

DIKTAT

EKOLOGI TUMBUHAN



OLEH :

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

**PRODI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA
MEDAN**

2020

VISI MISI PRODI BIOLOGI

A. VISI PRODI BIOLOGI

Menjadi program studi yang unggul dalam bidang biologi khususnya konservasi biodiversitas hutan tropis di Indonesia pada tahun 2030.

B. MISI PRODI BIOLOGI

- 1. Menyelenggarakan pendidikan dan pengajaran yang inovatif dalam bidang biologi berdasarkan nilai-nilai keislaman.*
- 2. Melaksanakan penelitian bidang biologi khususnya konservasi biodiversitas hutan tropis.*
- 3. Melaksanakan pengabdian kepada masyarakat dalam bidang biologi untuk kesejahteraan masyarakat*
- 4. Melaksanakan kerjasama dengan berbagai pihak dalam meningkatkan mutu tridharma perguruan tinggi dalam bidang biologi.*

KATA PENGANTAR
Bismillahirrahmanirrahim...

Dengan segala kerendahan hati, penulis sampaikan puji syukur kepada Allah SWT berkat rahmat dan karuniaNya penulis dapat menciptakan Diktat Matakuliah Ekologi Tumbuhan.

Matakuliah ini adalah salah satu matakuliah pokok yang ada pada kurikulum Prodi Biologi di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan. Penulis juga mengucapkan banyak terimakasih atas dukungan dan bantuan para pimpinan, rekan-rekan dosen, teman sejawat di lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi serta UIN Sumatera Utara Medan atas terselesaikannya Diktat ini. Semoga Diktat ini dapat membantu dan mendukung PBM di Prodi Biologi.

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

Medan, Februari 2020

Melfa Aisyah Hutasuhut

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
BAB. I. BATASAN DAN RUANG LINGKUP EKOLOGI TUMBUHAN.	1
1.1. Pendahuluan	1
1.2. Defenisi Ekologi Tumbuhan.....	3
1.3. Ekologi Tumbuhan dan Hubungannya dengan Ilmu Pengetahuan Lain	8
1.4. Pemanfaatan dan Penerapannya.....	12
BAB. II. PRINSIP – PRINSIP EKOLOGI TUMBUHAN.....	15
2.1. Pendahuluan.....	15
2.2. Konsep Ekosistem	15
2.1.1. Arti Ekosistem.....	15
2.1.2. Komponen Ekosistem.....	17
2.1.3. Keseimbangan Dalam Ekosistem.....	20
2.1.4. Habitat dan Relung.....	22
2.1.5. Energi Dalam Ekosistem	24
2.1.6. Siklus Biogeokimia	31
2.1.7. Ketergantungan Dalam Ekosistem.....	41
2.1.8. Interaksi Tumbuhan Dalam Ekosistem.....	43
BAB. III. KOMUNITAS TUMBUHAN	46
3.1. Pendahuluan.....	46
3.2. Karakteristik Komunitas Tumbuhan.....	46
3.3. Struktur Komunitas	47
3.4. Dinamika Komunitas	49
BAB. IV. POPULASI TUMBUHAN	58
4.1. Pendahuluan.....	58
4.1. Karakteristik Populasi Tumbuhan	59
BAB. V. LINGKUNGAN	68
5.1. Pendahuluan.....	68
5.2. Lingkungan Sebagai Faktor Ekologi	68
5.3. Macam – Macam Faktor Lingkungan	68
BAB. VI. ANALISIS KOMUNITAS TUMBUHAN	81
6.1. Pendahuluan.....	81
6.2. Parameter Kualitatif Dalam Analisis Komunitas Tumbuhan	81
6.3. Parameter Kuantitatif Dalam Analisis Komunitas Tumbuhan.....	82
BAB. VII. ADAPTASI TUMBUHAN	98

7.1. Pendahuluan.....	98
7.2. Konsep Dasar Tentang Adaptasi	98
7.3. Kelompok Adaptasi Vegetasi.....	99
7.5. Tumbuhan Mesofit	101
7.6. Tumbuhan Epifit	112
7.7. Tumbuhan Halofita dan Vegetasi Mangrove	119

BAB. VIII. TUMBUHAN INDIKATOR.....

- 8.1. Pendahuluan.....
- 8.2. Karakteristik Tumbuhan Indikator.....
- 8.3. Tipe – Tipe Tumbuhan Indikator.....

BAB. X. FITOGEOGRAFI DAN SEBARAN VEGETASI.....

- 9.1. Pendahuluan.....
- 9.2. Fitogeografi.....
- 9.3. Sebaran Vegetasi.....
- 9.3. Fitogeografi dan Distribusi Flora Indonesia.....

BAB. XI. SUMBER DAYA ALAM TUMBUHAN.....

- 10.1. Pendahuluan.....
- 10.2. Keanekaragaman Dan Pelestarian Ekosistem Tumbuhan.....
- 10.3. Prinsip Ekologi Dalam Pengelolaan Dan Pelestarian Sumber Daya Alam
- 10.4. Pencemaran Lingkungan.....

BAB. I

PENDAHULUAN

1.1. Pengertian Ekologi Tumbuhan

Ekologi tumbuhan mengandung dua pengertian, yaitu ekologi sebagai ilmu dan tumbuhan sebagai objek. Ekologi berasal dari kata *oikos* = rumah, dan *logos* = ilmu. Tumbuhan adalah organisme hidup eukariota multiseluler dari Kingdom Plantae, yang terdiri atas tumbuhan berbunga, Lycopodopsida, Gymnospermae, paku-pakuan, lumut, dan sejumlah alga hijau. Berdasarkan uraian tersebut, maka secara umum, ekologi tumbuhan diartikan sebagai kajian tentang hubungan timbal balik antara tumbuhan dan lingkungannya.

Ekologi tumbuhan sebagai salah satu cabang ilmu ekologi adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari secara spesifik interaksi tumbuhan dengan lingkungan hidupnya, yang berhubungan dengan berbagai proses dan fenomena alam. Perkembangan ekologi tumbuhan sebagai ilmu pengetahuan alam secara kualitatif dan kuantitatif relatif masih baru. Sebagai bagian dari ilmu biologi, ekologi merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari interaksi antara makhluk hidup dengan lingkungannya.

Ekologi tumbuhan sebagai salah satu cabang ilmu ekologi adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari secara spesifik interaksi tumbuhan dengan lingkungan hidupnya, yang berhubungan dengan berbagai proses dan fenomena alam. Misalnya, bagaimana tumbuhan untuk hidupnya memerlukan sinar matahari, air, oksigen, tanah atau lahan sebagai tempat tumbuh atau habitatnya. Bagaimana peranan energi dan nutrisi untuk proses metabolisme tubuh, tumbuhan dalam ekosistem sebagai komponen produsen menjadi sumber pakan dan sumber energi untuk makhluk hidup lainnya yang

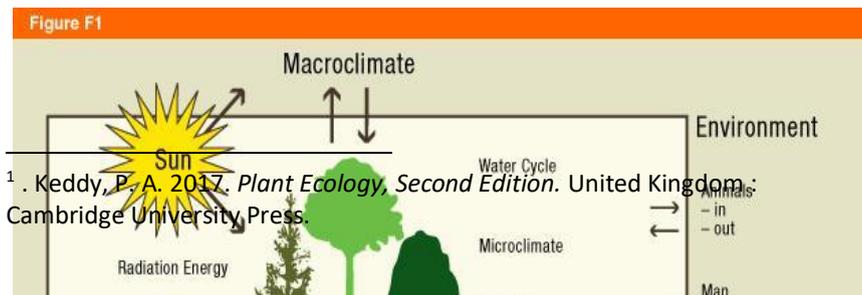
diperoleh melalui rangkaian rantai dan jaring – jaring makanan, dan proses dekomposisi oleh mikrobiota.

Dalam ekologi tumbuhan juga dijelaskan bagaimana perkembangan kehidupan tumbuhan melalui masa reproduksi, perkecambahan, pertumbuhan dan masa dewasa, tua dan mati. Kelompok atau komunitas tumbuhan tertentu hilang atau musnah, kemudian akan muncul, tumbuh dan berkembang kembali melalui serangkaian proses suksesi. Proses kehidupan akan berlangsung terus menerus secara berkesinambungan mengikuti hukum alam.

Ada juga beberapa ahli yang memberikan pengertian yang lebih spesiik terhadap ekologi tumbuhan. Salah satunya adalah Keddy (2017)¹, yang mendefinisikan ekologi tumbuhan sebagai berikut :

“Plant ecology is a subdiscipline of ecology which studies the distribution and abundance of plants, the effects of environmental factors upon the abundance of plants, and the interactions among and between plants and other organisms (Keddy, 2017)”.

Berdasarkan definisi tersebut, maka ekologi tumbuhan adalah mengkaji seluruh faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap keberadaan satu spesies tumbuhan (ekologi spesies), atau satu komunitas tumbuhan (ekologi komunitas) di suatu daerah tertentu. Faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh tersebut terdiri atas tumbuhan, hewan, mikroorganisme, dan manusia (Gambar 1.1).



Gambar 1.1: Pengaruh berbagai komponen ekosistem terhadap tumbuhan, baik sebagai individu maupun populasi

1.2. Sejarah Perkembangan Ekologi Tumbuhan

Kata “ **Ekologi** “ berasal dari bahasa Yunani, yaitu “**Oikos**“ yang berarti “**rumah**” atau “**tempat tinggal**” dan “**Logos**“ yang berarti “**telaah**” atau “**ilmu pengetahuan**”. Istilah tersebut pertama kali dikemukakan oleh **H. Reiter** pada tahun 1865. Tetapi pada umumnya para ilmuwan menyatakan bahwa **Ernest Haeckel** pada tahun 1866 adalah yang pertama kali memperkenalkan istilah ekologi dari bahasa Jerman “ **Oekologie** “. Ia mendefinisikan ekologi sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari interaksi makhluk hidup di “rumah” atau di alam sekitarnya.

Sejarah perkembangan ekologi tumbuhan sebenarnya sama tuanya dengan sejarah peradaban manusia, karena dimulai sejak keberadaan manusia di bumi. Namun, secara garis besar sejarah perkembangan ekologi tumbuhan dapat dikelompokkan menjadi tiga periode, yaitu: periode awal, periode abad 17-19, dan periode abad 21- sekarang. Ketiga periode perkembangan tersebut memiliki karakteristik berbeda.

1. Periode Awal

Periode ini merupakan awal dari perkembangan ekologi tumbuhan, dipelopori oleh para pengumpul makanan dan para dukun obat. Dengan pengalaman yang mereka miliki, para pengumpul dan pemburu di zaman dulu (purba) telah memiliki pengetahuan yang tinggi mengenai distribusi berbagai jenis tumbuhan dan hewan liar yang menjadi makanan dan buruannya. Hal yang sama, juga dimiliki oleh para *shaman* (dukun obat). Mereka mempunyai pengetahuan yang sangat luas tentang pemanfaatan dan habitat yang sesuai bagi tumbuhnya berbagai jenis tumbuhan yang mempunyai khasiat obat, termasuk untuk mengurangi rasa sakit (narkotik dan yang memiliki efek halusinogen).

2. Periode Abad 17-19

Periode ini merupakan awal kemunculan ekologi tumbuhan secara formal, yang ditandai dengan munculnya beberapa tulisan yang berkaitan dengan tumbuhan dan lingkungannya. Tulisan-tulisan tersebut di antaranya:

- a) Tentang suksesi komunitas tumbuhan di daerah berair, yaitu danau dan *bogs* = suatu daerah yang permukaan tanahnya basah dan empuk (*spongy*); meskipun istilah 'suksesi' sendiri baru muncul pada awal abad ke 19 (diperkenalkan oleh Clements pada tahun 1916)
- b) Terbitnya buku-buku tentang geografi tumbuhan yang ditulis oleh ahli botani dan taksonomi tumbuhan, yang didasari hasil ekspedisi ke berbagai penjuru dunia. Carl Ludwig

Willdenow (1765-1812), adalah salah seorang pionirnya, seorang ahli geografi tumbuhan yang menulis bahwa daerah-daerah yang letaknya berjauhan (misalnya antara Australia dan Afrika) tetapi memiliki kondisi iklim yang sama mempunyai tipe vegetasi yang mirip.

- c) Friedrich Heinrich Alexander von Humboldt (salah seorang murid Willdenow) memperkenalkan istilah ‘asosiasi’, dan menulis secara rinci tentang vegetasi dari aspek isionomi, korelasi antara distribusi tipe-tipe vegetasi dengan faktor lingkungan, dan mendeskripsikan efek sinergis dari beberapa faktor lingkungan. Pernyataannya tentang “suatu rantai sebab dan akibat, sesuatu hal dan aktivitas tidak bisa dilihat secara terpisah” dijadikan sebagai landasan berpikir ilmiah dari pengetahuan modern dewasa ini. Penelitian-penelitian von Humboldt di bidang geografi tumbuhan ditindaklanjuti oleh ahli-ahli lain seperti Schouw, De Candolle, dan Grisebach.

3. Periode Abad 20 - sekarang

Ekologi Tumbuhan menjadi bidang ilmu tersendiri, yang terpisah dari geografi tumbuhan, terjadi pada periode ini. Pada periode ini muncul beberapa pionir Ekologi Tumbuhan sejati antara lain: Warming, Schimper, Paczosky, dan Ramensky di Eropa; Merriam, Cowles, dan Clements di Amerika. Warming menulis ekologi vegetasi di daerah tropis, juga memperkenalkan istilah *halo*, *meso*, *hydro*, dan *xerophytes*. Buku yang ditulisnya, merupakan buku teks ekologi tumbuhan yang pertama kali digunakan dalam kuliah ekologi. Paczosky memunculkan istilah *itososiologi*, dan Ramensky juga memperkenalkan istilah *phytocoenosis*.

Konsep-konsep ekologi tumbuhan yang berkembang sejak tahun 1925-an merupakan tonggak bagi perkembangan ekologi tumbuhan modern. Beberapa konsep yang muncul di era ini, di antaranya:

1. Konsep kontroversial adalah Henry Gleason (AS), penentang teori suksesi Clements,
2. Robert H. Whittaker (era 40-70-an) di Amerika Utara, mengembangkan *sinekologi*,
3. Christen Raunkier (era 1925-an) di Benua Eropa, mengembangkan klasifikasi bentuk kehidupan (*life form*) tumbuhan dan metode kuantitatif dalam sampling vegetasi, Arthur Tansley yang mengemukakan istilah *ecosystem*,
4. John Harper (1950-an) dari Wales, banyak mengembangkan spesialisasi demografi tumbuhan, khususnya *weedy species & Integrated Pest Management (IPM)*,
5. Josias Braun-Blanquet (1884-1980) dari Eropa mengembangkan metode dalam sampling komunitas tumbuhan, reduksi data vegetasi dan nomenklatur asosiasi.

1.3. Batasan dan Ruang Lingkup Ekologi Tumbuhan

Dalam lingkungan hidup di bumi (biosfera), tumbuhan adalah masyarakat makhluk hidup yang mempunyai kemampuan menangkap, mengikat, dan mengubah energi sinar matahari menjadi energi bentuk lain yang dapat dimanfaatkan untuk dirinya sendiri dan makhluk hidup lainnya. Salah satu cirri yaitu tumbuhan memiliki butir-butir pigmen hijau daun atau klorofil sehingga dapat melakukan fotosintesis.

Secara taksonomi sesuai dengan sistematika makhluk hidup, disiplin ilmu ekologi dapat dikelompokkan menjadi bidang kajian

ekologi tumbuhan, ekologi hewan, atau ekologi mikroba (jasad renik) (Resosoedarmo dkk, 1984).

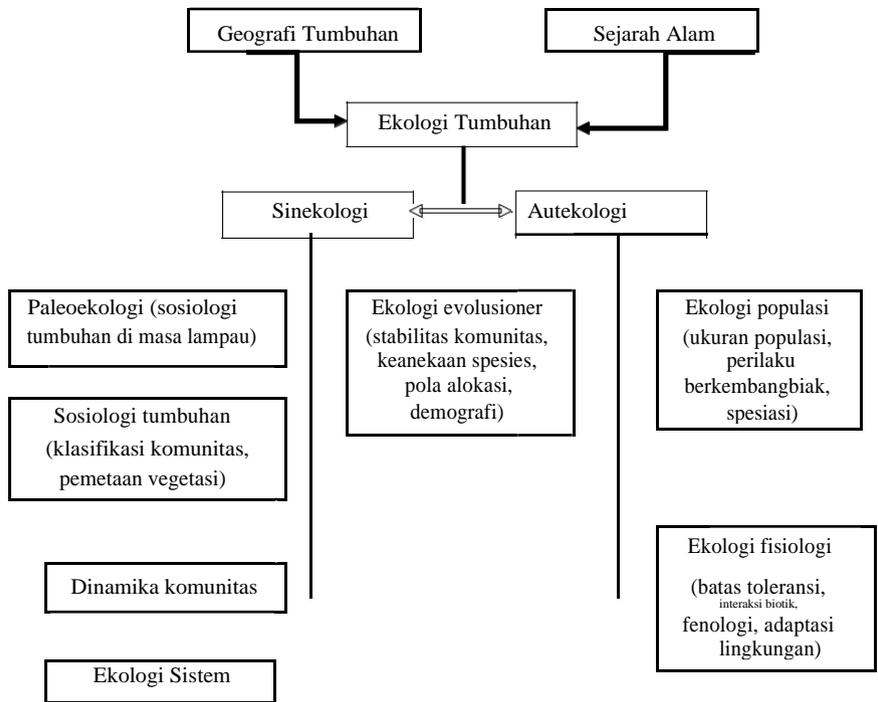
Kajian dalam ekologi dapat dikelompokkan dalam 2 bidang kajian yang berhubungan dengan tumbuhan, hewan atau mikroba, yaitu :

1. Sinekologi, sering disebut dengan ekologi komunitas, yaitu kajian ekologi yang mempelajari komunitas makhluk hidup sebagai suatu kesatuan yang saling berinteraksi antara berbagai jenis makhluk hidup dengan lingkungan di sekitarnya.
2. Autoekologi, adalah kajian ekologi yang hanya mempelajari satu jenis makhluk hidup atau populasi saja, yang berinteraksi sesama jenis dan lingkungannya. terutama dalam hubungannya dengan sejarah kehidupannya atau “ Fenologinya “ dan dinamakan ekologi populasi.

Sinekologi mempelajari organisme yang merupakan satu kesatuan, sedangkan autokeologi merupakan kajian tentang individu organisme atau individu spesies, menyangkut riwayat hidup dan kelakuannya, dalam arti menyesuaikan diri dengan lingkungannya.

Ekologi tumbuhan merupakan suatu penelaahan tentang berbagai aspek ekologi dari tumbuhan pada tingkat komunitas tumbuhan (vegetasi/flora) secara keseluruhan atau hanya menelaah populasi tumbuhan (species) secara khusus saja, baik pada lingkungan darat (terestris) maupun lingkungan perairan (akuatik).

Jika disusun secara hierarkis, kedudukan autekologi dan sinekologi dalam ekologi tumbuhan adalah sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2.: Pendekatan Dalam Ekologi Tumbuhan.

Pengetahuan yang menjadi dasar kajian ekologi tumbuhan adalah bahwa tumbuhan dan makhluk hidup lainnya memiliki kemampuan untuk bereaksi atau melakukan respon terhadap berbagai pengaruh factor fisik (abiotik), seperti perubahan suhu udara, intensitas cahaya, kelembaban udara atau curah hujan, dan factor biotic seperti naungan oleh tumbuhan lain yang terdapat di sekitarnya.

Dalam ekologi tumbuhan, satuan dasar ekologi yang menjadi dasar penelaahan tentang interaksi tumbuhan dengan berbagai factor

dalam lingkungannya adalah kajian tentang system ekologi atau ekosistem. Berdasarkan struktur ekosistem, terdapat tiga hal yang menjadi kunci penelaahan ekologi, yaitu individu (jenis atau spesies), populasi, dan komunitas tumbuhan.

Dalam suatu ekosistem individu, populasi, dan komunitas tumbuhan cenderung tidak pernah sepenuhnya dalam keadaan mantap, tetapi terdapat dalam keseimbangan yang mudah goyah. Melalui berbagai kaidah ekologi yang berlangsung secara terus menerus maka berbagai proses, seperti proses interaksi, toleransi, adaptasi, fisiologi, asosiasi, dan suksesi, akan terbentuk keseimbangan dinamis atau homeostatis untuk skala waktu tertentu.

Dalam ekologi tumbuhan konsep dasar ekologi yang penting dipelajari, antara lain :

1. Mempelajari konsep ekosistem, komunitas dan populasi.
2. Mempelajari pengaruh factor lingkungan terhadap tumbuhan dan peranan factor lingkungan sebagai factor pembatas.
3. Mempelajari struktur dan komposisi vegetasi suatu ekosistem atau habitat.
4. Mempelajari alir energi dan daur biogeokimia melalui metabolisme, siklus hara mineral, dan siklus air.
5. Mempelajari hubungan tempat tumbuh dengan :
 - a. Komposisi dan struktur vegetasi
 - b. Mempelajari hubungan tempat tumbuh dengan :
 - a. Komposisi dan struktur vegetasi.

1.4. Hubungan Ekologi Tumbuhan dengan Ilmu Pengetahuan Lain

Ekologi tumbuhan yang merupakan salah satu cabang disiplin ekologi. Dalam tingkatan organisasi biologi, kajian ekologi

membahas tentang berbagai aspek interaksi makhluk hidup dengan lingkungannya dari berbagai tingkatan, seperti tingkatan satu jenis makhluk hidup (species), populasi, komunitas atau ekosistem dalam lingkungan biosfer, yang dalam ekologi disebut ekosfer. Untuk mempelajari dan memahami berbagai aspek interaksi antara tumbuhan dengan makhluk hidup lain dari berbagai tingkatan seperti tersebut di atas maka diperlukan disiplin atau bidang pengetahuan yang dapat mendukung dan menjelaskannya. Menurut Setiadi dkk (1989) bahwa ilmu pengetahuan penting yang diperlukan tersebut antara lain :

1. Ilmu Pengetahuan Alam

- a. Ilmu Fisika berperan karena di dalam ekologi tumbuhan, factor – factor fisik, seperti struktur dan kepadatan tanah, sinar matahari, perubahan suhu, daya serap air, curah hujan, kelembaban udara, dan sebagainya.
- b. Ilmu Kimia berperan penting karena dalam ekologi tumbuhan berbagai proses kimia yang berlangsung, baik di dalam maupun di luar tubuh tumbuhan membutuhkan kajian secara kimia untuk dapat merumuskan berbagai proses kimia yang berlangsung.
- c. Matematika dan Statistika peranannya dibutuhkan dalam ekologi karena digunakannya berbagai hitungan atau pembobotan suatu jenis, populasi atau komunitas suatu organisme dalam suatu ekosistem secara kualitatif dan kuantitatif, serta perhitungan dan analisisnya secara matematik dan statistic. Dengan memanfaatkan matematik,

dapat diperkirakan apa yang terjadi bila suatu parameter lingkungan (kadar dan jenis pupuk) dapat diubah – ubah dan bagaimana pengaruhnya terhadap produktivitas tumbuhan.

