di permukaan daun.



Gambar 4.41 *Platycerium bifurcatum* (Paku Tanduk Rusa)

Adapun klasifikasinya sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisi : Pteridophyta
Kelas : Pteridopsida
Ordo : Polypodiales
Famili : Polypodiceae
Genus : *Platyserium*
Spesies : *Platyserium bifurcatum* (Paku Tanduk Rusa)

33. *Equisetum* sp (Paku Ekor Kuda)

Paku *Equisetum* atau paku ekor kuda merupakan anggota dari divisi Sphenophyta. Paku ekor kuda adalah garis keturunan tumbuhan tak berbiji kuno lainnya yang beralih sampai ke radiasi tumbuhan vaskuler awal pada masa Devon. Kelompok tersebut mencapai masa kejayaannya selama masa Karboniferus, Ketika banyak spesiesnya tumbuh hingga setinggi 15 cm. Yang bertahan hidup dari divisi tumbuhan ini hanyalah sekitar 15 spesies dari genus tunggal yang tersebar sangat luas. *Equisetum* adalah yang paling umum ditemukan di Bumi Belahan Utara. Kata *Equisetum* berasal dari kata *equus* yang berarti kuda dan *saeta* yang berarti rambut tebal dalam bahasa Latin. Sehingga tumbuhan yang termasuk genus ini disebut juga paku ekor kuda. Spesies dari genus ini umumnya tumbuh di lingkungan yang basah seperti kolam dangkal, daerah pinggiran sungai, atau daerah rawa.

Equisetum biasanya tumbuh dengan tinggi kurang dari 1,3 meter (4 kaki), tetapi pada beberapa di daerah tropis dan pantai hutan tropis di California tingginya dapat melebihi 4,6 meter (15 kaki). Terdapat cabang, mereka biasanya di tumbuh secara berkala sepanjang mereka berhubungan dengan batang. Kedua

cabang dan spesies yang tidak bercabang memiliki daun yang sangat kecil (mikroskopis). Daun ini melebur bersama di pangkalan mereka, membentuk leher. Warnanya hijau ketika mereka pertama kali muncul, tapi mereka akan segera layu dan memutih, dan hampir semua proses fotosintesis terjadi di batang.

Deskripsi dari tanaman paku jenis ini adalah sebagai berikut:

a. Batang

Tumbuhan ini mempunyai batang merayap dalam tanah yaitu semacam rizom dengan cabang-cabang yang tegak, biasanya bercabang-cabang yang tegak itu berumur satu tahun saja. Di dalam batang terdapat tiga macam saluran, yaitu

- 1) Saluran pusat, merupakan saluran yang terletak di tengah-tengah batang. Tetapi pada batang yang masih muda saluran ini belum terdapat saluran pusatnya, demikian juga pada batang yang ada di dalam tanah.
- 2) Saluran karnial, terletak di sebelah dalam dari ikatan pembuluh. Saluran ini merupakan lingkaran dan pada tiap-tiap saluran letaknya bertepatan dengan rigi-rigi pada permukaan batang.
- 3) Saluran vaskuler, saluran ini letaknya di dalam korteks yaitu di sebelah luar dan berseling dengan saluran karnial. Saluran pusat dan karnial berfungsi untuk penyimpanan air, sedang saluran vaskuler berfungsi untuk menyimpan udara.

b. Daun

Daunnya meruncing pada bagian ujungnya dengan satu berkas pengangkut yang kecil.

Karangan daun kebawah berlekatan dengan suatu sarung yang menyelubungi batang. Banyaknya daun tergantung dari pada besarnya batang, tetapi karena daun-daun tersebut amat kecil maka yang berfungsi sebagai tempat berlangsungnya fotosintesis adalah batangnya yang berwarna hijau. Cabang-cabang batang tidak keluar dari ketiak daun melainkan keluar dari antara daun-daun. Ada jenis yang batangnya tidak bercabang dan baru bercabang apabila ujungnya dihilangkan. Jenis yang mempunyai percabangan banyak adalah jenis yang paling primitif, misalnya *E.arvense*, sebaliknya jenis yang tidak bercabang dianggap jenis yang sudah agak maju.

c. Akar

Akar dari Equisetum sangat kecil dan halus terdapat pada buku-buku dari rizome atau pada pangkal batang. Diantara anggota Equisetum terdapat beberapa jenis yang mempunyai semacam umbi untuk menghadapi kondisi yang buruk.