2. Ilmu – Ilmu Biologi selain Ekologi

Penyebaran, adaptasi, aspek – aspek peran dan fungsi tumbuhan, serta struktur komunitas vegetasi banyak dipelajari dalam ekologi tumbuhan. Pemahamannya mempunyai hubungan yang erat dengan disiplin ilmu – ilmu biologi lainnya, seperti : taksonomi, morfologi, fisiologi, fitogenetik dan sebagainya.

- a. Taksonomi sangat diperlukan untuk mengetahui nama dan mengenal jenis – jenis tumbuhan yang akan diteliti. Pengenalan jenis tumbuhan dititikberatkan pada sifat atau cirri – cirri generative (reproduktif) berdasarkan sifat, struktur anatomi, dan morfologi bunga dan buah. Selain itu diperlukan cara pengenalan jenis tumbuhan berdasarkan sifat – sifat vegetative dan bentuk hidup (life form) tumbuhan, seperti struktur daun, kuncup atau batang (kulit, getah dan kayu), bentuk penampilan tumbuhan apakah berbentuk pohon, perdu atau liana.
- b. Struktur Tumbuhan, bidang ini sangat penting karena berbagai aspek lingkungan fisik berpengaruh terhadap sifat adaptasi dan toleransi tumbuhan, sifat ini akan tampak pada penampilan bentuk – bentuk anatomi dan morfologinya. Berbagai formasi vegetasi di bumi sering disusun berdasarkan sifat – sifat penampilan struktur tubuh tumbuhan (fisiognomi) atau sifat – sifat ekologinya. Misalnya pada formasi hutan xeromorphic, yaitu hutan

yang vegetasinya terdapat di daerah kering, sebagian besar tumbuh – tumbuhan didominasi oleh tumbuhan xerophytes.

- c. Fisiologi Tumbuhan dan Biokimia, ilmu – ilmu ini sangat berguna untuk mempelajari berbagai proses metabolisme dan proses kehidupan tumbuh – tumbuhan. Selain itu diperlukan pula pengetahuan kimia atau biokimia yang dapat menjelaskan bagaimana terjadi proses kimia yang berhubungan dengan berbagai aktivitas fisiologi tersebut. misalnya bagaimana proses fotosintesa berlangsung atau penurunan laju kecepatan proses transpirasi dipengaruhi oleh kenaikan suhu lingkungan dan bagaimana enzim tertentu mengatur hal tersebut. selain itu informasi ekologi yang berhubungan dengan fenologi tumbuhan seperti proses pembungaan memerlukan pendekatan autoekologi, cenderung memanfaatkan pengetahuan tentang fisiologi bunga, misalnya tentang fotoperiodisitas yaitu pengaruh lamanya penyinaran terhadap pembungaan.
- d. Fitogenetika. Fitogenetika atau genetika tumbuh – tumbuhan diperlukan untuk mengkaji bagaimana suatu jenis tumbuh – tumbuhan yang penyebarannya sangat luas sering memperlihatkan perbedaan menurut letak geografi dan kondisi lingkungannya. Perbedaan bukan saja terdapat dalam bentuk pertumbuhannya, tetapi sering berkaitan dengan kemampuan adaptasi dan preferensi ekologinya (persyaratan ekologi) terhadap keadaan tempat tumbuhnya yang mempunyai sifat menurun (herediter) dari sifat – sifat genetika setempat oleh adanya mutasi atau peristiwa poliploidi.
- e. Biogeografi. Dalam ilmu biologi terdapat kajian yang secara khusus membahas penyebaran makhluk hidup yang

disebut biogeografi. Biogeografi yang secara khusus mengkaji tumbuh – tumbuhan dinamakan fitogeografi, yaitu kajian yang secara khusus mempelajari dan membahas penyebaran tumbuhan di berbagai wilayah di seluruh dunia. Fitogeografi pada dasarnya merupakan induk kajian perkembangan pengetahuan ekologi yang mempelajari pengaruh lingkungan, seperti topografi wilayah mempengaruhi penyebaran tumbuhan.

3. Ilmu Tanah, Geologi dan Geomorfologi.

- a. Ilmu Tanah, secara murni dinamakan pedologi, tetapi pengetahuan yang secara khusus mempelajari tanah sebagai tempat tumbuh – tumbuhan disebut edafologi. Perbedaan jenis – jenis tanah, sifat – sifat fisik, dan keadaan/ kemiringan lahan atau tanah seringkali mempengaruhi persebaran tumbuhan, yang dapat berpengaruh pula terhadap terbentuknya tipe vegetasi dan jenis – jenisnya.
- b. Geologi dan Geomorfologi, dalam ekologi tumbuhan diperlukan karena struktur geologi dan geomorfologi lapisan bumi sebagai habitat tempat tumbuh – tumbuhan tumbuh sangat mempengaruhi sifat tanah, hidup tumbuh – tumbuhan, dan penyebarannya. Pada iklim yang sama, tetapi dengan struktur batuan yang berbeda akan terbentuk jenis tanah yang berlainan. Keadaan topografi tanah sangat mempengaruhi komposisi dan kesuburan komunitas vegetasi yang ada karena perbedaan kesuburan tanah dan keadaan air tanah. selain itu, perbedaan ketinggian (altitude) juga akan berpengaruh terhadap penyebaran jenis tumbuh – tumbuhan karena mempunyai iklim setempat yang berbeda.

4. Klimatologi

Klimatologi adalah ilmu pengetahuan yang membahas hal ihwal tentang iklim. Dalam ekologi, factor iklim perlu diketahui dan sangat diperhatikan untuk mempelajari berbagai aspek penyebaran dan berbagai proses kehidupan tumbuh – tumbuhan, misalnya kapan tumbuhan tertentu mulai berbunga. Factor – factor lingkungan yang berpengaruh terhadap iklim di bumi, antara lain cahaya matahari, suhu udara, curah hujan, kelembababan udara, dan angin. Factor – factor lingkungan tersebut sangat besar pengaruhnya terhadap proses metabolisme, reproduksi, pertumbuhan dan perkembangan, serta suksesi tumbuh – tumbuhan.

3. Pemanfaatan dan Penerapannya

A. Pemanfaatan

Dalam ekologi tumbuhan pemanfaatan ekologi secara langsung atau tidak langsung berhubungan erat dengan masalah kependudukan, pertanian, kehutanan, kesehatan, penyebaran penyakit, pencemaran lingkungan, dan masalah – masalah lain yang sangat penting untuk kehidupan dan kesejahteraan manusia dan lingkungannya.

Melalui kajian strategi pelestarian dunia terungkap bahwa betapa pentingnya pemanfaatan kaidah – kaidah ekologi bagi upaya pelestarian sumber daya alam yang terpulihkan untuk pembangunan yang berkelanjutan.

Walaupun secara teoritis pemanfaatan kajian ekologi dan ekologi tumbuhan dalam perkembangannya bersumber dari kajian ekologi yang sifatnya relatif sederhana, pemanfaatan dan peranannya ternyata memberikan hasil yang cukup memadai. Misalnya untuk pengelolaan dan upaya konservasi hutan lindung yang bertujuan untuk melestarikan seluruh komunitas biota yang

dilindungi maka akan diperlukan pemahaman kaidah – kaidah ekologi tumbuhan, seperti kondisi dan system ekologi dari hutan lindung tersebut, yang berhubungan dengan struktur ekosistem, komposisi jenis, kelimpahan dan keanekaragaman jenis vegetasi, sifat kompetisi dan predasi antar makhluk hidup, fungsi ekologi hutan, daur nutrisi, dan produktivitas primer hutan.

Mempelajari dunia tumbuh – tumbuhan di dalam lingkungannya telah menghasilkan pengetahuan dasar yang sangat luas tentang berbagai hal, misalnya pemanfaatan dan pengelolaan sumber daya alam, keseimbangan system ekologi, dan konservasinya. Dalam hal ini ekologi tumbuhan secara khusus mempunyai peranan yang penting dalam membantu mengatur lingkungannya agar keseimbangan system ekologi tidak terganggu, misalnya bagaimana kegiatan manusia berpengaruh terhadap sumber daya alam, mengontrol erosi tanah, melakukan rehabilitasi, restorasi, konservasi ekosistem, seperti padang rumput atau hutan dan vegetasinya serta kehidupan satwa liar dan habitatnya.

B. Penerapannya

Menurut Oriens (1977)², penerapan berbagai kajian ekologi atau ekologi tumbuhan dan ilmu pengetahuan lainnya ternyata meliputi seluruh aspek kehidupan manusia dan lingkungan hidupnya. Terutama penerapan dalam bidang pengelolaan sumber daya alam (misalnya produksi pertanian, kehutanan atau pertambangan) baik untuk yang dapat diperbaharui atau tidak; konservasi, preservasi, rehabilitasi dan restorasi jenis – jenis tumbuhan dan biota lain dengan habitatnya; untuk sumber daya alam yang dilindungi, analisis mengenai dampak lingkungan untuk

² Oriens, G.H. 1977. *The adaptive characteristics of desert plants*. American Scientist 65:412-421.

kegiatan pembangunan, pencemaran lingkungan; pengawasan terhadap hama dan penyakit; serta pencegahan kontaminasi bahan beracun berbahaya dan pengaruhnya terhadap tumbuhan dan lingkungan. Kegiatan manusia yang berkaitan dengan hal tersebut pada umumnya akan mempengaruhi keanekaragaman makhluk hidup yang terdapat dalam suatu ekosistem.

Untuk memahami dan mengatasi masalah yang timbul akibat berbagai kegiatan manusia tersebut, ekologi tumbuhan dan ilmu pengetahuan lainnya dapat menerapkan kaidah – kaidah ekologi, seperti : struktur ekosistem dan komponen – komponennya, interaksi antara makhluk hidup dengan lingkungannya, factor lingkungan sebagai pembatas, fungsi ekosistem yang mencakup alir energi, daur biogeokimia dan proses suksesi, dinamika masyarakat tumbuh – tumbuhan dan populasinya, serta sifat – sifat toleransi, adaptasi tumbuhan dan keberadaan serta sebaran makhluk hidup (biota) di permukaan bentang alam bumi. Dengan menerapkan kaidah – kaidah ekologi paling tidak berbagai masalah yang timbul dapat diketahui sebab akibatnya dan dicari pemecahannya.

BAB II

EKOSISTEM

2.1. Pengertian Ekosistem

Istilah ekosistem pertama kali diusulkan oleh seorang ahli ekologi berkebangsaan Inggris bernama A. G. Tansley pada tahun 1935, meskipun tentu saja konsep itu sama sekali bukan merupakan konsep yang baru. Terbukti bahwa sebelum akhir tahun 1800-an, pernyataan – pernyataan resmi tentang istilah dan konsep yang berkaitan dengan ekosistem mulai terbit cukup menarik dalam

literatur – literatur ekologi di Amerika, Eropa dan Rusia (Odum, 1993).

Beberapa penulis lain telah menggunakan istilah yang berbeda, tetapi maksudnya sama dengan ekosistem. Misalnya tahun 1877 ahli ekologi berkebangsaan Jerman bernama Karl Mobius telah menulis tentang komunitas organisme dalam batu karang, dan menggunakan istilah yang mempunyai makna sama dengan ekosistem yaitu *biocoenosis* (Biokoenosis). Pada tahun 1887 ahli ekologi berkebangsaan Amerika bernama S.A. Forbes telah menulis karangan kuno tentang danau, dan menggunakan istilah yang mempunyai makna sama dengan ekosistem, yaitu *microcosm* (mikrokosm). Pada periode tahun 1846-1903 seorang ahli ekologi bangsa Rusia bernama V.V. Dokuchaev dan seorang ahli ekologi hutan bangsa Rusia bernama G.F. Morozov telah menaruh perhatian besar terhadap ekosistem dan menggunakan istilah yang mempunyai makna sama dengan ekosistem, yaitu biokoenosis, sedangkan dikalangan ahli ekologi bangsa Rusia sering menggunakan istilah geobiokoenosis yang memiliki makna sama dengan ekosistem.

Demikian juga masih ada ahli – ahli ekologi lainnya yang telah menggunakan istilah yang mempunyai makna sama dengan ekosistem antara lain Friederichs pada tahun 1930 menggunakan istilah holocoen/holokoan, Thienemann pada tahun 1939 menggunakan istilah biosystem/biosistem, Vernadsky pada tahun 1944 menggunakan istilah bioenertbody (Odum, 1993).

Beberapa defenisi tentang ekosistem dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Ekosistem, yaitu suatu unit ekologi yang di dalamnya terdapat struktur dan fungsi (A.G. Tansley, 1935 dalam Setiadi, 1983). Struktur yang di maksudkan yaitu berhubungan dengan keanekaragaman species (*species diversity*). Pada ekosistem yang strukturnya kompleks, maka akan memiliki keanekaragaman species yang tinggi. Adapun kata fungsi berhubungan dengan siklus materi dan arus energi melalui komponen - komponen ekosistem.
2. Ekosistem, 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. Ekosistem, yaitu unit fungsional dasar dalam ekologi yang di dalamnya tercakup organisme dan lingkungannya (lingkungan biotik dan abiotik) dan di antara keduanya saling mempengaruhi (Odum, 1993). Dikatakan sebagai suatu unit fungsional dasar karena merupakan satuan terkecil yang memiliki komponen secara lengkap, memiliki relung ekologi, sehingga di dalam unit ini siklus materi dan arus energi terjadi sesuai dengan kondisi ekosistemnya.
4. Ekosistem, yaitu tatanan kesatuan secara utuh menyeluruh antara segenap unsur lingkungan hidup yang saling mempengaruhi (UU Lingkungan Hidup Tahun 1997). Unsur – unsur lingkungan hidup baik unsur biotik dan abiotik 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. Ekosistem, yaitu suatu system ekologi yang terbentuk oleh hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya (Soemarwoto, 1983). Tingkatan organisasi ini dikatakan sebagai suatu system 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 jarring makanan yang pada setiap proses terjadi aliran energi dan siklus materi.

2.2. Komponen Ekosistem

Semua ekosistem, baik ekosistem teresterial (daratan) maupun akuatik (perairan) terdiri atas komponen – komponen yang dapat dikelompokkan berdasarkan segi trofik atau nutrisi dan segi struktur dasar ekosistem.

Berdasarkan segi struktur dasar ekosistem, maka komponen ekosistem terdiri atas dua jenis, yaitu :

1. Komponen biotik (komponen makhluk hidup), misalnya binatang, tumbuhan, mikroba.
2. Komponen abiotik (komponen benda mati), misalnya air, udara, tanah dan energi.

Berdasarkan segi trofik atau nutrisi, maka komponen biotik dalam ekosistem terdiri atas dua jenis, yaitu :

- a. Komponen autotrofik. *Autos* artinya sendiri dan *trophikos* artinya menyediakan makanan. Komponen autotrofik yaitu organisme yang mampu menyediakan atau mensintesis makanannya sendiri berupa bahan organik berasal dari bahan – bahan anorganik dengan bantuan klorofil dan energi utama berupa radiasi matahari. Oleh karena itu, organisme yang

mengandung klorofil termasuk ke dalam golongan autotrof dan pada umumnya adalah golongan tumbuhan.

- b. Komponen heterotrofik. *Hetero* artinya berbeda atau lain dan *trophikos* artinya menyediakan makanan. Komponen heterotrofik yaitu organisme yang hidupnya selalu memanfaatkan bahan organik sebagai bahan makanannya, sedangkan bahan organik yang dimanfaatkan itu disediakan oleh organisme lain. Jadi, komponen heterotrofik memperoleh bahan makanan dari komponen autotrofik.

Odum (1993) dan Resosoedarmo, dkk (1986) mengemukakan bahwa semua ekosistem apabila ditinjau dari segi struktur dasarnya terdiri atas empat komponen :

1. Komponen abiotik (non hayati), yaitu komponen fisik dan kimia yang terdiri atas tanah, air, udara, sinar matahari dan lain sebagainya yang berupa medium atau substrat untuk berlangsungnya kehidupan.
2. Komponen produsen, yaitu organisme autotrofik yang pada umumnya berupa tumbuhan hijau. Produsen menggunakan energi radiasi matahari dalam proses fotosintesis, sehingga mampu mengasimilasi CO_2 dan H_2O , dan menghasilkan energi kimia yang tersimpan dalam karbohidrat.
3. Komponen konsumen, yaitu organisme heterotrofik misalnya binatang dan manusia yang makan organisme lain. Jadi, yang disebut sebagai konsumen adalah semua organisme dalam ekosistem yang menggunakan hasil sintesis (bahan organik) dari produsen atau dari organisme lainnya. Berdasarkan kategori tersebut, maka yang termasuk konsumen adalah semua jenis binatang dan manusia yang terdapat dalam suatu ekosistem. Konsumen dapat digolongkan ke dalam :

- a. Konsumen pertama adalah golongan herbivora, yaitu binatang yang makan tumbuhan hijau.
 - b. Konsumen kedua adalah golongan karnivora kecil dan omnivore. Karnivora kecil yaitu binatang yang berukuran tubuh lebih kecil dari karnivora besar dan memakan binatang lain yang masih hidup.
 - c. Konsumen ketiga adalah golongan karnivora besar (karnivora tingkat tinggi). Karnivora besar yaitu binatang yang memakan atau memangsa karnivora kecil, herbivora, maupun omnivore. Misalnya singa, harimau, serigala dan burung rajawali.
 - d. Mikrokonsumen adalah tumbuhan atau binatang yang hidupnya sebagai parasit, scavenger dan saproba. Parasit merupakan tumbuhan atau binatang yang hidupnya bergantung kepada sumber makanan dari inangnya, sedangkan scavenger dan saproba hidup dengan memakan bangkai binatang dan tumbuhan yang telah mati.
4. Komponen pengurai, yaitu mikroorganisme yang hidupnya bergantung kepada bahan organik dari organisme mati (binatang, manusia dan tumbuhan yang telah mati). Mikroorganisme tersebut pada umumnya terdiri atas bakteri dan jamur.

2.3. Keseimbangan Dalam Ekosistem

Menurut Irwan (1992), ekosistem itu mempunyai keteraturan sebagai perwujudan dari kemampuan ekosistem untuk memelihara diri sendiri, mengatur diri sendiri, dan dengan sendirinya mengadakan keseimbangan kembali. Keseimbangan yang terdapat dalam suatu ekosistem disebut homeostatis, yaitu

kemampuan ekosistem untuk menahan berbagai perubahan dalam system secara keseluruhan.

Homeostatis berasal dari kata *homeo* yang artinya *sama*, dan *statis* yang artinya *berdiri* (Odum, 1993). Oleh karena itu, **homeostatis itu sesungguhnya adalah kestabilan yang dinamis, karena perubahan – perubahan yang terjadi pada ekosistem akan tetap mengarah kepada tercapainya keseimbangan baru.** Keseimbangan ekosistem itu diatur oleh berbagai factor yang sangat kompleks. Factor – factor yang terlibat dalam mekanisme keseimbangan ekosistem antara lain mencakup mekanisme yang mengatur penyimpanan bahan – bahan, pelepasan hara, pertumbuhan organisme dan populasi, proses produksi, serta dekomposisi bahan – bahan organik.

Berdasarkan uraian tersebut, maka kondisi ekosistem dalam keseimbangan (homeostatis) mempunyai arti bahwa ekosistem itu telah mantap atau telah mencapai klimaks, sehingga ekosistem mempunyai daya tahan yang besar untuk menghadapi berbagai gangguan yang menimpanya. Daya tahan ekosistem dalam menghadapi gangguan sangat bergantung kepada usia dari ekosistem tersebut. Ekosistem muda tentu mempunyai daya tahan yang lebih rendah dibandingkan dengan ekosistem dewasa.

Daya tahan ekosistem yang besar menunjukkan bahwa ekosistem mampu menghadapi gangguan, sehingga perubahan – perubahan yang terjadi akibat gangguan itu masih ditolerir bahkan ekosistem mampu pulih kembali dan menuju kepada kondisi keseimbangan. Berkaitan dengan daya tahan ekosistem seperti tersebut di atas, di dalam ekologi terdapat istilah yang dikenal dengan *daya lenting*. Menurut Soemarwoto (1983), *daya lenting* (*resilience*) menunjukkan kemampuan ekosistem untuk pulih setelah terkena gangguan. Makin cepat kondisi ekosistem itu pulih berarti

makin pendek masa pulih, makin banyak gangguan yang dapat ditanggulangi, berarti makin besar atau makin tinggi daya lentingnya.

Irwan (1992) mengemukakan bahwa setiap ekosistem akan memberikan tanggapan (respon) terhadap suatu gangguan. Tanggapan ekosistem terhadap gangguan dilakukan sesuai dengan daya lentingnya. Menurut Irwan (1992), *daya lenting* merupakan sifat suatu ekosistem yang memberikan kemungkinan ekosistem tersebut pulih kembali ke keseimbangan semula setelah mengalami gangguan. Oleh karena itu, suatu ekosistem yang mendapat gangguan ada kemungkinan kembali kepada kondisi keseimbangan seperti semula atau juga berkembang menuju kepada keseimbangan baru yang berbeda dengan kondisi awal, hal ini bergantung kepada besar kecilnya gangguan yang dialami dan bergantung kepada besar kecilnya daya lenting yang dimiliki ekosistem.

Gangguan yang jauh melebihi daya lenting suatu ekosistem, akan menciptakan dinamika yang mengarah kepada terbentuknya kondisi ekosistem yang menyimpang atau berbeda dengan ekosistem sebelumnya. Resosoedarmo, dkk (1986) mengemukakan bahwa kendatipun suatu ekosistem itu mempunyai daya lenting (daya tahan) yang besar, tetapi pada umumnya batas mekanisme keseimbangan dinamis (homeostatis) masih dapat diterobos oleh kegiatan manusia.

2.4. Habitat dan Relung

Semua makhluk hidup mempunyai tempat hidup yang disebut habitat. Kalau kita ingin mencari atau ingin berjumpa dengan suatu organisme tertentu, maka harus tahu terlebih dahulu tempat hidupnya, sehingga ke habitat itulah kita pergi untuk mencari atau berjumpa dengan organisme tersebut. oleh sebab itu, habitat

organisme bisa juga disebut alamat organisme itu (Resosoedarmo dkk, 1986; Irwan, 1992).

Istilah habitat dapat juga dipakai untuk menunjukkan tempat tumbuh sekelompok organisme dari berbagai species yang membentuk suatu komunitas. Sebagai contoh untuk menyebut tempat hidup suatu padang rumput dapat menggunakan habitat padang rumput, untuk hutan mangrove dapat menggunakan istilah habitat hutan mangrove, untuk hutan rawa dapat menggunakan habitat hutan rawa, dan lain sebagainya. Dalam hal seperti ini, maka habitat sekelompok organisme mencakup organisme lain yang merupakan komponen lingkungan (komponen lingkungan biotic) dan komponen lingkungan abiotik.

Menurut Soemarwoto (1983), habitat suatu organisme itu pada umumnya mengandung factor ekologi yang sesuai dengan persyaratan hidup organisme yang menghuninya. Persyaratan hidup setiap organisme merupakan kisaran factor – factor ekologi yang ada dalam habitat dan diperlukan oleh setiap organisme untuk mempertahankan hidupnya. Kisaran factor – factor ekologi bagi setiap organisme memiliki jarak berbeda, yang pada batas bawah disebut *titik minimum*, batas atas disebut *titik maksimum*, di antara titik minimum dan maksimum disebut *titik optimum*. Ketiga titik tersebut dinamakan *titik cardinal*.

Oleh karena itu, setiap organisme mempunyai habitat yang sesuai dengan kebutuhannya. Apabila ada gangguan yang menimpa pada habitat akan menyebabkan terjadi perubahan pada komponen habitat, sehingga ada kemungkinan habitat menjadi tidak cocok bagi organisme yang menghuninya. Jadi, apabila kondisi habitat berubah hingga diluar titik minimum dan maksimum (di luar kisaran factor ekologi) yang diperlukan setiap organisme di dalamnya, maka

organisme itu dapat mati atau pindah (migrasi) ke tempat lain. Jika perubahan yang terjadi dalam habitat berjalan lambat, misalnya berjalan selama beberapa generasi, maka organisme yang menghuninya pada umumnya bisa menyesuaikan diri dengan kondisi yang baru meskipun di luar batas – batas semula. Melalui proses adaptasi (penyesuaian diri) tersebut, lama – lama terbentuklah ras – ras baru yang mempunyai sifat berbeda dengan sebelumnya.

Di dalam habitat, setiap makhluk hidup mempunyai cara tertentu untuk hidup. Misalnya, burung yang hidup di sawah ada yang makan serangga, ada yang makan buah padi, ada yang makan katak, ada juga yang makan ikan. Cara hidup organisme seperti itu disebut *relung* atau *niche*.

Relung (niche) menunjukkan peranan fungsional dan posisi suatu organisme dalam ekosistem (Heddy dkk, 1986). Menurut Resosoedarmo, dkk (1986), relung yaitu posisi atau status organisme dalam suatu komunitas atau ekosistem tertentu. Relung suatu organisme ditentukan oleh tempat hidupnya (habitat) dan oleh berbagai fungsi yang dikerjakannya, sehingga dikatakan sebagai profesi organisme dalam habitatnya. Profesi organisme menunjukkan fungsi organisme dalam habitatnya. Berbagai organisme dapat hidup bersama dalam satu habitat. Akan tetapi, jika dua atau lebih organisme mempunyai relung yang sama dalam satu habitat, maka akan terjadi persaingan. Makin besar kesamaan relung dari organisme – organisme yang hidup bersama dalam satu habitat, maka makin intensif persaingannya.

2.5. Energi Dalam Ekosistem

Energi didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan usaha/kerja (Odum, 1993). Misalnya, manusia memerlukan energi untuk berjalan, untuk berpikir, dan untuk aktifitas lainnya. Bentuk – bentuk energi yang nyata berguna bagi organisme hidup dapat berupa energi mekanik, energi kimia,, energi radiasi, dan energi panas.

Energi yang dimiliki oleh setiap organisme hidup adalah energi kimia yang diperoleh dari makanannya dalam bentuk protein, karbohidrat, lemak dan sebagainya. Energi tersebut diciptakan pertama kali pada tingkatan produsen , yaitu tumbuhan hijau dengan mengubah energi matahari ke dalam bentuk energi potensial. Energi potensial adalah energi yang tersimpan dan dapat digunakan untuk melakukan kerja, contohnya protein, karbohidrat, dan lemak. Adapun energi kinetic merupakan energi yang terlepas atau energi yang dibebaskan oleh organisme berupa energi gerak.

1. Hukum Termodinamika

Perlu diketahui bahwa energi di alam bebas atau di dalam ekosistem ini tunduk pada hukum termodinamika, yaitu :

a. Hukum Termodinamika I

Hukum termodinamika I berbunyi “ *energi dapat diubah dari satu bentuk energi ke bentuk energi lain, tetapi tidak pernah dapat diciptakan atau dimusnahkan* “. Misalnya, energi cahaya sebagai contoh bentuk energi dapat diubah menjadi energi kinetic, dapat diubah menjadi energi panas, dapat diubah menjadi energi potensial dalam suatu makanan bergantung pada keadaan, tetapi tak satu pun dari energi tersebut dimusnahkan. Memang hukum tersebut bertanggungjawab untuk menerangkan bahwa energi itu dapat diubah – ubah bentuknya, dan semua energi yang memasuki

organisme, populasi, atau ekosistem dapat dianggap sebagai energi yang tersimpan atau terlepas. Jadi, organisme dapat dianggap sebagai salah satu komponen pengubah energi dalam system ekologi.

b. Hukum Termodinamika II

Hukum termodinamika II berbunyi “ *setiap terjadi perubahan bentuk energi, pasti terjadi degradasi energi dari bentuk energi yang terpusat menjadi bentuk energi yang terpecah, dan di dalam proses transformasi energi selalu melepaskan panas dalam bentuk energi yang tidak dapat digunakan* “. Misalnya, benda yang panas akan menyebarkan panasnya ke lingkungan yang suhunya lebih rendah. Contoh berikutnya adalah dalam proses fotosintesis tidak semua energi radiasi matahari yang diterima oleh tumbuhan hijau diubah menjadi energi kimia (energi potensial) dalam bentuk pangan (Karbohidrat, protein dan lemak), tetapi sebagian dari energi itu dilepaskan ke lingkungan sebagai energi panas. Oleh karena itu, tidak ada system pengubahan energi yang berjalan secara efisien.

Hukum ini berguna untuk menerangkan bahwa meskipun energi itu tidak pernah hilang dari system alam, tetapi energi tersebut sebagian akan terus berubah menjadi bentuk energi yang kurang bermanfaat. Misalnya, suatu energi yang diambil binatang dari tumbuhan atau binatang lain biasanya dalam bentuk makanan padat dan bermanfaat untuk keperluan hidupnya. Akan tetapi, sebagian dari energi itu akan keluar dari tubuh binatang berupa energi panas karena melakukan kegiatan. Energi panas inilah merupakan energi yang terbuang tanpa guna.

2. Rantai Makanan

Rantai makanan, yaitu transfer atau pemindahan energi dari sumbernya melalui serangkaian organisme yang dimakan dan yang memakan (Odum, 1993). Mengingat energi makanan itu ada dalam bentuk energi kimia atau energi potensial, dan di dalamnya mengandung energi dan materi, maka rantai makanan dapat didefinisikan sebagai transfer atau pemindahan energi dan materi melalui serangkaian organisme.

Di dalam suatu ekosistem hanya tumbuhan hijau yang mampu menangkap energi radiasi matahari dan mengubahnya ke dalam bentuk energi kimia dalam tubuh tumbuhan. Energi tersebut sebagian digunakan untuk dirinya sendiri dan sebagian lagi merupakan sumber daya yang dimanfaatkan oleh herbivore. Herbivore dimangsa oleh karnivora, dan karnivora dimangsa oleh karnivora lainnya, demikian seterusnya sehingga terjadilah proses pemindahan energi dan materi dari satu organisme ke organisme lain dan ke lingkungannya.

Dari hasil tersebut dapat terlihat bahwa suatu kehidupan dapat menyokong kehidupan lainnya. Dengan kata lain, dari satu organisme ke organisme yang lain terbentuk suatu rantai yang disebut dengan rantai makanan. Semakin pendek rantai makanan, maka semakin dekat jarak antara organisme pada permulaan rantai dan organisme pada ujung rantai, sehingga semakin besar energi yang tersimpan dalam tubuh organisme di ujung rantai makanan.

Pada prinsipnya, rantai makanan dapat dibedakan ke dalam tiga kelompok sebagai berikut :

1. Rantai pemangsa, yaitu pemindahan energi dan materi dari produsen (tumbuhan) ke binatang kecil, kemudian ke binatang yang besar, dan berakhir pada binatang paling besar.

2. Rantai parasit, yaitu pemindahan energi dan materi dari organisme besar ke organisme kecil.
3. Rantai saprofit, yaitu pemindahan energi dan materi dari organisme mati (bahan organik) ke mikroorganisme atau jasad renik.

3. Jaring Makanan

Jaring makanan, yaitu gabungan dari berbagai rantai makanan (Odum, 1993). Semua rantai makanan dalam suatu ekosistem tidak berdiri sendiri, melainkan saling berkaitan antar rantai makanan. Bahkan di dalam ekosistem, ketiga kelompok rantai makanan saling berkaitan. Dengan kata lain, jika tiap – tiap rantai makanan yang ada di dalam ekosistem disambung – sambungkan dan membentuk gabungan rantai makanan yang lebih kompleks, maka terbentuk jaring makanan.

Jaring makanan dalam suatu ekosistem dapat menggambarkan kestabilan ekosistem tersebut. makin banyak rantai makanan dan makin besar kemungkinan terbentuknya gabungan dalam jaring makanan, akan menunjukkan kestabilan ekosistem makin tinggi. Oleh karena itu, untuk menjaga kestabilan ekosistem, di dalam setiap kegiatan pengelolaan sumber daya alam tidak diperkenankan memutuskan rantai makanan yang ada, apalagi menghilangkan satu atau lebih rantai makanan yang ada dalam ekosistem.

4. Tingkat Trofik

Dalam ekosistem alam dikenal adanya tingkat trofik suatu kelompok organisme. Menurut Heddy dkk. (1986), tingkat trofik menunjukkan urutan organisme dalam rantai makanan pada suatu ekosistem. Oleh karena itu, berbagai organisme yang memperoleh

sumber makanan melalui langkah yang sama dianggap termasuk ke dalam tingkat trofik yang sama.

Berdasarkan atas pemahaman tingkat trofik, maka organisme dalam ekosistem dikelompokkan sebagai berikut :

1. Tingkat trofik I, yaitu semua organisme yang berstatus sebagai produsen.
2. Tingkat trofik II, yaitu semua organisme yang berstatus sebagai herbivora.
3. Tingkat trofik III, yaitu semua organisme yang berstatus sebagai karnivora kecil (konsumen sekunder).
4. Tingkat trofik IV, yaitu semua organisme yang berstatus sebagai karnivora besar (karnivora tingkat tinggi).
5. Tingkat trofik V, yaitu semua organisme yang berstatus sebagai perombak (decomposer dan transformer) atau semua mikroorganisme.

5. Struktur Trofik dan Piramida Ekologi

Menurut Odum (1993), fenomena interaksi yang terjadi dalam rantai makanan dan hubungan antara ukuran organisme dan metabolismenya menghasilkan berbagai komunitas dengan struktur trofik tertentu. Oleh karena itu, setiap tipe ekosistem, misalnya danau, hutan, terumbu karang, dan padang rumput akan memiliki struktur trofik dengan sifat tertentu.

Struktur trofik dapat diukur dan dideskripsikan dengan istilah biomassa (*standing crop*) per satuan luas, atau dengan pernyataan jumlah energi yang terikat per satuan luas waktu pada setiap tingkat trofik secara berurutan. Jika diperhatikan bahwa setiap tahap dalam rantai makanan akan ada sejumlah energi yang hilang karena tidak asimilasi atau lepas sebagai panas, sehingga organisme yang berada pada ujung tingkat trofik akan memperoleh energi lebih kecil.

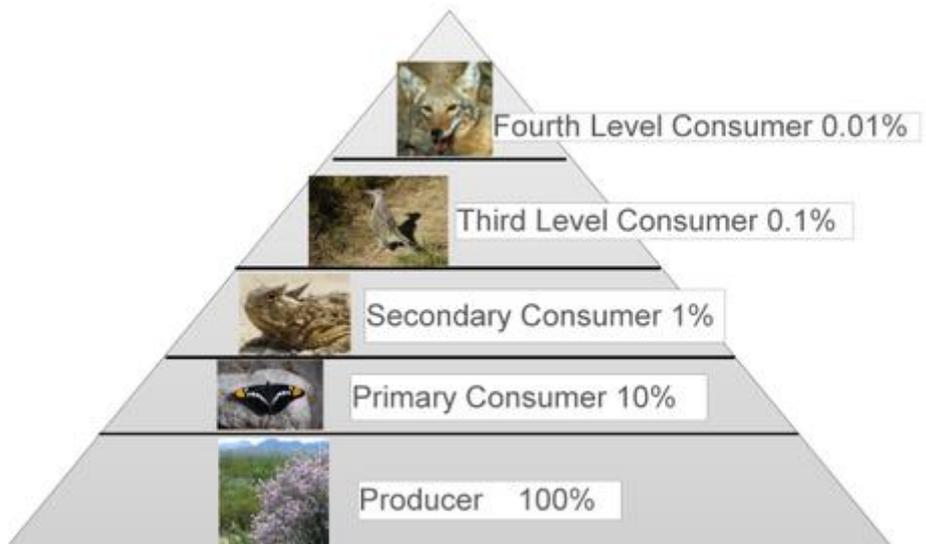
Dengan kata lain, jika makin panjang rantai makanan, energi yang tersedia bagi kelompok organisme yang terakhir semakin kecil (sedikit). Apabila energi yang tersedia dalam suatu rantai makanan itu disusun secara berurutan berdasarkan urutan tingkat trofik, maka membentuk sebuah kerucut yang dikenal dengan piramida ekologi.

Dengan demikian, sesungguhnya piramida ekologi itu merupakan susunan tingkat trofik (tingkat nutrisi atau tingkat energi) secara berurutan menurut rantai makanan atau jaring makanan dalam ekosistem.

Odum (1993) dan Resosoedarmo dkk. (1986) menyatakan bahwa piramida ekologi itu dapat menggambarkan (secara grafik) struktur trofik dan fungsi trofik. Struktur dan fungsi trofik dapat terlihat pada masing – masing tipe piramida.

Piramida ekologi dapat digolongkan ke dalam tiga tipe piramida, yaitu :

1. Piramida jumlah, yaitu piramida yang menggambarkan terjadinya penurunan jumlah individu organisme pada tiap tahap tingkatan trofik. Jadi, dalam piramida jumlah itu yang dilukiskan adalah jumlah individu organisme yang berada pada



tiap tingkat trofik. Pada umumnya herbivora lebih besar atau lebih kuat daripada produsen, karnivora sekunder lebih besar atau lebih kuat daripada herbivora, dan seterusnya. Oleh karena itu, jika ukuran atau kekuatan organisme makin bertambah pada tiap tingkat trofik, maka jumlah organisme pada tiap tingkat trofik secara berurutan makin kurang kecuali untuk tingkat pengurai. Bentuk piramida jumlah ini dapat dilihat sebagai berikut :

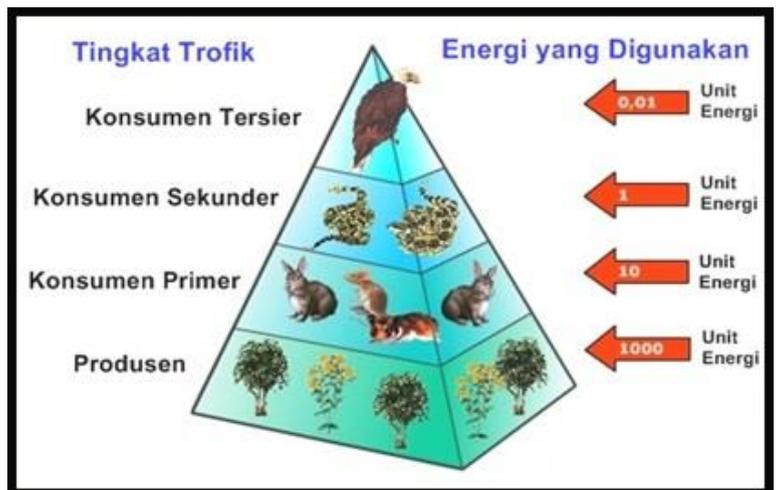
Gambar : *Piramida jumlah individu organisme dalam suatu ekosistem*

2. Piramida biomassa, yaitu piramida yang menggambarkan terjadinya penurunan atau peningkatan biomassa organisme pada tiap tahap tingkatan trofik. Piramida biomassa pada ekosistem daratan dan perairan terjadi perbedaan bentuk. Pada ekosistem daratan memiliki jumlah organisme produsen yang lebih banyak dibandingkan jumlah organisme konsumen pada tiap tingkat trofik, dan siklus hidup organisme produsen pada umumnya lebih panjang, maka biomassa semua produsen pada setiap waktu lebih besar, sedangkan biomassa konsumen makin kecil menuju ke puncak piramida. Adapun pada ekosistem perairan memiliki piramida biomassa terbalik karena biomassa konsumen selalu lebih besar daripada biomassa produsen. Bentuk piramida biomassa ini dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar : *Piramida biomassa organisme dalam suatu ekosistem*

3. Piramida energi, yaitu piramida yang menggambarkan terjadinya penurunan energi pada tiap tahap tingkatan trofik. Kehilangan energi yang terjadi pada setiap urutan tingkat trofik itu dapat dipahami melalui Hukum termodinamika II bahwa setiap ada perubahan energi akan menimbulkan hilangnya energi yang dipakai. Energi pada herbivora dalam suatu komunitas atau ekosistem lebih rendah daripada produsen dalam komunitas atau ekosistem yang sama, dan seterusnya, sehingga bentuk piramida energi adalah piramida tegak.



Gambar : *Piramida energi dalam suatu ekosistem*

2.6. Siklus Biogeokimia

Semua unsur kimia di alam akan beredar melalui jalan tertentu dari lingkungan ke organisme atau makhluk hidup dan kembali lagi ke lingkungan. Semua bahan kimia dapat beredar berulang – ulang melewati ekosistem secara tak terbatas. Jika suatu

organisme itu mati, maka bahan organik yang terdapat pada tubuh organisme tersebut akan dirombak menjadi komponen abiotik dan dikembalikan lagi ke dalam lingkungan. Peredaran bahan abiotik dari lingkungan melalui komponen biotik dan kembali lagi ke lingkungan dikenal sebagai *siklus biogeokimia*.

Unsur – unsur kimia yang ada di alam kemungkinan terdapat dalam bentuk padat berupa garam – garam mineral, dalam bentuk cair, dan gas yang dapat disintesis oleh tumbuhan menjadi berbagai senyawa organik seperti karbohidrat, protein, nucleoprotein, asam dioksiribonukleat (DNA), asam ribonukleat (RNA), dan senyawa lainnya yang menyusun tubuh organisme. Unsur abiotik tersebut memasuki sel melalui media air yang berperan sebagai pembawa semua gas dan garam mineral yang larut. Banyaknya air lebih kurang 20 % - 99 % dari bobot segar tumbuhan yang masuk ke dalam tubuh tumbuhan, melalui system perakaran membawa unsur – unsur hara yang berguna untuk pertumbuhan. Di dalam tubuh tumbuhan, setiap bentuk hasil metabolisme juga diangkut melalui media air. Dengan demikian, air mempunyai peranan penting dalam proses kehidupan di dalam ekosistem.

Siklus biogeokimia dikelompokkan ke dalam tipe siklus gas (gas karbon, nitrogen, belerang), siklus padatan/sedimen (fosfor) dan siklus air (hidrologi).

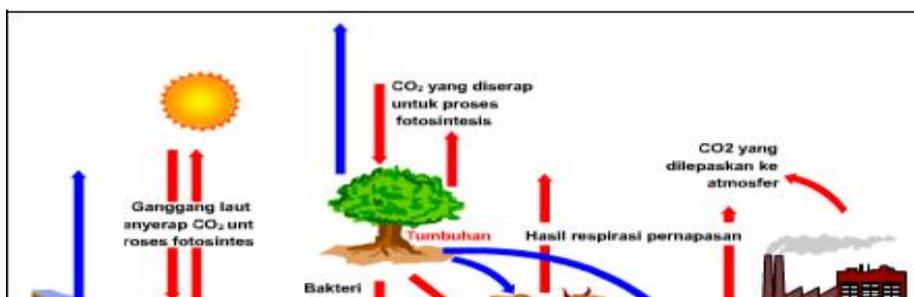
a. Siklus Karbon

Karbon merupakan salah satu unsur yang mengalami daur dalam ekosistem. Dimulai dari karbon yang ada di atmosfer berpindah melalui tumbuhan hijau, konsumen, dan organisme pengurai, kemudian kembali ke atmosfer. Di atmosfer karbon terikat dalam bentuk senyawa karbondioksida (CO_2).

Karbon dioksida merupakan bagian udara esensial yang dapat mempengaruhi radiasi panas dari bumi, dan dapat membentuk persediaan karbon anorganik. Proses fotosintesis yang terjadi pada tumbuhan hijau merupakan proses perubahan karbon dioksida sebagai karbon anorganik menjadi karbohidrat sebagai senyawa hidrokarbon yang dalam hal perubahan karbon disebut juga senyawa karbon organik dalam tubuh tumbuhan disertai dengan penyimpanan energi yang bersumber dari radiasi matahari, sehingga dalam tubuh tumbuhan tersimpan energi yang disebut energi biokimia tersimpan bersama dengan senyawa organik kompleks.

Dalam aktivitas fisiologi tumbuhan, sebagian karbon organik akan terurai dan CO_2 dibebaskan lagi ke udara melalui respirasi, sebagian karbon organik lainnya diubah menjadi senyawa organik kompleks dalam tubuh tumbuhan selama pertumbuhannya. Senyawa organik tersebut akan ditransfer ke dalam tubuh konsumen melalui proses interaksi dalam rantai maupun jaring makanan, sehingga sebagian dari senyawa karbon organik akan tetap berada dalam tubuh konsumen (manusia, binatang/hewan) sampai mati.