d. Reproduksi

Sistem reproduksi pada Equisetum ialah sporangiumnya terdapat pada sporangiosfor yang tidak lain adalah sporofil. Karena pendeknya ruas-ruas pendukung sporofil maka rangkaian tersebut menyerupai suatu kerucut di ujung batang. Sporofil atau sporangiosfor berbentuk perisai dengan satu kaki di tengah dan beberapa sporangium (5-10) berbentuk kantung pada sisi bawah. Sporangium berasal dari sebuah sel pada permukaan, karena pertumbuhan dari jaringan tengah sporangia terdesak ke bawah sehingga akhirnya terdapat pada sisi bawah dan mengelilingi tangkai.

Spora mempunyai dinding yang terdiri atas endo dan eksosporangium, dan disamping itu masih mempunyai perisporium yang berlapis-lapis. Lapisan perisporium yang paling luar terdiri atas dua pita sejajar yang dalam keadaan basah membalut spora. Pita itu ujungnya agak melebar seperti lidah. Jika spora menjadi kering, pita itu terlepas dari gulungannya, akan tetapi di tengah-tengahnya tetap melekat pada eksosporium. Dengan adanya pita atau yang dinamakan kepala kapta yang memperlihatkan gerakan higroskopik itu.

Strobili biasanya panjangnya sekitar 2 sampai 4 cm (0,75 sampai 1,5 inci). Berbentuk heksagonal, seperti piring dovetailing pada permukaan strobilus yang memberikan tampilan dari permukaan berbentuk elips. Segi enam masing-masing menandai puncak sporangiospore yang memiliki pemanjangan 5 sampai 10 sporangia yang saling terhubung. Batang dari sporangiophores melekat pada poros tengah dari strobilus. Sporangia mengelilingi tangkai sporangiophore dan berada titik ke dalam. Sporangia ini tersembunyi tidak terlihat sampai jatuh apabila sporangiophores terpisah sedikit. Spora ini akan dilepaskan.

e. Siklus Hidup

Siklus hidup dari Equisetum terdiri dari tahap sporofit dan gametofit. Pada tahap sporofit, tunas fertil yang didalamnya terdapat strobilus dan di dalam strobilus terdapat kantung-kantung sporangiospore yang nantinya akan mengeluarkan spora dari sporangium. Selanjutnya terjadi tahap meiosis untuk memproduksi spora dan berkembang menjadi Rhizoid. Pada Rhizoid nanti akan

menghasilkan gamet jantan dan gamet betina. Gamet jantan (sperm) dihasilkan oleh Antheridium, sedangkan gamet betina (sel telur) dihasilkan oleh Archegonium. Pada tempat yang cocok keduanya akan bersatu (fertilisasi) dan tumbuh menjadi zigot yang merupakan gametofit dan berkembang menjadi tunas yang vegetative



Gambar 4.42 *Equisetum sp* (Paku Ekor Kuda)

Adapun klasifikasinya sebagai berikut:

- Kingdom : Plantae
- Divisi : Pteridophyta
- Kelas : Equisetopsida
- Ordo : Equisetales
- Famili : Equisetaceae
- Genus : *Equisetum*
- Spesies : *Equisetum sp* (Paku Ekor Kuda)

DAFTAR PUSTAKA

- Anshori, Mochammad dan Djoko Martono.2009.*Biologi 1 : Untuk Sekolah Menengah Atas (SMA)-Madrasah Aliyah (MA) Kelas X*.Bandung:Penerbit Acarya Media Utama.
- Anshori, Mochammad dan Djoko Martono.2009.*Biologi 1 : Untuk Sekolah Menengah Atas (SMA)-Madrasah Aliyah (MA) Kelas X*.Bandung:Penerbit Acarya Media Utama.
- Campbell N.A., J.B Reece, dan L.G Mitchell. 1999. *Biologi edisi kelima jilid 3*. Erlangga. Jakarta
- Chaniago, Ramadhani. 2014. *Biologi*. Yogyakarta : Innosain
- Dorling Kindersley Book. 1993. Science Enclyclopedia. New York Dorling Kinderslay
- Irwan. 1992. *Ekologi Hutan*. Media Pustaka. Bandung
- Kistinah, Indun dkk.2009.*Biologi 1 : Makhluk Hidup dan Lingkungannya Untuk SMA/MA Kelas X*.Surakarta:CV. Putra Nugraha.
- Pitoyo, Ari. Dan R. Anis Nurdin. 2013: *Biologi untuk SMA / MA Kelas X*. Masmedia. Surakarta.
- Prawirohartono, S. Dan Sri Hidayati. 2007: *Sains Biologi 1 SMA/MA Kelas X*. Bumi Aksara. Jakarta
- Purnomo, H. 2006. *Dasar-dasar Ilmu Lingkungan*. IKIP PGRI Semarang Press. Semarang
- Riyadi, S. 1981.*Ecology: Ilmu Lingkungan, Dasar-dasar dan Pengertiannya*. Usaha Nasional. Surabaya