Setelah produsen dan konsumen mati, maka senyawa organik akan segera terurai lagi melalui proses penguraian/dekomposisi oleh organisme pengurai dan karbon akan dilepas sebagai CO_2 ke alam dan masuk ke udara atau ke dalam air. Akan tetapi ada sebagian bahan organik yang kadang – kadang tidak bisa terurai dalam proses dekomposisi sehingga memerlukan waktu yang sangat lama dan kemudian akan berubah menjadi batu kapur, arang dan minyak yang dalam hal ini disebut *bahan bakar fosil*.



BAB III

FAKTOR PEMBATAS

3.1. Azas-azas Paktor Pembatas

Ada beberapa konsep yang digunakan sebagai faktor pembatas bagi kehidupan tumbuh-tumbuhan di dalam ekosistem. Konsep-konsep tersebut adalah: 1). Hukum Minimum, 2). Hukum Toleransi, 3). Konsep Gabungan Faktor Pembatas, 4). Faktor Fisik Sebagai Faktor Pembatas, 5). Indikator Ekologi

5. Minimum Liebig

Menurut van der Ploeg *et al.* (1999) Hukum minimum Liebig adalah konsep yang telah banyak diterapkan dalam ilmu pertanian. Konsep ini berawal dari teori nutrisi mineral tanaman yang dicetuskan oleh Carl Sprengel, seorang ahli ilmu kimia, pada tahun 1828, yang menyatakan bahwa tanaman membutuhkan unsur-unsur mineral untuk berkembang.³

Carl Sprengel menyebutkan konsep yang kemudian diformulasikan sebagai hukum minimum dalam artikel yang ditulisnya, namun tidak begitu menjadi perhatian pada eranya. Hukum ini lebih populer melalui buku yang ditulis oleh seorang ahli agronomi, Justus von Liebig (1855). Pada buku tersebut tersisip tulisan Liebig yang menyatakan bahwa pertumbuhan tidak dikendalikan oleh total sumberdaya yang tersedia, tetapi dikendalikan oleh sumberdaya yang paling sedikit (faktor

³ van der Ploeg, Böhm, W. & Kirkham, M. B. (1999). History of soil science: On the origin of the theory of mineral nutrition of plants and the law of the minimum. *Journal of Soil Science Society of America*, 63, 1055-1062

pembatas). Oleh karena itu hukum ini lebih dikenal sebagai “Hukum Minimum Liebig”. Kontroversi mengenai penemu hukum tersebut, memicu para ahli untuk menamainya sebagai “Hukum Minimum Sprengel-Liebig” (Jerz, 2013).

“Hukum Minimum Liebig (Liebig’s law of the minimum) menyatakan bahwa ”pertumbuhan tanaman tergantung pada nutrisi atau senyawa yang berada dalam keadaan minimum”

Hukum minimum Liebig memiliki kelemahan, diantaranya:

- = Hanya berperan dengan baik untuk nutrisi yang diperlukan untuk pertumbuhan dan reproduksi.
- 4. Tidak mempertimbangkan faktor lain, misalnya suhu, cahaya, dan unsur lainnya.
- 5. Tidak memperhitungkan interaksi berbagai hara dengan faktor lingkungan lainnya
- d). Hukum ini berlaku hanya dalam kondisi keseimbangan yang dinamis (*steady state*), artinya pada ekosistem dengan arus energi dan materi yang masuk seimbang dengan yang keluar.

Pada keadaan yang kritis, nutrisi yang tersedia dalam jumlah minimum bertindak sebagai faktor pembatas. Justus Liebig (1840) menemukan hasil tanaman tidak ditentukan oleh unsur hara NPK yang diperlukan dalam jumlah banyak tetapi oleh mineral seperti magnesium yang diperlukan dalam jumlah sedikit oleh tanaman.

Bukan sekadar terlalu sedikitnya sesuatu yang menjadi faktor pembatas seperti yang dinyatakan Liebig, tetapi juga terlalu banyak faktor seperti panas, cahaya dan air. Oleh sebab itu organisme mempunyai sifat minimum dan maksimum lingkungannya. Jarak antara kedua batas nilai minimum dan maksimum lingkungan ini menunjukkan batas toleransi. Konsep pengaruh batas maksimum maupun minimum bersama-sama dimasukkan ke dalam Hukum Toleransi oleh Shelford dalam tahun 1913.

2. Hukum Toleransi Shelford

Hukum Toleransi Shelford (*Shelford's Law of Tolerance*) dicetuskan oleh Victor Ernest Shelford (American Zoologist) pada tahun 1913. Hukum ini menyatakan bahwa “organisme mempunyai batas minimum dan maksimum ekologis yang merupakan batas atas dan batas bawah dari kisaran toleransi”

Beberapa asas tambahan terhadap Hukum Toleransi dapat dinyatakan sebagai berikut:

- a. Organisme dapat memiliki kisaran toleransi yang lebar bagi satu faktor dan kisaran yang sempit untuk faktor yang lain.
 - b. Organisme dengan kisaran toleransi yang luas untuk semua faktor wajar kalau memiliki penyebaran yang paling luas. Contoh, eceng gondok tersebar luas mulai dari dataran rendah hingga pegunungan; tetapi kelapa hanya di dataran rendah, dan teh hanya di daerah pegunungan.
2. Bila keadaan tidak optimum untuk suatu faktor, maka batas toleransi terhadap faktor ekologi yang lain dapat dikurangi. Sebagai contoh Penman (1956) melaporkan, bila nitrogen tanah merupakan pembatas maka ketahanan rumput terhadap kekeringan dikurangi. Air diberikan berlebihan untuk menjaga kelayuan pada tingkat nitrogen yang rendah.
3. Sering ditemukan bahwa organisme di alam sebenarnya tidak hidup pada kisaran optimum dengan faktor fisik tertentu. Dalam keadaan demikian beberapa faktor lain ditemukan mempunyai arti yang lebih besar. Anggrek tropik sebenarnya tumbuh lebih baik dalam cahaya matahari penuh daripada dalam naungan, asal tetap sejuk. Namun, kenyataan di alam anggrek tumbuh hanya dalam naungan karena tidak tahan pengaruh panas dari cahaya matahari langsung.

4. Periode reproduksi biasanya merupakan periode yang gawat bila faktor lingkungan bersifat membatasi. Batas toleransi individu reproduktif misalnya biji, telur, embrio dan kecambah biasanya lebih sempit daripada tumbuhan atau hewan dewasa non produktif. Contoh pohon Cyprus dewasa tumbuh pada dataran tinggi yang kering atau daerah yang terus menerus terendam air tetapi untuk perkembangan kecambahnya harus pada tanah yang lembab dan tidak tergenang.

Dengan mengetahui kisaran toleransi suatu tumbuhan dapat diketahui keberadaan dan penyebaran (distribusi) tumbuhan tersebut. Derajat toleransi dalam ekologi memakai awalan-awalan *steno* yang berarti sempit dan *eury* yang berarti luas, misalnya:

- *Stenothermal* – *eurythermal* berhubungan dengan temperatur
- *Stenohydric* – *euryhydric* berhubungan dengan air
- *Stenohaline* – *euryhaline* berhubungan dengan garam
- *Stenophagic* – *euryphagic* berhubungan dengan makanan
- *Stenoecious* – *euryecious* berhubungan dengan seleksi habitat.

Titik-titik minimum, optimum dan maksimum berdekatan untuk jenis-jenis yang stenothermal, sehingga perbedaan temperatur yang kecil menyebabkan efek yang kecil pada jenis *eurythermal*. Jenis-jenis yang *stenothermal* ada yang bersifat toleransi temperatur rendah (*oligothermal*) dan ada pula yang toleransi temperatur tinggi (*polythermal*) atau di antaranya.

3. Konsep Gabungan Faktor Pembatas

Konsep gabungan faktor pembatas adalah keadaan yang mendekati atau melampaui ambang batas toleransi suatu kondisi, yang terdiri atas kisaran minimum atau maksimum dari faktor-faktor abiotik suatu ekosistem, misal suhu, cahaya, pH yang terlalu rendah (minimum) atau terlalu tinggi. Konsep ini diajukan oleh para ahli

ekologi sebagai penggabungan dan penyempurnaan dari ekologi toleransi yang didasari pemikiran Liebeg & Shelford

Ada dua alasan diajukan konsep tersebut oleh para ahli, yaitu:

1. Tidak menjawab pertanyaan ekologi mendasar, yakni bagaimana jenis-jenis beradaptasi terhadap beberapa faktor pembatasnya;
2. Keberhasilan hidup organisme di alam dikendalikan oleh:
 - a) kondisi lingkungan yang kompleks,
 - b) jumlah dan keragaman senyawa esensial yang harus ada dalam keadaan minimum,
 - c) faktor-faktor isik yang kritis,
 - d) batas-batas toleransi organisme itu sendiri

Dengan menggabungkan konsep hukum minimum dan konsep toleransi, maka dapat dipahami konsep faktor pembatas (*limiting factor*). Faktor pembatas suatu organisme mencakup kisaran minimum atau maksimum dari faktor-faktor abiotik suatu ekosistem. Misal: suhu, cahaya, pH yang terlalu rendah (minimum) atau terlalu tinggi (maksimum).

Bagi organisme dengan kisaran toleransi yang lebar (*eury*) terhadap faktor abiotik X yang relatif konstan bukan merupakan faktor pembatas, sehingga organisme tersebut dapat hadir dalam jumlah banyak. Sebaliknya, bagi organisme dengan toleransi yang sempit (*steno*) terhadap faktor abiotik (Y) yang selalu berubah akan menjadi “faktor pembatas” sehingga akan hadir dalam jumlah sedikit. Contoh: oksigen di udara dalam jumlah banyak dan konstan bukan merupakan faktor pembatas organisme darat. Sebaliknya, kandungan O₂ terlarut di perairan, terdapat dalam jumlah sedikit dan jumlahnya selalu berubah-ubah, menjadi faktor pembatas bagi organisme yang hidup di perairan.

4. Faktor Fisik Sebagai Faktor Pembatas

a. Suhu

Secara umum, suhu optimum untuk tumbuhan menggambarkan daerah asal tumbuhan tersebut. Tumbuhan yang berasal dari daerah hangat akan lebih mudah menyesuaikan pada daerah yang lebih panas daripada tumbuhan yang berasal dari daerah dingin.

Kisaran toleransi tumbuhan terhadap suhu bervariasi. Tumbuhan yang hidup di air memiliki kisaran toleransi yang lebih sempit dibandingkan dengan tumbuhan darat. Suhu optimum untuk jagung (tanaman tropis) berkisar antara 30 - 35°C, dan tidak akan tumbuh jika suhu antara 12 - 15°C. Semangka tidak dapat mentoleransi suhu di bawah 15 - 18°C. Biji-bijian tidak dapat tumbuh di bawah -2 sampai -6°C, sementara itu konifer (temperate) dapat mentoleransi suhu sampai -30°C.

b. Radiasi Cahaya Matahari

Ada tiga unsur radiasi matahari yang mempengaruhi penyebaran tumbuh-tumbuhan, yaitu: intensitas, kualitas, dan lama penyinaran. Berdasarkan variasi intensitas radiasi matahari, tanaman dibagi menjadi dua, yaitu tumbuhan yang menyukai intensitas radiasi matahari penuh (*heliophytes*), dan tumbuhan naungan (*sciophytes*). Kualitas radiasi matahari berpengaruh terhadap sifat morfogenetik tanaman, salah satunya adalah terhadap pemanjangan ruas batang. Selanjutnya, berdasarkan lama penyinaran, tumbuhan dibagi menjadi tiga, yaitu tanaman hari pendek, tumbuhan hari panjang, tumbuhan hari netral.

Variasi radiasi matahari, tidak hanya membatasi penyebaran tumbuhan di daratan, tetapi juga pada tingkat kedalaman perairan. Adanya variasi radiasi sinar matahari di daerah tropis, subtropis, dan kutub, menyebabkan perbedaan jenis tumbuhan yang dapat hidup di

ketiga daerah tersebut. Demikian juga dengan variasi antar kedalaman perairan, menghasilkan tiga zona, yaitu zona fotik, zona twilight (remang-remang), dan zone afotik (tanpa cahaya).

Pengaruh unsur cahaya pada tanaman tertuju pada pertumbuhan vegetatif dan generatif. Tanggapan tanaman terhadap radiasi sinar matahari ditentukan oleh sintesis hijau daun, kegiatan stomata (respirasi, transpirasi), pembentukan anthosianin, suhu dari organ-organ permukaan, absorpsi mineral hara, permeabilitas, laju pernafasan, dan aliran protoplasma.⁴

c. Arus dan Tekanan Air.

Arus air tidak hanya mempengaruhi konsentrasi gas dalam air, tetapi juga secara langsung sebagai faktor pembatas. Misalnya perbedaan jenis tumbuhan sungai dan danau sering disebabkan oleh arus yang deras pada sungai. Tumbuhan di sungai harus mampu menyesuaikan diri terhadap arus baik secara morfologis dan fisiologis.

d. pH

pH merupakan salah satu faktor yang membatasi penyebaran tumbuhan. Alasannya, karena setiap tumbuhan mempunyai kisaran pH tertentu untuk pertumbuhannya. Sebagai contoh, tingkat toleransi tanaman terhadap suasana tanah yang masam (pH rendah) bervariasi. Kecipir misalnya, merupakan tanaman yang sedikit toleran, sedangkan semangka amat sangat toleran terhadap pH rendah.

e. Indikator Ekologi

Seringkali faktor-faktor tertentu dapat dengan tepat menentukan organisme yang ditemukan di suatu daerah. Dengan demikian, kita dapat menentukan keadaan lingkungan isik dengan

⁴ Jumin, H. B. (1992). *Ekologi Tanaman; Suatu Pendekatan Fisiologi*. Jakarta: Rajawali Press

menggunakan organisme yang ditemukan pada suatu daerah. Hal ini disebut dengan indikator ekologi/indikator biologi.

Fenotipe tumbuhan merupakan paduan dari hereditas dan lingkungan. Oleh karena itu, suatu tumbuhan atau komunitas tumbuhan dapat berperan sebagai pengukur kondisi lingkungan tempat tumbuhnya. Konsep ini disebut sebagai fitoindikator (*phytoindicator*), yang merupakan salah satu bagian dari indikator biologi atau bioindikator.

Sebagaimana yang disarankan oleh Odum (1971), tentang syarat suatu makhluk hidup untuk dijadikan sebagai indikator ekologis, maka syarat dimaksud juga berlaku untuk suatu spesies tumbuhan, di antaranya:

- 1) Tumbuhan indikator yang bersifat *steno* lebih baik daripada yang *eury*.
- 2) Tumbuhan terdiri atas banyak spesies merupakan indikator yang lebih baik daripada kalau terdiri atas sedikit spesies.
- 3) Sebelum mempercayai sebagai suatu indikator harus dibuktikan dulu di tempat-tempat lain.
- 4) Banyaknya hubungan antara spesies, populasi dan komunitas sering memberikan petunjuk sebagai indikator yang lebih dapat dipercaya daripada spesies tunggal.

Ada banyak spesies tumbuhan yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan indikator yang berkaitan dengan karakteristik lingkungan. Pengetahuan tentang indikator tumbuhan dapat digunakan untuk berbagai kepentingan, di antaranya: membantu mencirikan sifat tanah setempat, mencirikan lingkungan yang tercemar, dan dapat digunakan untuk memperkirakan potensi sumberdaya lahan: untuk hutan, padang rumput atau tanaman pertanian (Tabel 3.1).

Tanaman Indikator	Karakteristik Lingkungan
-------------------	--------------------------

<i>Butea monosperma</i>	Tanah yang alkalinitas tinggi
<i>Salvador aleoides</i>	Tanah dengan Ca dan Bo tinggi, baik untuk tanaman pertanian.
<i>Polygonum, Chenopodium, Lepidium</i> dan <i>Verbena</i>	Padang rumput yang mengalami <i>overgrazing</i>
<i>Monotropa, Neottia</i> dan jamur <i>Saccharum munja, Acacia, Calotropis, Agare, Opuntia</i> dan <i>Argemone</i>	Tanah yang memiliki banyak humus Tanah yang kandungan air tanahnya rendah
<i>Casuarina equisetifolia, Ipomoea, Citrullus, Cilliganum polygonoides,</i> dan <i>Lycium barbarum</i>	Tumbuh di tanah yang bergeluh
<i>Rumex acetosa, Rhododendron, Polytrichum</i> dan <i>Spagnum</i>	Menunjukkan tanah yang berkapur
<i>Vallozia candida</i> <i>Equisetum speciosa, Thuja sp</i> <i>Astragalus sp</i> <i>Potamogeton sp</i> <i>Ceratophyllum demersum</i>	Menunjukkan adanya intan di Brazil Tumbuh di tanah yang mengandung emas Tumbuh di tanah yang mengandung uranium Digunakan untuk mendeteksi “copper, lead dan zinc pollution” pada air sungai dan danau Indikator untuk tanah yang terkontaminasi mercury di Thailand dan Finlandia

Tabel 3.1. Tanaman yang digunakan sebagai indikator pada berbagai karakteristik lingkungan (Sumber: Shukla & Chandel, 1985; Chandra & Sinha, 2000.)

BAB IV

PENGARUH FAKTOR ABIOTIK TERHADAP TUMBUHAN

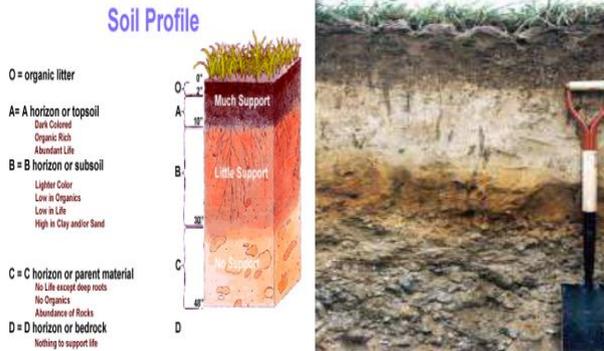
4.1 Pengaruh Tanah dan Topografi terhadap Tanaman

1. Tanah

Secara umum, tanah dipahami sebagai lapisan kulit bumi yang tipis, terletak di bagian paling atas permukaan bumi. Namun, sebenarnya tanah memiliki banyak definisi, tergantung pada penggunaannya. Salah satu definisi tanah yang berkaitan dengan tumbuh-tumbuhan (pertanian) adalah sebagaimana yang disebutkan oleh USDA (United States Department of Agriculture), sebagai berikut:

“Soil is a natural body comprised of solids (minerals and organic matter), liquid, and gases that occurs on the land surface, occupies space, and is characterized by one or both of the following: horizons, or layers, that are distinguishable from the initial material as a result of additions, losses, transfers, and transformations of energy and matter or the ability to support rooted plants in a natural environment. 1

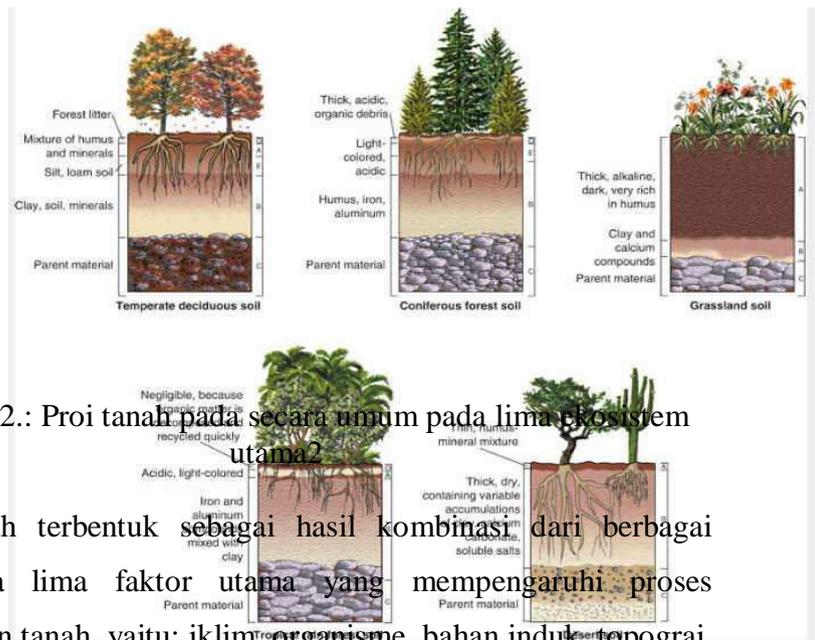
Jika kita menggali tanah, maka akan terlihat profil tanah dengan ketebalan tertentu. Profil tanah merupakan penampang tegak lurus/vertikal tanah yang menunjukkan lapisan-lapisan tanah/horison dari yang teratas hingga ke batuan induk (Gambar3.1).



Gambar 3.1: Profil tanah (sumber:

<http://gallerily.com/three+soil+layers>)

Ketebalan profil tanah antara satu tempat dan tempat lainnya berbeda, karena perbedaan faktor pembentuk tanahnya (Gambar 3.2). Perbedaan tersebut menentukan kemampuannya dalam mendukung kehidupan makhluk hidup yang menempatinnya.



Gambar 3.2.: Proil tanah pada secara umum pada lima ekosistem utama?

Tanah terbentuk sebagai hasil kombinasi dari berbagai faktor. Ada lima faktor utama yang mempengaruhi proses pembentukan tanah, yaitu: iklim, organisme, bahan induk, topografi,

dan waktu. Faktor-faktor tersebut dapat dirumuskan dengan rumus sebagai berikut:

$$T = f(i, o, b, t, w)$$

Keterangan:

T = tanah

i = iklim

b = bahan induk

f = faktor

o = organisme

t = topografi dan w = waktu

Tanah bagi tanaman memiliki empat fungsi utama. Keempat fungsi tersebut adalah: sebagai media tumbuh tanaman, sebagai penyedia air dan hara tanah, penyedia udara bagi akar tanaman dan mikroba tanah, dan tempat hidup bagi mikroba tanah. Tanah akan mampu menjalankan keempat fungsi tersebut, hanya jika kualitasnya optimal. Kualitas tanah adalah kapasitas tanah yang berfungsi mempertahankan tanaman, mempertahankan dan menjaga ketersediaan air serta mendukung kegiatan manusia.

Kualitas tanah meliputi kualitas secara fisika, kimia dan biologi. Ketiga hal tersebut memiliki parameter masing-masing dan tidak dapat terpisahkan satu sama lain serta saling mempengaruhi. Parameter sifat fisik, antara lain: tekstur, struktur, stabilitas agregat, kemampuan tanah menahan dan meloloskan air, serta ketahanan tanah terhadap erosi dan lain sebagainya; parameter kimia antara lain: ketersediaan hara, KTK, KTA, pH, ada tidaknya zat pencemar, dan lain sebagainya; sedangkan parameter biologi antara lain jumlah dan jenis mikrobia yang ada dan beraktivitas di dalam tanah.

Secara umum, kualitas tanah yang dikehendaki oleh tanaman adalah: bertekstur lempung, struktur gembur, pH tidak masam, dan banyak mengandung bahan organik. Pada kondisi tanah seperti ini,

akan banyak terdapat pori yang dapat diisi oleh air dan udara, yang sangat penting untuk pertumbuhan akar tanaman. Keadaan seperti ini juga akan menjadikan temperatur stabil dan dapat memacu pertumbuhan mikro organisme yang membantu proses pelapukan bahan organik. Sebaliknya, dengan kondisi tanah yang padat, yang tersusun atas partikel-partikel yang sangat kecil. Apabila terkena air, tanah akan menjadi liat dan menggumpal, air menggenang hingga tanah menjadi lembab dan peredaran udara yang sangat lambat. kemudian bila tanah ini kering akan menggumpal dan memutus sistem perakaran.

pH tanah merupakan salah satu penentu kualitas tanah. Kemasaman (pH) tanah menunjukkan konsentrasi ion H^+ pada larutan tanah. Tanah pertanian umumnya menghendaki pH antara 4 sampai 8. pH tanah mempengaruhi kualitas tanah karena berkaitan dengan penyediaan hara bagi tanaman. Selain itu pada pH yang terlalu masam pertumbuhan tanaman akan terhambat karena keracunan aluminium (Al) (Sugito, 2012).

Mengingat besarnya pengaruh pH terhadap kemampuan tanah dalam menyediakan hara bagi tanaman, sehingga pH tanah merupakan salah satu indikator kesuburan tanah. Hara atau nutrisi tanaman yang dimaksud adalah hara makro (C, H, O, N, S, P, K, Ca, Mg) dan hara mikro (Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, dan Cl).

Kisaran pH pada tanah-tanah pertanian memang antara 4 sampai 8, namun ketersediaan hara yang maksimal bagi tanaman adalah pada kisaran pH 6 -7. Akan tetapi untuk hara-hara tertentu, seperti fosfor (P) lebih banyak tersedia dalam bentuk H_2PO_4 sehingga penyerapan P oleh akar tanaman lebih ditunjang oleh suasana asam dari pada basa (Tabel 3.1).

Tabel 3.1:
Tingkat toleransi tanaman terhadap suasana tanah yang

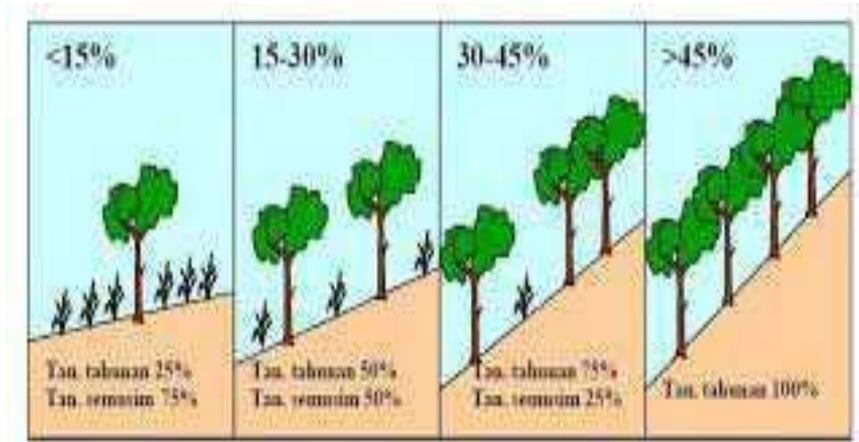
Jenis tanaman	Sedikit toleran	Agak toleran	Amat toleran	Amat sangat tole
Lucerne	√			
Kecipir	√			
Kacang tanah		√		
Kedelai		√		
Jagung			√	
Sorghum			√	
Semangka				√

masam

Kondisi topografi juga merupakan salah satu faktor penting yang menentukan kesuburan tanah. Menurut Hardjowigeno (1995) topografi adalah perbedaan tinggi atau bentuk wilayah suatu daerah, termasuk di dalamnya adalah perbedaan kemiringan lereng, panjang lereng, bentuk lereng, dan posisi lereng. Topografi dalam proses pembentukan tanah mempengaruhi: 1) jumlah air hujan yang meresap atau ditahan oleh massa tanah; 2) dalamnya air tanah; 3) besarnya erosi; 4) arah gerakan air berikut bahan terlarut di dalamnya dari satu tempat ke tempat lain.

Kondisi lereng (kecuraman dan panjang lereng) mempengaruhi laju erosi. Oleh karena itu, pemanfaatannya harus disesuaikan dengan ketentuan yang berlaku (Gambar 3.3). Lahan dengan kemiringan lereng 30-45% (curam) memiliki pengaruh gaya berat (gravity) yang lebih besar dibandingkan lahan dengan kemiringan lereng 15-30% (agak curam), dan 8-15% (landai). Penyebabnya adalah gaya berat semakin besar sejalan dengan semakin miringnya permukaan tanah dari bidang horizontal. Gaya berat ini merupakan persyaratan mutlak terjadinya proses pengikisan

(detachment), pengangkutan (transportation), dan pengendapan (sedimentation).³⁵



Gambar 3.3: Acuan umum proporsi tanaman pada kemiringan lahan yang berbeda.

Berdasarkan hal tersebut, diduga penurunan sifat isik tanah akan lebih besar terjadi pada lereng 30-45%. Hal ini disebabkan pada daerah yang berlereng curam (30-45%) terjadi erosi terus menerus sehingga tanah-tanahnya bersolum dangkal, kandungan bahan organik rendah, tingkat kepadatan tanah yang tinggi, serta porositas tanah yang rendah dibandingkan dengan tanah-tanah di daerah datar yang air tanahnya dalam. Perbedaan lereng juga menyebabkan perbedaan banyaknya air tersedia bagi tumbuh-tumbuhan sehingga mempengaruhi pertumbuhan vegetasi di tempat tersebut.

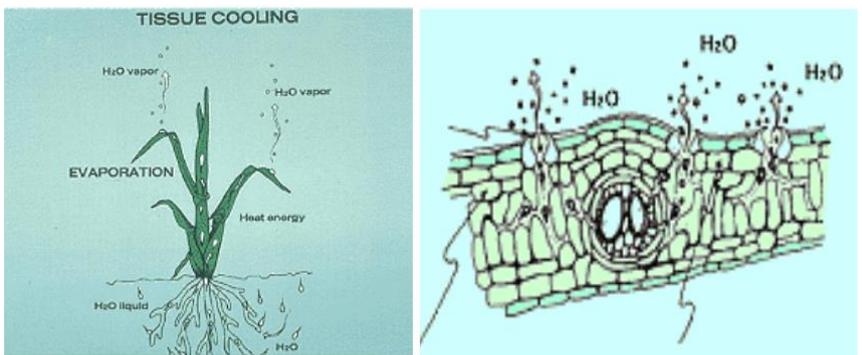
4.2 Pengaruh Air pada Tanaman

Air adalah senyawa kimia yang terdiri atas dua atom hidrogen yang berikatan dengan satu atom oksigen (H₂O). Namun,

⁵ 3Wiradisastra. (1999). Geomorfologi dan Analisis Lanskap. Laboratorium Penginderaan Jauh dan Kartografi, Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor.

sesungguhnya jawaban tentang air lebih dari itu, sebab air adalah substansi yang unik, karena dapat berada dalam tiga wujud: cair, padat, dan gas. Sebagai cairan, wujudnya jelas, tidak berwarna dan tidak berbau. Dalam keadaan seperti itu, zat tersebut dapat mengalir bebas tanpa bentuk yang tetap; membeku pada 0°C (32°F) dan mendidih pada 100°C (212°F).

Berbagai fungsi air bagi tanaman, antara lain: mempertahankan turgiditas sel untuk struktur dan pertumbuhan; mengangkut nutrisi dan senyawa organik ke seluruh bagian tanaman; penyusun protoplasma; sebagai bahan baku untuk berbagai proses kimia, termasuk fotosintesis dan transpirasi, dan menyangga suhu tanaman terhadap suhu udara yang luktatif (The Pennsylvania State University, 2003) (Gambar 3.4)



Gambar 3.4: Fungsi air bagi tanaman (The Pennsylvania State University, 2003)

Berdasarkan ketersediaan air yang dimilikinya, tipe habitat tumbuh-tumbuhan di alam dibagi menjadi tiga, yaitu xeric, mesic, dan hydric. Oleh karena itu, tumbuh-tumbuhan yang dapat hidup di habitat tersebut juga dikelompokkan menjadi tiga secara berturut-turut, yaitu xerophytes, mesophytes, dan hydrophytes.

Xerophytes meliputi sejumlah spesies tumbuhan yang mampu beradaptasi di habitat yang pasokan airnya sangat kurang, misalnya di daerah padang pasir, dan bukit pasir. Kelompok tumbuh-

tumbuhan ini melakukan berbagai modifikasi agar dapat hidup di habitatnya, misalnya:

1. modifikasi akar, dengan menghasilkan akar tunggang yang panjang agar dapat menjangkau air tanah yang jauh di dalam, misalnya pada *Alhagi* sp. (Fabaceae).
2. modifikasi daun, untuk mengurangi transpirasi atau sebagai penyimpan air, misalnya: mengurangi ukuran daun, pada *Acacia* dan *Prosopis*; epidermis daun ditutupi oleh rambut-rambut halus contohnya pada *Calotropis*, multiple epidermis dan sunken stomata pada *Nerium*; daun berbentuk duri pada *Opuntia* dan *Euphorbia*
3. modifikasi batang, menjadi tebal dan berdaging untuk penyimpan air, serta epidermisnya ditutupi lapisan lilin untuk mengurangi kehilangan air pada *Opuntia*

Mesophytes adalah jenis tumbuhan yang mendiami habitat dengan kondisi air, suhu, dan kelembaban rata-rata (moderat). Mereka memiliki karakteristik moderat, yaitu sifat antara Xerophytes dan Hydrophytes. Ciri-ciri umumnya adalah: sistem perakarannya berkembang baik (dengan akar tunggang pada dikotil dan akar serabut pada monokotil), batangnya kokoh dan bercabang, daunnya berklorofil dan dilapisi kutikula serta memiliki stomata. Contohnya adalah sebagian dari tanaman liar, dan tanaman budidaya (mangga, jagung, tomat, gandum, dan lainnya).

Hydrophytes adalah kelompok tumbuh-tumbuhan yang hidup di tempat yang sangat basah. Mereka dapat mengambang, berakar dan mengambang, atau terendam di berbagai kedalaman air. Beberapa bentuk adaptasi yang dilakukannya, antara lain: 1) sistem akar, kurang berkembang misalnya *Eichhornia*, atau tidak berkembang seperti pada *Ceratophyllum*; 2) batang, mengalami

reduksi pada Lemna (duckweed), atau mungkin panjang, ramping, leksibel dan kenyal seperti pada Nelumbo (lotus). Berbentuk spons, dengan ruang udara besar agar dapat mengapung; 3) daun, tipis dan halus seperti pada Hydrilla, atau berbentuk pita seperti Vallisneria. Pada Nelumbo daunnya besar dan datar dengan permukaan atas dilapisi lilin. Pada tanaman yang mengambang, stomata hanya ditemukan di permukaan atas.

4.3 Pengaruh Api pada Tanaman

Api adalah salah satu faktor abiotik yang mempengaruhi keberadaan tumbuhan di suatu tempat. Api telah digunakan oleh manusia sejak ribuan tahun silam hingga sekarang. Manusia menganggap api sebagai alat bantu yang sangat bermanfaat dalam kehidupan sehari-hari. Disamping sebagai cara untuk membersihkan lahan secara murah dan cepat, juga dapat membantu menyuburkan lahan perladangan mereka (Gambar 3.5).

Api merupakan fenomena isik alam yang dihasilkan dari kombinasi yang cepat antara oksigen dan suatu bahan bakar yang terjelma dalam bentuk panas, cahaya dan nyala. Tiga komponen itu diperlukan untuk setiap api agar dapat menyala dan mengalami proses pembakaran.



Gambar 3.7: Salah satu kasus kebakaran hutan (kiri), kebakaran hutan yang disebabkan oleh petir5
Sejumlah kasus kebakaran hutan yang terjadi di Indonesia disebabkan oleh tiga faktor utama, yaitu: 1) kondisi bahan bakar, meliputi jumlahnya yang melimpah di lantai hutan, kadar airnya

relatif rendah (kering), serta ketersediaan bahan bakar yang berkesinambungan; 2) faktor iklim, berupa suhu, kelembaban, angin dan curah hujan. Suhu yang tinggi akibat penyinaran matahari langsung menyebabkan bahan bakar mengering dan mudah terbakar, kelembaban yang tinggi (pada hutan dengan vegetasi lebat) mengurangi peluang terjadinya kebakaran hutan, angin juga turut mempengaruhi proses pengeringan bahan bakar serta kecepatan menjalarnya api, sedangkan curah hujan mempengaruhi besar kecilnya kadar air yang terkandung dalam bahan bakar; 3) sosial budaya masyarakat, meliputi penggunaan api dalam kegiatan persiapan lahan, adanya kekecewaan terhadap sistem pengelolaan hutan, pembalakan liar atau illegal logging, kebutuhan terhadap Hijauan Makanan Ternak (HMT), dan sebab lainnya⁶ Penggunaan api dalam pembersihan lahan dalam skala terbatas memang bersifat menguntungkan, misalnya untuk pembakaran yang terkendali (controlled burning). Akan tetapi jika skalanya luas dan di luar kendali atau berubah menjadi kebakaran liar (wildfire), maka dampaknya adalah merugikan dan sangat sulit untuk dikuantifikasikan.

Pengaruh kebakaran hutan yang menguntungkan berupa: 1) mengurangi potensi bahan bakar, pembakaran terkendali yang

⁶ 4Suratmo, Gunarwan, F., Husaeni, E.A. & Jaya, N.S. (2003). Pengetahuan Dasar Pengendalian Kebakaran Hutan. Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.

⁵Chhabra, K. (2014). Who causes Forest Fire-Nature or Human Beings? Retrieved from <http://followgreenliving.com/causes-forest-ire-nature-human-beings/>

⁶Rasydi, F. (2014). Permasalahan dan dampak kebakaran hutan. Jurnal Lingkar Widya Swara, 1(4), 47-59.

dilakukan secara periodik untuk mengurangi potensi bahan bakar sehingga dapat menghindarkan kebakaran yang lebih besar, 2) memperbaiki keadaan habitat dan menyediakan sumber makanan yang baik bagi satwa, 3) menekan serangan hama dan penyakit melalui eradikasi, 4) abu hasil proses pembakaran akan meningkatkan pH tanah hutan yang pada umumnya bersifat masam, sehingga dapat mengurangi serangan hama dan penyakit yang tidak menyukai kondisi tersebut, 5) mempercepat pertunasan, adanya api akan menstimulasi bakal tunas yang dorman untuk tumbuh. Pertumbuhan tunas setelah kebakaran biasanya berhubungan dengan umur tanaman, ukuran batang, musim, frekuensi kebakaran dan kekerasan kebakaran, 6) membantu penyebaran, jenis-jenis Pinus umumnya menyimpan bijinya dengan mekanisme tertentu di dalam kerucut yang terbalut oleh bahan resin yang sensitif terhadap api sehingga sulit untuk diambil. Dengan adanya api, buah pinus akan membuka dan mengeluarkan bijinya, 7) membantu perkecambahan biji, biji yang tersimpan di dalam tanah perkecambahannya dapat distimulasi oleh adanya panas dari api.

Dampak merugikan kebakaran hutan menurut Kantor Menteri Negara lingkungan hidup, di antaranya: 1) terhadap lingkungan isik, antara lain meliputi penurunan kualitas udara akibat kepekatan asap yang memperpendek jarak pandang sehingga mengganggu transportasi, mengubah sifat isika-kimia dan biologi tanah, mengubah iklim mikro akibat hilangnya tumbuhan, bahkan dari segi lingkungan global ikut memberikan andil terjadinya efek rumah kaca; 2) terhadap lingkungan hayati antara lain menurunnya tingkat keanekaragaman hayati, terganggunya suksesi alami, terganggunya produksi bahan organik dan proses dekomposisi; 3) terhadap aspek kesehatan, antara lain timbulnya asap yang mengganggu kesehatan masyarakat; 4) terhadap aspek sosial, yaitu

hilangnya mata pencaharian, rasa keamanan dan keharmonisan masyarakat lokal, 5) terhadap aspek ekonomi, antara lain dibatakannya jadwal transportasi darat-air dan udara, hilangnya tumbuh-tumbuhan terutama tumbuhan yang mempunyai nilai ekonomis tinggi, biaya pengobatan masyarakat, turunnya produksi industri dan perkantoran, serta anjloknya bisnis pariwisata⁷

4.3. Pengaruh Sinar Matahari pada Tanaman

Radiasi matahari adalah faktor utama di antara faktor iklim yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Tidak hanya sebagai sumber energi utama di bumi, sinar matahari juga merupakan faktor pengendali unsur iklim lainnya (suhu, kelembaban, curah hujan, dan angin). Ada tiga unsur radiasi matahari yang berpengaruh terhadap tanaman, yaitu: intensitas, kualitas, dan lama penyinaran. Ketiga unsur tersebut berbeda antar berbagai tempat di bumi.

1. Intensitas Radiasi Matahari

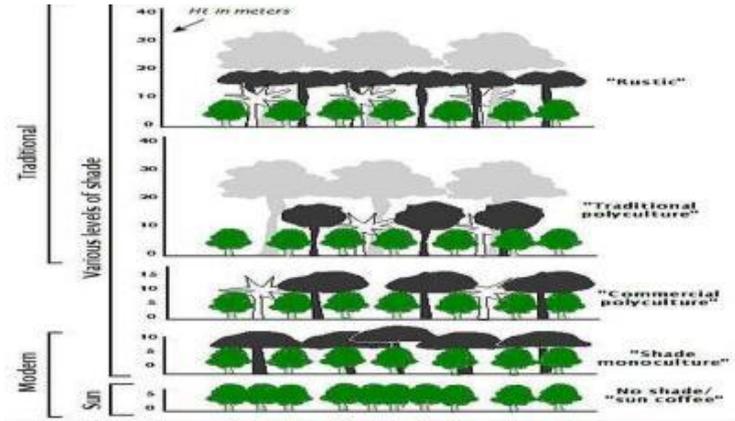
Intensitas radiasi matahari adalah banyaknya energi yang diterima oleh suatu tanaman per satuan luas, dan per satuan waktu tertentu. Biasanya diukur dengan satuan kal/cm²/hari (Sugito, 2012). Lebih lanjut Sugito (2012) menyebutkan bahwa besarnya intensitas radiasi sinar matahari yang diterima tanaman dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya: 1) jarak antara matahari dan bumi (pagi hari berbeda dengan siang hari, puncak gunung berbeda dengan dataran rendah, subtropis berbeda dengan tropis); 2) musim, pada musim hujan jumlahnya lebih rendah dibandingkan musim kemarau; 3) letak geografis, misalnya pada daerah di lereng gunung

⁷ Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 1998. Kebakaran Hutan dan Lahan di Indonesia (Dampak, Faktor dan Evaluasi) Jilid 1. Jakarta

sebelah utara dan selatan berbeda dengan daerah di lereng gunung sebelah barat dan timur.

Berdasarkan adaptasinya terhadap intensitas penyinaran, tumbuhan dikelompokkan menjadi dua, yaitu: 1) tumbuhan yang tumbuh baik dengan intensitas radiasi matahari penuh, disebut *heliophytes/sun species/sun loving*. Beberapa contoh di antaranya adalah tebu, padi, jagung, dan ubikayu; 2) tumbuhan yang tumbuh baik di bawah naungan dengan intensitas radiasi matahari rendah atau disebut *sciophytes/shade species/shade loving*. Beberapa contoh tanaman yang termasuk ke dalam kelompok ini adalah kopi dan kakao. Kopi misalnya, akan tumbuh baik pada intensitas sekitar 30-50%, dan kakao sekitar 20% dari radiasi penuh (Anonim, 2006; Sugito, 2012). Oleh karena itu, kedua tanaman tersebut membutuhkan tanaman pelindung. Beberapa jenis tanaman pelindung yang sering digunakan untuk tanaman kopi menurut Craves (2006) misalnya *Inga*, *Grevillea*, *Acacia*, *Erythrina*, dan *Gliricidia*, dengan shade cover 60-90% (Gambar 3.8 dan Gambar 3.9).

Intensitas radiasi yang terlalu ekstrem (terlalu tinggi, ataupun terlalu rendah) berdampak sangat nyata, baik terhadap sifat morfologis maupun sifat fisiologis tumbuhan. Sugito (2012) menyebutkan bahwa jika tanaman mendapatkan intensitas radiasi matahari rendah, akan terlihat lebih subur, karena daun-daunnya rimbun, padahal sebenarnya tanaman tersebut lemah (terbukti kualitas hasil panennya rendah). Begitu juga jika intensitasnya terlalu tinggi, pertumbuhannya terhambat, batangnya pendek, dan daunnya kecil-kecil. Hasil panen per hektar biasanya rendah, tetapi kandungan nutrisi dalam hasil panen tinggi (Tabel 3.2).



Gambar
3.8:
Metode

penaungan antara tanaman kopi yang ditanam secara tradisional dan yang ditanam secara modern⁸



⁸ 8Craves, J. (2006). What is shade-grown coffee? Retrieved from <http://www.coffeehabitat.com>.

Gambar 3.9: Budidaya tanaman kopi dengan menggunakan tanaman peneduh⁹

No.	Sifat yang diukur	Intensitas radiasi matahari	
		Tinggi	Rendah
1.	Tinggi tanaman	Pendek	Tinggi
2.	Diameter batang	Besar	Kecil
3.	Bunga dan buah	Baik	Buruk
4.	Lapisan lilin di daun	Tebal	Tipis
5.	Ukuran stomata	Kecil	Besar
6.	Nisbah: daun/batang	Rendah	Tinggi
7.	Nisbah: akar/tunas	Tinggi	Rendah
8.	Helai daun	Sempit	Lebar
9.	Ketebalan daun	Tebal	Tipis
10.	Kandungan kloroil	Rendah	Rendah
11.	Kandungan karoten, xantoil dll.	Tinggi	Rendah
12.	Kadar gula	Tinggi	Rendah
13.	Nisbah: C/N	Tinggi	Rendah

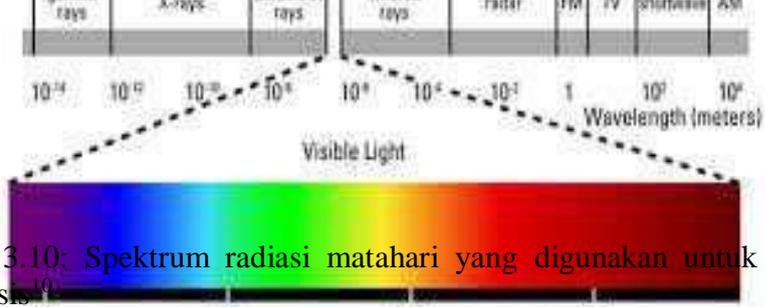
⁹ Shanegenziuk. 2011. Benefits of shade grown, organic and fair trade coffee beans.