- Sugiri, Nawangsari. Siti Soetarmi (translator). (1999). *Biologi, Fifth Edition*. Jakarta: Erlangga.
- Sulistiyorini, Ari. 2009. *Biologi 1 : Untuk Sekolah menengah Atas/Madrasah Aliyah Kelas X*. Jakarta: PT. Balai Pustaka.
- Sulistiyorini, Ari. 2009. *Biologi 1 : Untuk Sekolah menengah Atas/Madrasah Aliyah Kelas X*. Jakarta: PT. Balai Pustaka.
- Syamsuri, Istamar. 2007: *Biologi Untuk SMA Kelas X*. Erlangga. Jakarta
- Tjitrosoepomo, Gembong. 1994. *Taksonomi Tumbuhan (Schizophytha, Thalophytha, Bryophytha)*. Bandung : UGM Press.
- Zulfiani. 2009. Ilmu Pengetahuan Alam. Direktorat Jenderal Pendidikan Islam Departemen Agama Republik Islam: Jakarta

BIODATA PENULIS



Khosi'in, M.Pd.Si , dilahirkan di desa sliyeg kidul, Kecamatan Sliyeg, kabupaten Indramayu 31 tahun yang lalu, tepatnya 10 Juli 1988, anak dari pasangan Jamhari Bin Tarsijah (Alm) dan Junaeni Binti Munir. Penulis dibesarkan dan dididik oleh orang tuanya bersama ketiga saudaranya yaitu Baqiyatus Shalihah, Misbahudin dan Shadiqul Amin.

Jenjang pendidikan penulis terdiri dari pendidikan non formal seperti MDA Baiturrahman Sliyeg lulus pada tahun 2000, Pesantren MISK di Kaliwungu dari Tahun 2004 sampai 2011, MDW NU 03 Sunan Katong Kaliwungu dan MDU Sunan Katong Kaliwungu lulus pada tahun 2010.

Adapun pendidikan formal penulis dimulai dari MIN Sliyeg, MTsN Sliyeg, kemudian dilanjutkan di MA NU 03 Sunan Katong Kaliwungu Kendal Jawa Tengah lulus pada tahun 2007, dilanjutkan dengan Strata 1 di IAIN Walisongo mengambil Jurusan Tadris Biologi lulu tahun 2011. Penulis sempat berhenti atau belum melanjutkan pendidikan S.2 dikarenakan penulis merantau ke Bengkulu pada tahun 2011. Pada tahun 2013 penulis melanjutkan studi pendidikannya di Universitas Negeri Bengkulu dengan mengambil Program Studi IPA Kosentrasi Biologi lulus pada tahun 2015. Pada tahun 2017 penulis menikah dengan isteri yang bernama Sugiarti, S.Pd, yang saat ini penulis dengan isteri tercintanya sedang menunggu kehadiran buah hatinya yang pertama, semoga disehatkan keduanya aamiin.

Pada Tahun 2011 penulis mengabdikan dirinya sebagai tenaga pengajar dan pengasuh di pondok pesantren pancasila Bengkulu sampai tahun 2019. Pada tahun 2015 Penulis pernah menjadi tenaga pengajar di kampus STKIP Lubuk Linggau Sumatera Selatan sampai tahun 2016. Sejak bulan Agustus 2016 penulis diangkat menjadi dosen tetap di Fakultas Tarbiyah dan Tadris IAIN Bengkulu sampai sekarang.

Buku tentang kenakeragaman tanaman paku di taman nasional bukit barisan selatan, merupakan buku ketiga penulis setelah buku Bahasa Araba Untuk Mahasiswa IAIN Bengkulu pada tahun 2018, dan buku Biologi Umum Untuk Mahasiswa IPA yang terbit pada tahun 2018.