Retrieved from <http://groundtoground.org/>..

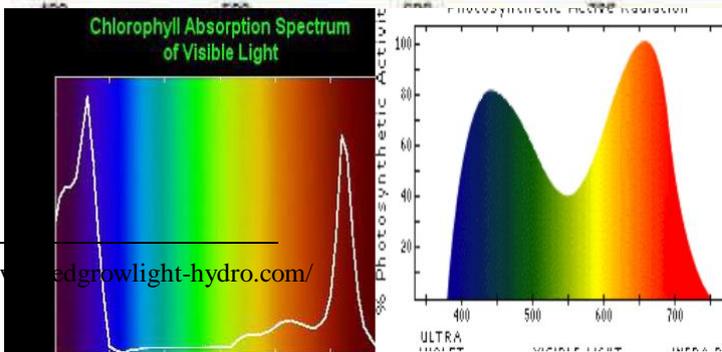
Tabel 3.2: Pengaruh intensitas radiasi matahari ekstrem terhadap sifat morfologis dan fisiologis tanaman [Sumber: Sugito, 2012].

2. Kualitas Radiasi Matahari

Kualitas radiasi matahari diartikan sebagai proporsi panjang gelombang yang diterima pada suatu tempat dan waktu tertentu (Sugito, 2012). Umumnya tumbuhan teradaptasi untuk mengelola cahaya dengan panjang gelombang antara 0,39 sampai 7,60 mikron, disebut cahaya tampak (visible light) atau PAR (photosynthetic active radiation) (Gambar 3.10). Ultraviolet dan infrared tidak dimanfaatkan dalam proses fotosintesis. Klorofil yang berwarna hijau mengabsorpsi cahaya merah dan biru, dengan demikian panjang gelombang itulah merupakan bagian dari spektrum cahaya yang sangat bermanfaat bagi fotosintesis (Anonim, 2006) (Gambar 3.11).



Gambar 3.10: Spektrum radiasi matahari yang digunakan untuk fotosintesis¹⁰



¹⁰ <http://www.edgrowlight-hydro.com/>

Gambar 3.11: Aktivitas fotosintesis berdasarkan panjang gelombang¹¹

Distribusi spektrum dari sinar matahari yang diterima tanaman berbeda-beda, tergantung pada sudut datang matahari (jarak matahari dan bumi), dan letak daun pada tajuk. Semakin kecil sudut datang sinar matahari berarti semakin panjang perjalanan radiasi tersebut, sehingga semakin banyak yang diubah menjadi gelombang panjang (sinar merah), karena adanya partikel-partikel di atmosfer. Contoh, di daerah pegunungan lebih banyak gelombang pendek (ultraviolet) dari pada di dataran rendah. Begitu juga dalam suatu tajuk tanaman, semakin ke bawah semakin banyak yang diubah menjadi gelombang panjang, sebagai akibat dari pancaran dan transmisi radiasi oleh daun (Sugito, 2012)

Kualitas radiasi matahari berpengaruh terhadap sifat morfogenetik tanaman, seperti: inisiasi bunga, perkecambahan benih, perpanjangan ruas (inter node) batang, dan pembentukan pigmen (Sugito, 2012). Salah satu pengaruh kualitas radiasi matahari terhadap tanaman yang mudah diamati adalah pada perpanjangan ruas batang, terutama di daerah-daerah pegunungan, yang biasanya memiliki ruang batang yang lebih pendek. Hal ini terjadi karena pada umumnya gelombang-gelombang pendek dari radiasi matahari terabsorpsi di bagian atas atmosfer sehingga hanya sebagian kecil yang mampu sampai di permukaan bumi. Dengan demikian pengaruh ultraviolet ini akan terjadi dan sangat terasa di daerah pegunungan yang tinggi. Bentuk-bentuk daun yang roset merupakan karakteristik tumbuhan di daerah pegunungan, hal ini merupakan

¹¹ Source: <http://forum.grasscity.com/>

hasil penyinaran ultraviolet dan menghambat untuk terjadinya batang yang panjang¹²

3. Panjang Hari (fotoperiode)

Panjang hari diartikan sebagai panjang atau lamanya siang hari, yang dihitung dari mulainya hari terbit sampai terbenam, ditambah lamanya keadaan remang-remang (selang waktu sebelum matahari berada pada posisi 60 di bawah cakrawala) (Sugito, 2012). Fotoperiode tidak terpengaruh oleh keadaan awan, seperti pada lamanya penyinaran.

Panjang hari berubah beraturan sepanjang tahun, sesuai dengan garis lintang. Di daerah sepanjang khatulistiwa lamanya siang hari atau fotoperioda akan konstan sepanjang tahun, sekitar 12 jam. Di daerah temperata/bermusim panjang hari lebih dari 12 jam pada musim panas, tetapi akan kurang dari 12 jam pada musim dingin. Perbedaan yang terpanjang antara siang dan malam akan terjadi di daerah dengan garis lintang tinggi.

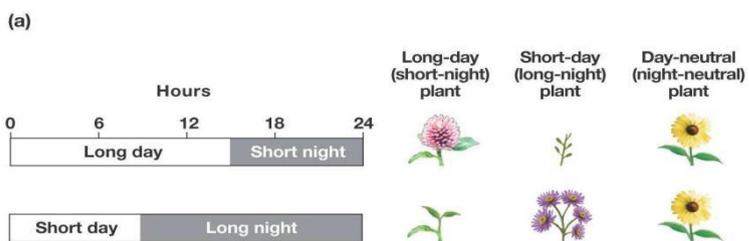
Pengaruh panjang hari terhadap pertumbuhan tanaman selama ini lebih banyak dihubungkan dengan pembungaan, padahal masih banyak aspek lain yang dipengaruhinya. Pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman, menurut Anonim (2006) dan Sugito (2012) di antaranya: a) inisiasi bunga, b) produksi dan kesuburan putik dan tepungsari, misalnya pada jagung dan kedelai, c) pembentukan umbi pada tanaman ubikayu, kentang, bawang putih, dan tanaman umbi-umbian yang lain, d) dormansi benih, terutama

¹² 12Anonim. (2006). Pengantar Ekologi Tumbuhan. Program INHERENT-USU
Medan
2006

biji gulma dan beberapa tanaman berbunga, dan e) pertumbuhan tanaman secara keseluruhan, seperti bentukan anakan, percabangan dan pertumbuhan memanjang

Pengelompokan tanaman berdasarkan responnya terhadap fotoperiode, dibedakan menjadi tiga, yaitu tanaman hari pendek, tanaman hari panjang, dan tanaman hari netral. Ketiga kelompok tanaman tersebut akan memberikan respon yang berbeda jika periode kritisnya tidak terpenuhi (Gambar 3.12). Panjang hari kritis menurut Sugito (2012) adalah panjang hari maksimum (untuk tanaman hari pendek), dan panjang hari minimum (untuk tanaman hari panjang), yang memungkinkan inisiasi bunga masih terjadi. Panjang hari kritis berbeda-beda menurut tanaman, dan bahkan varietas.

Tanaman hari pendek (short-day plants) adalah tanaman yang akan berbunga jika panjang hari kurang (lebih pendek) dari periode kritis tertentu (light period shorter than a critical period to lower). Beberapa contoh tanamannya adalah kedelai, padi, jagung, tembakau, kentang, kopi arabika, dan tebu. Tanaman hari panjang (long-day plants) adalah tanaman yang akan berbunga jika panjang hari lebih panjang dari periode kritis tertentu (light period longer than a critical period to lower). Tanaman yang termasuk ke dalam kelompok ini umumnya adalah tanaman subtropis, contohnya gandum, lobak, bayam, selada, dan barley. Terakhir, tanaman hari netral (day-neutral plants) adalah tanaman yang tidak peka (toleran) terhadap panjang hari. Kelompok tanaman ini tidak dipengaruhi oleh fotoperiode (unaffected by photoperiod), contohnya tomat, padi dan dandelion.



Gambar 3.12: Berbagai respon tanaman terhadap panjang hari¹³

Di daerah tropika, seperti Indonesia, pengaruh panjang hari terhadap tanaman jarang ditemukan, karena panjang antara siang dan malam relatif konstan. Namun, pengetahuan tentang fotoperiode ini penting apabila kita melakukan introduksi varietas-varietas baru dari luar negeri, dan juga untuk para pemulia tanaman yang akan melakukan penyilangan tanaman (Sugito, 2012).

4.4. Pengaruh Suhu terhadap Tanaman

Pengertian suhu mencakup dua aspek, yaitu: derajat dan insolasi. Suhu adalah derajat panas atau dingin suatu benda yang diukur berdasarkan skala tertentu dengan menggunakan termometer. Sumber panas di bumi adalah dari matahari. Insolasi menunjukkan energi panas dari matahari dengan satuan gram/kalori/cm²/jam, mirip dengan pengertian intensitas pada radiasi matahari. Letak lintang, tinggi tempat, musim, dan angin, serta vegetasi, merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah insolasi atau suhu suatu daerah.

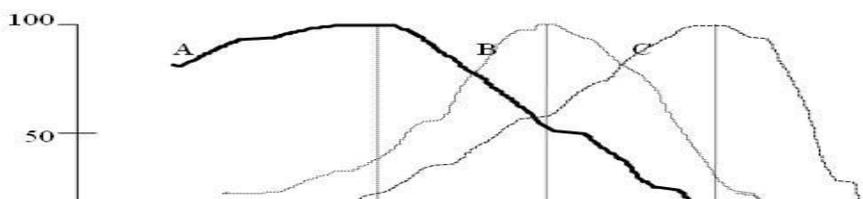
1. Letak lintang (latitude) mempengaruhi insolasi karena di katulistiwa insolasi lebih besar dan sedikit bervariasi dibandingkan dengan sub-tropis dan daerah sedang. Dengan semakin bertambahnya latitude insolasi semakin kecil, karena sudut jatuh radiasi matahari semakin besar atau jarak antara matahari dan permukaan bumi semakin jauh.

¹³ Chen, S.T. & Wu, Q. (2010). What form of phytochrome is responsible for each of these physiological effects? Retrieved from <https://wiki.bio.purdue.edu/boil>

2. Tinggi tempat dari permukaan laut (altitude) mempengaruhi insolasi karena semakin tinggi altitude insolasi semakin rendah, setiap naik 100 m suhu turun 0,60C;
3. Musim berpengaruh terhadap insolasi dalam kaitannya dengan kelembaban udara dan keadaan awan;
4. Angin juga berpengaruh terhadap insolasi, apalagi bila angin tersebut membawa uap panas.
5. Vegetasi berfungsi menyerap panas sehingga daerah yang banyak ditumbuhi tumbuhan akan terasa lebih dingin karena sinar dan panas matahari akan terserap oleh daun dan kayu.

Kehidupan di muka bumi berada dalam suatu batas kisaran suhu antar 00C sampai 300C. Dalam kisaran suhu ini individu tumbuhan mempunyai suhu minimum, maksimum, dan optimum yang diperlukan untuk aktivitas metabolismenya, ketiganya disebut suhu kardinal. Suhu tumbuhan biasanya kurang lebih sama dengan suhu sekitarnya karena adanya pertukaran suhu yang terus menerus antara tumbuhan dengan udara sekitarnya. Kisaran toleransi suhu bagi tumbuhan sangat bervariasi, salah satunya dipengaruhi oleh habitat tumbuhnya (Gambar 3.13). Untuk tanaman di tropika, semangka, tidak dapat mentoleransi suhu di bawah 15 - 180C. Sebaliknya konifer di daerah temperat masih bisa mentoleransi suhu sampai serendah minus 300C.

Tumbuhan air umumnya mempunyai kisaran toleransi suhu yang lebih sempit jika dibandingkan dengan tumbuhan di daratan. Secara garis besar semua tumbuhan mempunyai kisaran toleransi terhadap suhu yang berbeda tergantung para umur, keseimbangan air dan juga keadaan musim.



Gambar 3.13: Kisaran toleransi suhu untuk tanaman daerah dingin, tanaman daerah tropis, dan tanaman padang pasir¹⁴

Suhu dapat berperan secara langsung maupun tidak langsung terhadap tumbuhan. Berperan langsung hampir pada setiap fungsi dari tumbuhan dengan mengontrol laju proses-proses kimia dalam tumbuhan tersebut, sedangkan peran tidak langsung dengan mempengaruhi faktor yang lain, terutama suplai air. Suhu akan mempengaruhi laju evaporasi dan menyebabkan tidak saja keefektifan hujan tetapi juga laju kehilangan air tumbuhan.

Suhu yang bersifat merusak tanaman adalah suhu yang ekstrem, yaitu yang terlalu tinggi, dan suhu yang terlalu rendah. Kedua aras suhu tersebut, tidak saja menghambat pertumbuhan¹⁵ tanaman, tetapi juga mematikan tanaman. Hal ini terjadi, karena proses fisiologis tanaman akan terhambat akibat menurunnya aktivitas enzim (enzim terdegradasi). Kondisi suhu yang tinggi biasanya berkaitan dengan kekurangan air, dan pelayuan, padahal untuk mendinginkan suhu tubuhnya, tanaman melakukan transpirasi (melepaskan air dari tubuhnya). Namun, karena pasokan air tidak cukup untuk melakukan transpirasi (musim kemarau, atau di lingkungan tumbuh yang ekstrem), maka kebutuhan air bagi tanaman tidak cukup untuk melakukan proses pendinginan tersebut. Akibatnya, pada suhu tinggi, tumbuhan akan mengalami kerusakan karena enzimnya menjadi tidak aktif dan metabolismenya rendah.

¹⁴ Sunu, P. & Wartoyo. (2006). Dasar Hortikultura. Buku Ajar. Jurusan Agronomi, Fakultas Pertanian, UNS. Solo

¹⁵ Anonim. (2006). Pengantar Ekologi Tumbuhan. Program INHERENT-USU Medan 2006

Suhu tinggi (di atas optimum) akan merusak tanaman dengan mengacau arus respirasi dan absorpsi air. Meningkatnya suhu udara akan diikuti oleh meningkatnya laju transpirasi, karena penurunan deisit tekanan uap dari udara yang hangat dan suhu daun tinggi, yang mengakibatkan peningkatan tekanan uap air padanya. Kelayuan akan terjadi apabila laju absorpsi air terbatas karena kurangnya air atau kerusakan sistem vaskuler atau sistem perakaran. Tingkat kerusakan akibat suhu tinggi, lebih besar pada jaringan yang lebih muda, karena terjadi denaturasi protoplasma oleh dehidrasi¹⁶.

Pada saat pembentukan sel generatif, suhu tinggi mengakibatkan rusaknya sistem pembelahan mitosis yang berlangsung dengan cytokinesis. Hal ini terlihat dengan adanya kegagalan pembentukan biji, karena pollen grain yang terbentuk steril. Pada suhu 45oC akan mengganggu aktivitas enzim, di antaranya enzim proteinase dan enzim peptidase. Enzim proteinase berfungsi untuk merombak protein menjadi lipids, sedangkan enzim peptidase merombak peptids menjadi asam amino. Oleh karena itu, tidak berkecambahnya biji (terutama kedelai dan jagung) pada suhu tinggi karena kegagalan metabolisme biji yang disebabkan oleh kekurangan bahan dasar yakni asam amino¹⁷

Suhu yang terlalu dingin juga tidak dikehendaki oleh tumbuhan. Kebanyakan tumbuhan berhenti pertumbuhannya pada suhu di bawah 60C. Penurunan suhu di bawah suhu ini akan menimbulkan kerusakan yang cukup berat. Menurut Anonim (2006) kerusakan terjadi karena protein akan menggumpal pada larutan di luar cairan sel mengakibatkan ketidakatifan enzim. Bila suhu

¹⁶ Jumin, H. B. (1992). *Ekologi Tanaman; Suatu Pendekatan Fisiologi*. Jakarta: Rajawali Press.

¹⁷ Jumin, H. B. (1992). *Ekologi Tanaman; Suatu Pendekatan Fisiologi*. Jakarta: Rajawali Press.

mencapai titik beku, akan terbentuk kristal es di antara ruang sel dan air akan terisap keluar dari sel maka akan terjadi dehidrasi. Apabila pembekuan terjadi secara cepat maka akan terbentuk kristal-kristal es dalam cairan sel yang ternyata volumenya akan lebih besar dari ukuran sel tersebut. Akibatnya sel rusak dan mati karena kebocoran dinding selnya. Hasilnya akan terjadi daerah yang berwarna coklat pada tumbuhan, sebagai karakteristik dari kerusakan akibat pembekuan atau frost. Suhu yang rendah juga akan berperan secara tidak langsung, karena menghambat fungsi dari tumbuhan. Akar menjadi kurang permeabel sehingga tidak mampu menyerap air. Hal ini menimbulkan apa yang disebut sebagai kekeringan fisiologis, terjadi pada situasi air yang relatif cukup tetapi tidak mampu diserap akar akibat suhu yang terlalu dingin. Situasi ini sering terjadi di daerah tundra.

Ada beberapa terminologi untuk kerusakan tanaman sebagai akibat suhu rendah (Sunu & Wartoyo, 2006; Sugito, 2012), antara lain:

- a) Sufokasi (suffocation): adalah lambatnya pertumbuhan tanaman karena permukaan tanah tertutup lapisan salju, misalnya kekurangan oksigen dalam tanah.
- b) Desikasi (desiccation): disebut dengan istilah kekeringan fisiologis, bukan karena tidak ada air di dalam tanah, melainkan absorpsi air oleh akar terhambat karena berkurangnya permeabilitas selaput akar atau karena naiknya viskositas air dalam tanah dan bahkan membeku.
- c) Heaving: adalah kerusakan tanaman karena hubungan akar dan bagian atas tanaman terputus disebabkan adanya kristal es pada permukaan tanah.

d) Chilling: adalah kerusakan akibat suhu rendah di atas titik beku ($\pm 40^{\circ}\text{C}$). Gejalanya adalah adanya garis-garis khlorosis pada daun, misalnya pada tebu, sorghum dan jagung.

e) Freezing Injury: adalah pembekuan dalam jaringan tanaman yang berupa kristal es di dalam atau di antara sel sehingga tanaman rusak secara mekanis, akibatnya bagian tanaman atau seluruh tanaman mati.

4.5 Pengaruh Kelembapan Relatif terhadap Tanaman

Kelembapan udara adalah tingkat kebasahan udara karena dalam udara air selalu terkandung dalam bentuk uap air. Udara yang mengandung uap air sebanyak yang dapat dikandungnya disebut udara jenuh. Kelembapan udara dapat dinyatakan sebagai kelembapan udara absolut, kelembapan nisbi (relatif), maupun deisit tekanan uap air. Kelembapan absolut adalah kandungan uap air yang dapat dinyatakan dengan massa uap air atau tekanannya per satuan volume (kg/m^3). Kelembapan nisbi (relatif) adalah perbandingan kandungan (tekanan) uap air aktual dengan keadaan jenuhnya (g/kg). Deisit tekanan uap air adalah selisih antara tekanan uap jenuh dengan tekanan uap aktual. Di antara ketiganya, kelembapan relatif yang paling sering digunakan sebagai parameter dalam budidaya pertanian.

Secara spesiik, kelembapan relatif sebagai jumlah uap air di udara, dinyatakan sebagai proporsi (%) dari jumlah maksimum uap air yang dapat dikandung pada suhu tertentu. Sebagai contoh, udara memiliki kelembapan relatif 60% pada 27°C suhu berarti bahwa setiap kilogram udara mengandung 60% dari jumlah maksimum air yang dapat dikandung pada suhu tersebut¹⁸

¹⁸ Miller, G. T. Jr. (2001). Environmental Science: Working with the Earth. 8th ed. Pacific Grove, CA: Brooks/Cole

Kelembapan relatif maksimum rata-rata terjadi pada pagi hari dan kelembapan relatif minimal terjadi pada sore hari. Kelembapan relatif maksimum berada di daerah khatulistiwa karena penguapan yang tinggi, dan terendah di daerah kutub. Kelembapan relatif mempengaruhi pembukaan dan penutupan stomata yang mengatur kehilangan air dari tanaman melalui transpirasi dan fotosintesis. Tingginya laju transpirasi akan meningkatkan laju penyerapan air oleh akar hingga pada batas-batas tertentu. Akan tetapi, jika laju transpirasi terlalu tinggi, melampaui laju penyerapan dan terjadi secara terus menerus, akan menyebabkan tanaman mengering.

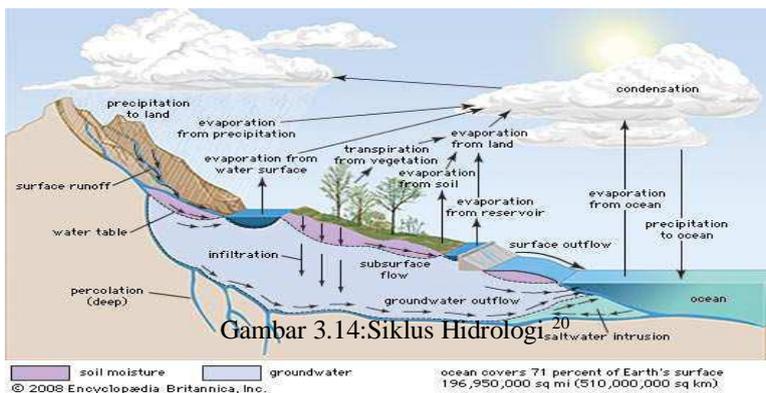
Selain berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, kelembapan udara bersama-sama dengan temperatur juga mempengaruhi perkembangan hama dan penyakit. Hal ini terjadi karena, kondisi kelembapan dan temperatur pada nilai tertentu merupakan nilai yang optimal bagi pertumbuhan dan perkembangan hama dan penyakit tanaman.

Tingkat serangan beberapa serangga hama, misalnya hama wereng pada tanaman padi, dan kutu daun pada tanaman kacang-kacangan (*Acyrtosiphon pisum* : Aphididae), biasanya akan meningkat pada kelembapan yang tinggi. Demikian juga halnya dengan jamur-jamur patogen, karena pada kondisi lembap, sporanya mudah untuk berkecambah dan berkembangbiak. Sebagai contoh penyakit hawar daun (late blight) kentang yang disebabkan oleh jamur *Phitophthora infestans* (Mont.) de Bary, akan berkembang dan menyebar lebih cepat dalam kondisi lembap.

4.6 Pengaruh Curah Hujan terhadap Tanaman

Curah hujan adalah bentuk paling umum dari presipitasi. Hujan adalah jatuhnya tetesan-tetesan air dari awan ke permukaan bumi. Bentuk lain dari presipitasi adalah hujan beku, hujan es/es pelet, hujan salju, dan hujan es¹⁹. Hujan merupakan salah satu mata rantai dari siklus hidrologi (Gambar 3.14). Besarnya curah hujan di dunia bervariasi menurut zone dan iklim. Besarnya curah hujan menentukan kondisi geograis dan vegetasi pada setiap zone, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Di Indonesia yang dimaksud dengan presipitasi adalah curah hujan (shower)²⁰. Presipitasi itu sendiri dediiniskan sebagai bentuk air cair dan padat (es) yang jatuh ke permukaan bumi. Bentuk presipitasi yang umum dikenal adalah hujan (rain), gerimis (drizzle), salju (snow) dan batu es hujan (hail). Curah hujan yang umum terjadi sebenarnya merupakan hujan curah, yaitu salah satu bentuk hydrometeor yang terdiri atas tetes air dengan diameter lebih besar dari diameter tetes hujan biasa ($> 0,5 \text{ mm}$) dengan intensitas hujannya $1,25 \text{ mm/jam}$.²¹



¹⁹ Eagleman, Jr. (1985). *Meteorology, the Atmosphere in Action*. Belmont, California: Wadsworth Publishing Co

²⁰ Encyclopædia Britannica, 2015. Water cycle. Retrieved from <http://www.britannica.com/science/water-cycle>

Hidroklimat	Zone	Curah hujan per tahun (mm)
Subtropik dan tropik	Desert savana	300
	Dry subhumid savana	1000
	Wet savana	1850
Subarctic temperate	Tundra	370
	Taiga	700
	Mixed forest wooded	650
Equatorial	Wet evergreen equatorial forest	2000

Tabel 3.2: Rata-rata curah hujan tahunan pada bioma utama dunia²¹

Indonesia, seperti juga wilayah tropik lainnya, curah hujan merupakan unsur meteorologi yang penting dibandingkan dengan unsur lainnya. Variasi curah hujan di wilayah Indonesia sangat tinggi, baik secara spasial maupun temporal, polanya dipengaruhi oleh pola monsun yang dicirikan oleh adanya musim hujan dan kemarau. Secara keseluruhan pola hujan yang ada di wilayah Indonesia dibagi menjadi tiga yaitu pola monsun dengan ciri puncak musim hujan di sekitar bulan Desember, Januari, Februari (DJF) dan musim kemarau di sekitar bulan Juni-Juli-Agustus (JJA); pola ekuatorial dicirikan dengan adanya dua puncak musim hujan dalam setahun, dan pola lokal dicirikan dengan adanya musim hujan dan kemarau seperti pola monsun, hanya waktu terjadinya musim tersebut berbalik waktunya.²⁸

²¹ Rockstrom, J. (2013). Balancing water for humans and nature: the new approach in ecohydrology. Malin Falkenmark: Routledge

Pola umum curah hujan di Indonesia salah satunya dipengaruhi oleh pola spasial atau letak geografis (Gambar 3.15). Pada gambar tersebut akan terlihat pola umum hujan di Indonesia, dengan rincian sebagai berikut:

1. Pantai sebelah barat setiap pulau memperoleh jumlah hujan selalu lebih banyak daripada pantai sebelah timur.
2. Curah hujan di Indonesia bagian barat lebih besar daripada Indonesia bagian timur. Sebagai contoh, deretan pulau-pulau Jawa, Bali, NTB, dan NTT yang dihubungkan oleh selat-selat sempit, jumlah curah hujan yang terbanyak adalah di Jawa Barat.
3. Curah hujan juga bertambah sesuai dengan ketinggian tempat. Curah hujan terbanyak umumnya berada pada ketinggian antara 600 - 900 m di atas permukaan laut.
4. Di daerah pedalaman, di semua pulau musim hujan jatuh pada musim pancaroba. Demikian juga halnya di daerah-daerah rawa yang besar.
5. Bulan maksimum hujan sesuai dengan letak DKAT.
6. Saat mulai turunnya hujan bergeser dari barat ke timur seperti: a) Pantai barat pulau Sumatera sampai ke Bengkulu mendapat hujan terbanyak pada bulan November, b) Lampung-Bangka yang letaknya ke timur mendapat hujan terbanyak pada bulan Desember, c) Jawa bagian utara, Bali, NTB, dan NTT pada bulan Januari - Februari.
7. Di Sulawesi Selatan bagian timur, Sulawesi Tenggara, Maluku Tengah, musim hujannya berbeda, yaitu bulan Mei-Juni. Pada

Saat itu, daerah lain sedang mengalami musim kering. Batas daerah hujan Indonesia barat dan timur terletak pada kira-kira 120 Bujur Timur.

Rata-rata curah hujan di Indonesia untuk setiap tahunnya tidak sama. Namun masih tergolong cukup banyak, yaitu rata-rata 2000 - 3000 mm/tahun. Begitu pula antara tempat yang satu dengan tempat yang lain rata-rata curah hujannya tidak sama. Ada beberapa daerah yang mendapat curah hujan sangat rendah dan ada pula daerah yang mendapat curah hujan tinggi:

1. Daerah yang mendapat curah hujan rata-rata per tahun kurang dari 1000 mm, meliputi 0,6% dari luas wilayah Indonesia, di antaranya Nusa Tenggara, dan 2 daerah di Sulawesi (lembah Palu dan Luwuk).
2. Daerah yang mendapat curah hujan antara 1000 – 2000 mm per tahun di antaranya sebagian Nusa Tenggara, daerah sempit di Merauke, Kepulauan Aru, dan Tanibar.
3. Daerah yang mendapat curah hujan antara 2000 – 3000 mm per tahun, meliputi Sumatera Timur, Kalimantan Selatan, dan Timur sebagian besar Jawa Barat dan Jawa Tengah, sebagian Irian Jaya, Kepulauan Maluku dan sebagian besar Sulawesi.
4. Daerah yang mendapat curah hujan tertinggi lebih dari 3000 mm per tahun meliputi dataran tinggi di Sumatera Barat, Kalimantan Tengah, dataran tinggi Irian bagian tengah, dan beberapa daerah di Jawa, Bali, Lombok, dan Sumba.

Dalam kondisi normal, curah hujan berpengaruh positif bagi pertumbuhan tanaman. Beberapa manfaat hujan bagi tanaman, di antaranya: sebagai sumber air bagi perkecambahan biji maupun

pertumbuhan vegetatif dan generatif lainnya, mendinginkan suhu tubuh tanaman dengan menurunkan suhu mikro iklim di sekitar tanaman, membersihkan helaian daun dari debu yang dapat mengganggu fotosintesis, dan dengan tetesannya air hujan akan mematikan kutu daun yang menempel di daun.

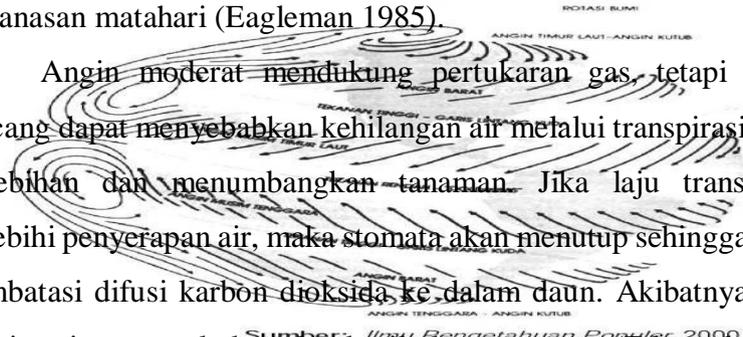
Dampak negatif curah hujan bagi tanaman, lebih banyak berkaitan dengan kondisi iklim yang ekstrem. Kondisi ini ditandai dengan adanya anomali, yaitu curah hujan yang berada di bawah, atau di atas normal. Hujan lebat, yang biasanya disertai dengan angin kencang, akan merontokkan daun-daun, mematahkan ranting dan cabang-cabang pohon. Bahkan dalam kecepatan tertentu dapat menumbangkan pohon-pohon yang diterpanya.

Kejadian iklim ekstrem yang mempengaruhi curah hujan, banyak dikaitkan dengan kondisi ENSO. Karakteristik ENSO (El Nino Southern Oscillation, gejala penyimpangan/anomali pada suhu permukaan Samudera Pasifik di pantai barat Ekuador dan Peru yang lebih tinggi daripada rata-rata normalnya) diwakili oleh kondisi curah hujan pada tahun-tahun El-Nino dan La-Nina, yaitu pada saat kondisi curah hujan menyimpang dari kondisi normalnya. Pada saat terjadi El-Nino, curah hujan di wilayah Indonesia umumnya akan berada di bawah normal (di bawah rata-rata jangka panjangnya). Sebaliknya pada saat terjadi La-Nina, curah hujan akan berada di atas normalnya, turunnya lebih awal dan dalam selang waktu yang lebih lama sehingga waktu tanam bisa lebih awal bahkan dapat dilakukan sepanjang tahun. Namun di sisi lain, kemungkinan terjadi banjir juga perlu diwaspadai. Pada peristiwa El-Nino, semakin kuat kejadian El-Nino maka curah hujan maksimum menjadi mundur waktunya dibandingkan pada kondisi normal. El-Nino dapat menyebabkan lambatnya onset dan mundurnya awal musim hujan.²⁴

4.7. Pengaruh Angin terhadap Tanaman

Pergerakan udara atau angin adalah karena adanya tekanan gradien pada skala global atau lokal yang disebabkan oleh perbedaan dalam pemanasan. Pada skala global terdiri dari aliran aliran yang berputar dan pergerakan besar massa udara. Pada skala lokal hanya kuantitas yang lebih kecil dari udara bergerak. Angin permukaan lebih rendah dan kurang bergolak di malam hari karena tidak adanya pemanasan matahari (Eagleman 1985).

Angin moderat mendukung pertukaran gas, tetapi angin kencang dapat menyebabkan kehilangan air melalui transpirasi yang berlebihan dan menumbangkan tanaman. Jika laju transpirasi melebihi penyerapan air, maka stomata akan menutup sehingga akan membatasi difusi karbon dioksida ke dalam daun. Akibatnya, laju fotosintesis, pertumbuhan dan hasil akan menurun (Edmond et al., 1978) (Gambar 3.17 dan Gambar 3,18).



Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer, 2000



Gambar 3.17: Daya erosi angin di lahan terbuka²²



²² Ritter, J. (2015). Soil Erosion – Causes and Effects. Factsheet, OMAFRA (Ontario of Ministry of Agriculture, Food, and Rural Affairs. Retrieved from <http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/12-053.htm>

Gambar 3.18: Tajuk pohon yang bengkok ditiup angin di Slope Point, New Zealand ²³

²³ <http://www.kuriositas.com>, 2013

BAB V

PENGARUH FAKTOR BIOTIK PADA TUMBUHAN

5.1 Interaksi antara Tumbuhan dan Tumbuhan

Jika dua atau lebih species tumbuhan menghuni suatu tempat tertentu, maka ada berbagai kemungkinan interaksi yang muncul di antara mereka, baik yang bersifat positif maupun negatif. Interaksi yang bersifat positif, misalnya simbiosis mutualisme, dan simbiosis komensalisme; sedangkan interaksi yang bersifat negatif adalah kompetisi dan parasitisme.

1. Simbiosis Mutualisme dan Simbiosis Komensalisme

Simbiosis mutualisme, salah satu yang sangat umum adalah interaksi antara jamur mikoriza (asosiasi hubungan jamur tertentu dengan akar pohon tumbuhan tingkat tinggi), misalnya dengan jenis meranti (*Dipterocarpaceae*). Jamur mikoriza menyalurkan air dan hara tanah untuk tumbuhan inangnya, sehingga dapat membantu penyerapan air dan hara tanah. Dampaknya adalah meningkatnya laju pertumbuhan, meningkatnya ketahanan terhadap kekeringan, dan terlindungnya pohon dari penyakit akar, yang pada gilirannya akan meningkatkan peluang hidup bibit/tanaman inang. Jamur mikoriza dalam interaksi tersebut memperoleh karbohidrat dalam bentuk gula sederhana (glukosa) dari tumbuhan inang (Gambar 5.1).

Mikoriza menempel pada akar tanaman dan memberikan ratusan ribu titik akses baru untuk nutrisi dan air, serta mampu menyimpannya untuk cadangan 7 hari. Hifa mikoriza memiliki keunggulan dibandingkan bakteri dalam lingkungan tanah. Dalam kondisi kering, jamur mikoriza dapat menjembatani kesenjangan antara kantong-kantong kelembaban sehingga tanaman inang dapat terus berkembang dan bertahan, bahkan ketika kelembaban tanah

terlalu rendah untuk sebagian besar bakteri menjadi aktif. Ketika kondisi lingkungan menurun, jamur akan membentuk spora, yang digunakan untuk menyimpan sejumlah besar nutrisi yang memungkinkan jamur untuk bertahan hidup sampai kondisi lingkungan pulih.



Gambar 5.1: Tanaman strawberry yang diberikan perlakuan mikoriza (kiri), dan tanpa perlakuan mikoriza (kanan)

Simbiosis komensalisme, biasanya banyak ditemukan di daerah hutan hujan tropis. Beberapa contoh diantaranya adalah tumbuhan epit (penempel), dan liana (pemanjat) pada tumbuhan inang untuk mendapatkan sinar matahari (5.2)



5.2 Kompetisi dan Parasitisme

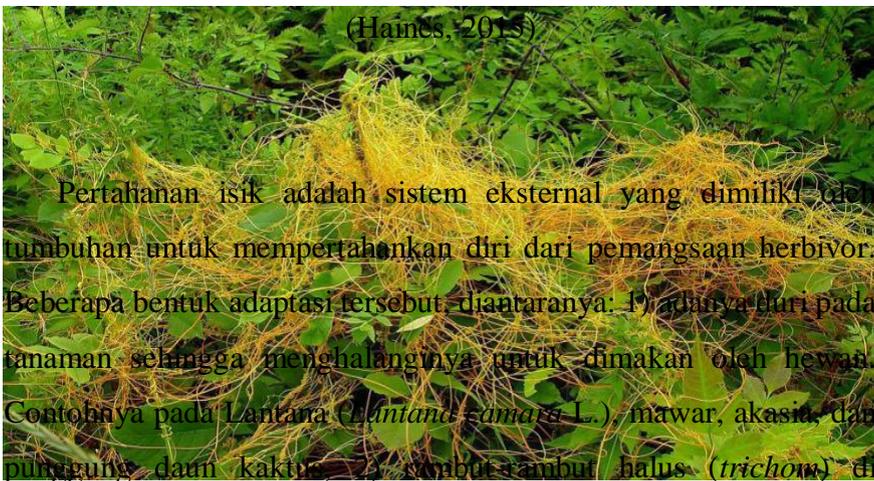
Kompetisi terjadi jika dua individu atau spesies memperebutkan sumberdaya yang jumlahnya terbatas, seperti nutrisi, air, udara, ruang (untuk tumbuh/sarang), dan lainnya. Pihak yang lebih eisien memanfaatkan sumberdaya akan bertahan, sedangkan yang lainnya akan tersingkir (Wirakusumah, 2003). Terkait dengan tumbuhan, kompetisi

dapat terjadi, baik dengan sesama jenis (intraspecies), maupun dengan lain jenis (interspecies).

Biasanya kompetisi antar sesama jenis tumbuhan lebih keras dibandingkan dengan kompetisi antar lain jenis. Hal ini terjadi selain karena tumbuhan sesama jenis sama-sama memperebutkan sumberdaya yang sama, mereka juga memiliki kemampuan bersaing yang relatif sama. Kondisi ini dapat dilihat di alam, sehingga tegakan besar dari spesies tunggal sangat jarang ditemukan.

Parasitisme adalah interaksi yang menguntungkan salah satu pihak, sedangkan pihak yang lain dirugikan. Tumbuhan parasit diuntungkan karena selain menumpang, juga mendapatkan makanan dari tumbuhan inangnya. Bahkan dalam interaksi selanjutnya dapat membunuh tumbuhan inang. Misalnya *cuscuta/dodder* (*Cuscuta* sp.: Convolvulaceae) sebagai parasit pada tumbuhan tingkat tinggi

Gambar 5.3: *Cuscuta gronovii* sebagai parasit pada tanaman



Pertahanan fisik adalah sistem eksternal yang dimiliki oleh tumbuhan untuk mempertahankan diri dari pemangsa herbivor. Beberapa bentuk adaptasi tersebut, diantaranya: 1) adanya duri pada tanaman sehingga menghalanginya untuk dimakan oleh hewan. Contohnya pada Lantana (*Lantana camara* L.), mawar, akasia, dan punggung daun kaktus. 2) rambut-rambut halus (*trichom*) di permukaan atas daun dan polong, misalnya pada daun muda dan polong tanaman kedelai dapat menghalangi stylet serangga sehingga menekan kerusakan yang disebabkan oleh penghisap polong kedelai (*Riptortus linearis*).

Pertahanan kimia adalah zat kimia yang dimiliki/dikeluarkan oleh tumbuh-tumbuhan untuk mempertahankan diri dari

pemangsa herbivor dalam bentuk metabolit sekunder. Beberapa contoh diantaranya adalah kandungan HCN pada umbi gadung (*Dioscorea hispida* Denust.), dan nikotin pada tembakau (Hasanah *et al.*, 2012).

2) Simbiosis dan non-simbiosis

Interaksi antara tumbuhan dan hewan dilakukan untuk memperoleh keuntungan di antara keduanya, atau juga salah satu darinya. Interaksi yang sangat erat disebut simbiosis mutualisme, dan interaksi yang renggang disebut mutualisme non-simbiosis (Hadisubroto, 1990).

Salah satu interaksi mutualisme antara tumbuhan dan hewan yang sangat klasik adalah antara semut dan akasia. Keduanya saling mendapatkan keuntungan dari interaksi tersebut. Semut bergantung pada akasia dalam mendapatkan makanan dan tempat tinggal. Dari akasia yang membengkak (berongga), semut membuat lubang untuk tempat tinggalnya, dan semut mendapatkan makanan (sumber utama protein, lemak, dan sari madu) dengan memakan ujung daun, yang disebut *beltian bodies*. Sementara itu, akasia bergantung dari semut dalam hal perlindungan terhadap herbivora dan tumbuh-tumbuhan tetangga. Namun, tidak semua semut-akasia hidup bersimbiosis seperti ini. Hanya ada sekitar 700 spesies akasia (*Acacia* spp.), dan 150 spesies semut (*Pseudomyrmex* spp) yang melakukannya.²⁷

Jika semut dipindahkan dari akasia, pohon akasia segera dirusak oleh herbivora dan ditumbuhi sekelilingnya oleh tumbuhan lain. Hasil penelitian Jansen (1966) dalam Hadisubroto (1990) tentang interaksi antara semut dan akasia, menunjukkan bahwa ketahanan hidup dan penambahan panjang akasia “yang tanpa semut” lebih pendek dibandingkan dengan “yang ada semutnya”. Semut secara terus menerus akan menjaga daun dan dahan-dahan akasia, dan segera akan menyerang herbivora jika pohon diganggu. Semut juga

menyengat dan merusak tumbuh-tumbuhan lain yang menyentuh akasia dan membersihkan semua tumbuhan yang ada di bawah akasia. Oleh karena itu, akasia seringkali tumbuh di lingkungan yang bebas dari tumbuhan lain.

Hasil penelitian terbaru dari Arsan (2015) di salah satu savanna di Kenya (Africa), ditemukan bahwa salah satu spesies akasia, yaitu *Whistling thorn* atau *Ant-galled Acacia* (*Acacia drepanolobium*) (dikenal sebagai salah satu spesies penghasil nectar) bersimbiosis dengan tiga spesies dari genus *Crematogaster*, yaitu: *Crematogaster mimosae*, *C. sjostedti*, *C. nigriceps* dan satu spesies dari genus *Tetraponera*, yakni *T. penzigi* (Gambar 5.4).



Selain hubungan yang sangat erat/spesifik (simbiosis), ada juga hubungan yang agak renggang dan tidak spesifik, namun saling menguntungkan kedua pihak. Hubungan ini misalnya terjadi dalam penyerbukan dan penyebaran biji. Hampir semua penyerbukan tumbuh-tumbuhan di daerah tropis dibantu oleh serangga. Begitu juga dengan penyebaran bijinya, hampir semuanya dibantu oleh hewan.

1) Predasi

Pemangsaan dapat juga terjadi oleh tumbuhan terhadap hewan. Contoh yang paling umum adalah pada carnivorous plants, misalnya: 1) pada Venus > lytrap (*Dionaea sp.* : *Droseraceae*) yang memiliki daun yang dapat menutup dengan cepat untuk menjepit dan mencerna serangga yang terperangkap, 2) sundew (*Drosera sp.* :

Droseraceae) memiliki rambut kelenjar yang dapat melumpuhkan serangga lengket, 3) giant pitcher trap (*Nepenthes* sp. *Nepenthaceae*) memiliki kantung dan penutup, yang digunakan untuk menjebak dan mencerna serangga/hewan mangsa yang terperangkap (Gambar 5.6).

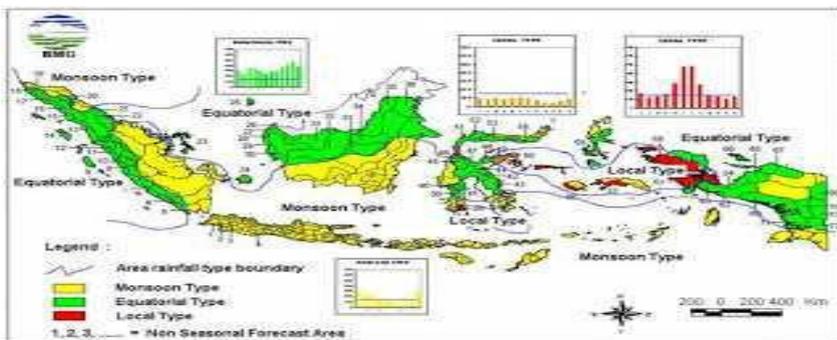


5.5. Interaksi antara Tumbuhan dan Manusia

Dari ke empat unsur (tumbuhan, hewan, mikroorganism, dan manusia) yang mempengaruhi keberadaan tumbuh-tumbuhan di alam, maka yang memiliki peran paling dominan adalah manusia. Disebut dominan, karena manusia merupakan makhluk yang memiliki keunggulan secara ekologis (lebih kompetitif dan lebih inovatif) dibanding makhluk yang lain.

Keunggulan secara ekologis ditunjang oleh struktur tubuh yang memudahkan untuk melakukan mobilitas, dan kemampuan berikir untuk melakukan perubahan terhadap ekosistem. Perubahan pola mata pencaharian, dari pengumpul makanan di masa awal menjadi penanam serta pemetik hasil tanaman, merupakan suatu pencapaian yang memiliki dampak ekologis yang luas. Hal ini merupakan bukti bahwa kemampuan berikir manusia untuk melakukan perubahan terus berkembang dari waktu ke waktu.

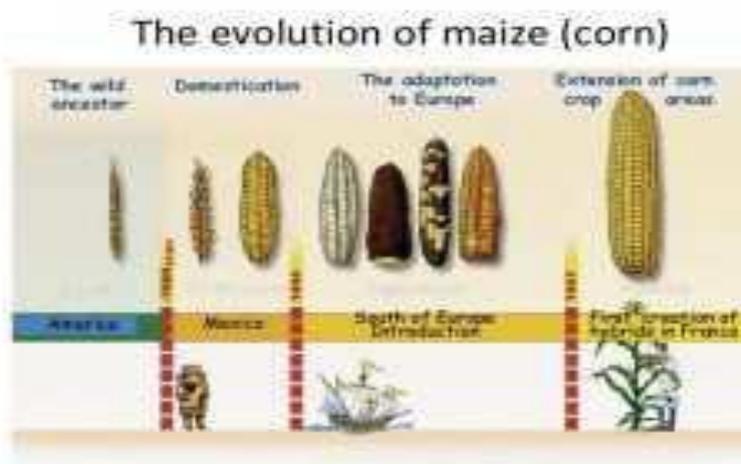
Homo sapiens diyakini sebagai kelompok manusia pertama yang memelopori aktivitas pertanian, karena telah berinteraksi dengan tanaman dalam 10.000 tahun terakhir melaluico-evolusi



secara mutualistik. Akan tetapi jauh sebelum itu (kira-kira 17.000-18.000 tahun yang lalu) diketahui bahwa manusia telah menggunakan tumbuhan untuk berbagai hal (makanan, tempat tinggal, pakaian, dan untuk keperluan ritual keagamaan, serta keperluan lainnya), yang diperoleh melalui kegiatan pengumpulan dari alam liar (Sebidos, 2015). Hal ini didasari bukti yang didapat dari fosil sisa-sisa peninggalan di sekitar tempat tinggal manusia purba. Berdasarkan uji forensik botani terhadap sisa-sisa pembakaran buah-buahan, biji-bijian, dan umbi-umbian yang ditemukan di sekitar tempat tinggal mereka, diketahui bahwa sekitar 23 spesies tumbuh-tumbuhan yang telah mereka gunakan. Namun, disadari bahwa ketergantungan manusia pada tanaman sebagai sumber makanan, tempat tinggal, dan pakaian menjadi kuat ketika jumlah mereka tumbuh dari kelompok keluarga menjadi suku, lalu menjadi desa-desa, dan kota-kota peradaban.

Aktivitas budidaya tanaman di masa awal, yang dilakukan secara sederhana di lingkungan tempat tinggal *Homo sapiens* didasari oleh beberapa pertimbangan, diantaranya: untuk mengurangi risiko pemangsaan dari binatang buas, menekan kemungkinan bentrok dengan kelompok nomaden lain sesama pemburu makanan, dan semakin berkurangnya jumlah pasokan yang mampu dihasilkan oleh alam. Aktivitas tersebut terus berkembang, dan sejak saat itu hingga saat ini, telah tercatat tiga kali inovasi pertanian. Inovasi pertanian pertama adalah revolusi Neolitik sekitar 10.000 SM dan inovasi pertanian kedua inovasi melalui revolusi hijau dimulai pada tahun 1960-an dan inovasi pertanian ketiga melalui rekayasa genetika dimulai sekitar tahun 1970-an (Gepts, 2004).

Tidak bisa dipungkiri bahwa tanaman hasil modifikasi yang diperoleh melalui inovasi pertanian memang jauh lebih unggul dibandingkan dengan tetua mereka di alam liar. Salah satu contohnya dapat dilihat pada hasil tanaman jagung (Gambar 5.9).



Gambar 5.9: Perbedaan antara tetua asli, hasil domestikasi, dan jagung modern.²⁴

Proses untuk menghasilkan produk pertanian seperti saat ini dilakukan dengan memodifikasi berbagai atribut tanaman yang dilakukan selama ratusan generasi sehingga diperoleh bentuk yang stabil (Tabel 4.1). Namun, terus meningkatnya kebutuhan terhadap tumbuh-tumbuhan untuk pangan dan perumahan, telah memaksa dilakukannya ekstensifikasi lahan pertanian secara massal. Dampak negatifnya adalah terjadinya alihfungsi hutan untuk berbagai peruntukan, terutama untuk areal pertanian, perkebunan, dan juga pemukiman.

Karakteristik Tumbuhan	Tumbuhan Liar	Tanaman Hasil Domestikasi
Ukuran tinggi	Tinggi	Pendek/kerdil
Kemasakan	Tidak serempak	Serempak
Dormansi biji	Ada	Tidak ada
Ukuran buah/biji	Kecil	Besar
Sifat sebaran	Sebarannya tinggi	Sebarannya makin berkurang

²⁴ Sebidos, R. (2015). Early plant breeding from wild to domesticates-A trek to evolutionary Past. Retrieved from <http://rodrigoebidos.hubpages.com/hub/Early-plant-breeding-from-wild-to-domesticates-A-trek-to-evolutionary-Past>

Perontokan	Sulit	Mudah
Reproduksi	Persilangan alami	Diinduksi manusia
Perkecambahan	Tidak serempak	Serempak
Bulu/duri	Ada	Tidak ada/berkurang
Senyawa Racun	Ada	Tidak ada/berkurang

Tabel 4.1: Karakteristik tumbuhan yang berkaitan dengan domestikasi.³³

Sudah dapat dipastikan bahwa jumlah penduduk dunia akan terus bertambah, dan tentu akan diikuti oleh meningkatnya berbagai kebutuhan hidup mereka, terutama pangan. Oleh karena itu, jika tidak ada upaya yang sungguh-sungguh untuk menghasilkan bahan pangan guna mengimbangi kebutuhan pangannya, maka sudah dapat dipastikan bahwa tekanan terhadap lingkungan akan terus terjadi, bahkan intensitasnya akan semakin tinggi.

²⁹ Sebidos, R. (2015). Early plant breeding from wild to domesticates-A trek to evolutionary Past. Retrieved from <http://rodrigosebidos.hubpages.com/hub/Early-plant-breeding-from-wild-to-domesticates-A-trek-to-evolutionary-Past>

Jika pada masa awal, manusia melakukan pemilihan tanaman berdasarkan pengalaman, ekperimentasi dan domestikasi, maka saat ini dilakukan melalui metode sains. Hasil dari semua itu adalah seperti yang kita lihat saat ini. Sebidos (2015) menyatakan bahwa sampai saat ini telah tercatat sekitar 30.000 spesies tanaman yang dapat dimakan, namun hanya 15 spesies memasok 90 persen dari makanan kita dan 60 persen dari kebutuhan makanan kita berasal dari tiga jenis sereal utama, yaitu gandum, jagung, dan beras. Jika prediksi pertumbuhan penduduk adalah benar, maka pada tahun 2025, ada 8 miliar manusia yang akan butuh makan. Pertanyaannya sekarang adalah “apakah inovasi pertanian ketiga dengan rekayasa genetika masih mampu memberikan solusi untuk skenario suram ini, tanpa mengorbankan keseimbangan ekologi dari komunitas global?

BAB VI SUKSESI

6.1 Pengertian Suksesi

Suksesi merupakan suatu perubahan komposisi jenis tumbuhan yang kumulatif dan searah dan terjadi pada suatu wilayah tertentu. Pengertian suksesi seperti itu segera dinyatakan memenuhi syarat bila dikaitkan dengan batas waktu, karena bisa jadi perubahan jenis tumbuhan terjadi secara musiman sepanjang tahun. Contoh: suatu padang rumput mungkin pada musim tertentu (musim semi) didominasi oleh jenis herba Dikotiledon (kelompok jenis tumbuhan dengan biji berkeping dua), kemudian pada akhir musim kering mungkin jenis tumbuhan rumput tinggi (kelompok tumbuhan Monokotil) menggantikan posisinya sebagai jenis yang dominan.²⁵

Proses suksesi ekologis sesungguhnya merupakan salah satu petunjuk bagi manusia tentang bagaimana ekosistem memperbaiki dirinya jika keseimbangannya terganggu. Ketika ekosistem mengalami guncangan, baik karena faktor alam, maupun karena perbuatan manusia, maka ekosistem akan berusaha untuk mengatur kembali dirinya menuju keseimbangan baru.

Keseimbangan yang diciptakan Allah swt, sebagaimana yang tercermin dalam suatu ekosistem, akan terus berlangsung jika setiap komponen di dalamnya bekerja sesuai dengan peran masing-masing. Keseimbangan ekosistem baru akan terganggu jika terjadi suatu keadaan luar biasa, seperti misalnya karena terjadi gempa bumi (gunung meletus, banjir bandang, tsunami, kebakaran hutan, dan lain-lain) (Abdullah, 2004). Namun, di dalam al-Qur'an telah

²⁵ Barbour, G.M., Burk, J. K., & Pitts. W.D. (1987). *Terrestrial Plant Ecology. 2nd Ed.*

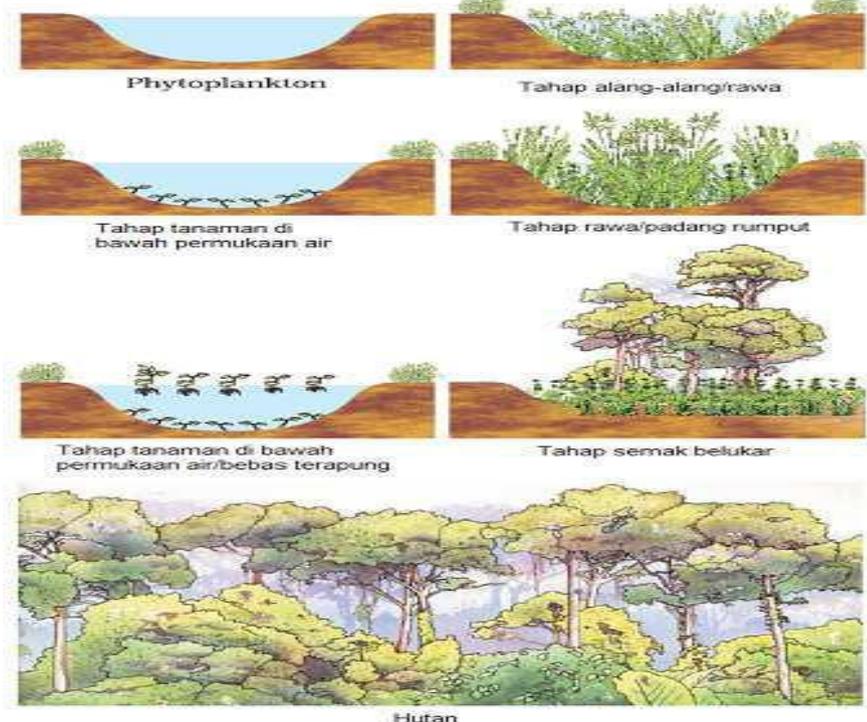
disebutkan bahwa kebanyakan bencana di planet bumi disebabkan oleh perbuatan manusia yang tidak bertanggung jawab. Firman Allah swt yang menandakan hal tersebut adalah QS. al-Rum (30): 41, yang artinya:

“Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan oleh perbuatan tangan manusia. Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar) (QS. AL-RUM 30: 41)”.

6.2. Jenis-jenis Suksesi

1. Suksesi Primer

Suksesi primer adalah suksesi yang terjadi jika suatu komunitas mendapat gangguan yang mengakibatkan komunitas awal hilang secara total (tidak ada organisme hidup di area tersebut karena semuanya menghilang dan tidak ada yang tersisa) sehingga terbentuk komunitas baru. Gangguan tersebut dapat terjadi secara alami maupun oleh campur tangan manusia. Gangguan secara alami dapat berupa tanah longsor, letusan gunung berapi, dan endapan lumpur di muara sungai. Gangguan oleh campur tangan manusia dapat berupa kegiatan bangun (batu bara, timah, minyak, dan segala sesuatu yang bisa ditambang). Contoh suksesi primer sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Suksesi Primer

Suksesi primer ini diawali oleh tumbuhnya tumbuhan pionir, biasanya berupa lumut kerak, yang mampu melapukkan batuan menjadi tanah sederhana. Lumut kerak yang mati akan diuraikan oleh pengurai menjadi zat anorganik. Zat anorganik ini memperkaya nutrisi pada tanah sederhana sehingga terbentuk tanah yang lebih kompleks. Benih yang jatuh pada tempat tersebut akan tumbuh subur. Setelah itu akan tumbuh rumput, semak, perdu, dan pepohonan. Bersamaan dengan itu pula hewan mulai memasuki komunitas yang baru terbentuk. Hal ini diikuti dengan suksesi komunitas hewan. Secara langsung atau tidak langsung. Hal ini karena sumber makanan berupa tumbuhan sehingga keberadaan hewan pada suatu wilayah komunitas tumbuhan akan senantiasa menyesuaikan diri dengan jenis tumbuhan yang ada. Akhirnya terbentuklah komunitas klimaks atau ekosistem seimbang yang tahan terhadap perubahan.

Peristiwa meletusnya Gunung Krakatau merupakan salah satu contoh suksesi primer. Setelah letusan itu, bagian pulau yang tersisa

tertutup oleh batu apung dan abu sampai kedalaman rata-rata 30 m. Adapun peristiwa suksesi primer yang terjadi setelah meletusnya Gunung Krakatau sebagai berikut:

- a) Dalam tahun 1884, setahun setelah letusan, pulau itu hanya merupakan “gurun” tanpa kehidupan tumbuhan.
- b) Sekitar tahun 1886, vegetasinya terdiri atas lapisan bawah ganggang biru-hijau dan lapisan atas yang terutama terdiri atas tumbuhan paku. Paku-pakuan itu terdiri atas 26 jenis tumbuhan berpembuluh.

Sekitar tahun 1897, vegetasinya terdiri atas rerumputan yang rapat, beberapa diantaranya setinggi orang. Spesies rumput utamanya yaitu *Saccharum spontaneum* L., *Neyraudia madagascariensis* (synonym of *N. arundinacea*) (Kunth) Hook.f., dan *Pennisetum macrostachyum* (Brongin.) Trin. Bergabung dengan rerumputan itu terdapat berbagai tumbuhan berkeping biji dua (dikotil), termasuk berbagai tumbuhan sulur.

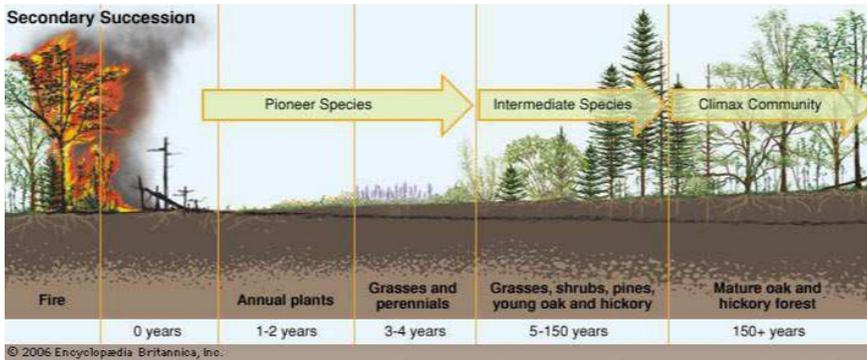
Dari tahun 1906 sampai 1919 rerumputan yang sama masih ada, tetapi tumbuhan yang tergabung mencakup *Cyperaceae* dan beberapa perdu. Terdapat juga sejalur lahan hutan campur yang terdiri dari pohon hutan campur *Ficus* dan *Macaranga*.

Sekitar tahun 1932, jalur-jalur lahan hutan *Ficus*-*Macaranga* itu telah berkembang dan meluas. Hutan itu menjadi sedemikian rindangnya sehingga hanya terdapat sedikit saja tema teduhan, walaupun pohon muda jumlahnya masih melimpah. Bahkan di antara vegetasi rumput utamanya pun bertebaran pohon *Ficus* dan *Macaranga* yang sebelumnya tidak memberikan ciri perkembangan lahan hutan campur dari “sabana”. Di beberapa tempat, keteduhan di bawah pepohonan itu sudah cukup menekan pertumbuhan rumput dan memungkinkan pertumbuhan spesies tumbuhan teduhan, seperti misalnya anggrek tanah *Nervilia aragoana* Comm. ex. Gaudich. Di

dalam jurang terdapat pertumbuhan pohon dan semak yang lebih subur, yang menggantikan rerumputan disana, dan humus bahkan telah mulai bertumpuk. Lahan hutan campuran itu lebih kaya akan spesies daripada sabana rumput, tetapi masih jauh dan kurang kaya dibandingkan dengan hutan hujan primer.

2. Suksesi Sekunder

Suksesi sekunder adalah suksesi yang terjadi jika suatu komunitas mendapat gangguan, tetapi hanya mengakibatkan rusaknya sebagian komunitas. Pada komunitas ini, substrat lama dan sebagian kehidupan lama masih ada. Suksesi ini dapat terjadi oleh gangguan alami, misalnya dapat berupa banjir, gelombang tsunami, kebakaran hutan, dan angin kencang; maupun oleh campur tangan manusia, misalnya penebangan hutan dan pembukaan lahan dengan membakar hutan (Gambar 5.2).



Gambar 5.2: Suksesi sekunder

6.3 Tahapan Suksesi

Dalam suksesi terjadi suatu proses perubahan secara bertahap menuju suatu keseimbangan. Clements menyusun urutan kejadian secara rasional ke dalam 5 fase, yaitu:

1. Fase *Nudasi*, merupakan proses awal terjadinya pertumbuhan pada lahan terbuka/kosong.
2. Fase *Migrasi*, adalah proses hadirnya biji-biji tumbuhan, spora dan lain-lainnya.
3. Fase *Ecesis*, adalah proses kemantapan pertumbuhan biji-biji tersebut.
4. Fase *Reaksi*, adalah proses persaingan atau kompetisi antara jenis tumbuhan yang telah ada/hidup, dan pengaruhnya terhadap habitat setempat.
5. Fase *Stabilisasi*, merupakan proses manakala populasi jenis tumbuhan mencapai titik akhir kondisi yang seimbang (*equilibrium*), di dalam keseimbangan dengan kondisi habitat lokal maupun regional.

Suksesi lebih lanjut tersusun atas suatu rangkaian rute perjalanan terbentuknya komunitas vegetasi transisional menuju komunitas dalam kesetimbangan. Clements memberi istilah untuk tingkat komunitas vegetasi transisi dengan nama *Sere/seral*,

dan kondisi akhir yang seimbang disebut sebagai *vegetasi klimaks*. Untuk komunitas tumbuhan yang berbeda akan berkembang pada tipe habitat yang berbeda.

6.4 Faktor yang Mempengaruhi Proses Suksesi

Kecepatan proses suksesi ekologi dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, di antaranya:²

1. Luas komunitas asal yang rusak karena gangguan.
2. Jenis-jenis tumbuhan yang terdapat di sekitar komunitas yang terganggu.
3. Kehadiran pemencar benih (serangga, burung, hewan-hewan lainnya)
4. Iklim, terutama arah dan kecepatan angin yang membantu penyebaran biji, spora, dan benih serta curah hujan.
5. Jenis substrat baru yang terbentuk.
6. Sifat-sifat jenis tumbuhan yang ada di sekitar tempat terjadinya suksesi.

Suksesi tidak hanya terjadi di daratan, tetapi terjadi pula di perairan misalnya di danau dan rawa. Danau dan rawa yang telah tua akan mengalami pendangkalan oleh tanah yang terbawa aliran air.

Berdasarkan tempat terbentuknya, terdapat tiga jenis komunitas klimaks, yaitu sebagai berikut: 1) *Hidrosere* yaitu suksesi yang terbentuk di ekosistem air tawar, misalnya terjadi di Danau Gatun di Terusan Panama, Amerika Tengah, 2) *Halosere* yaitu suksesi yang terbentuk di ekosistem air payau, contohnya di Alnmouth Bay (daerah pesisir di wilayah timur laut Inggris), 3) *Xerosere* yaitu suksesi yang terbentuk di daratan (batuan, pasir/ gurun), misalnya gunung berapi di Hawaii dan Gunung Karakatau (Dulcie, 2004; Allaby, 2004; Anonim, 2006).

²Hadisubroto, H. (1990). *Ekologi Dasar*. Surabaya: University Press IKIP Surabaya

6.. Pergantian Jenis dalam Proses Suksesi

Suksesi ekologi merupakan hasil penyebaran dan pematangan dari individu-individu tumbuhan. Hal ini akan lebih mudah untuk dipahami bila dikaitkan dengan strategi-strategi secara individual dari jenis-jenis tumbuhan dalam kelulus hidupnya. Strategi-strategi ini menurut Anonim (2006), dapat dibagi ke dalam dua kelompok utama, yaitu kelompok oportunistis, merupakan kelompok yang teradaptasi untuk menguasai lingkungan yang terbuka dan dalam ekosistem yang masih dalam perkembangannya. Kelompok lainnya adalah kelompok keseimbangan, yaitu kelompok yang teradaptasi untuk menguasai kondisi-kondisi ekosistem yang telah matang.

1. Strategi Oportunistis

- a). Tumbuhan pionir adalah oportunistis, teradaptasi untuk menguasai daerah terbuka, menghasilkan sejumlah besar biji-biji yang mudah sekali menyebar. Untuk itu mereka harus produktif sekali dan pemanfaatan energinya ditunjukkan untuk penyebaran.
- b). Jenis oportunistis adalah kecil, hal ini disebabkan produktivitas bersihnya diutamakan untuk produksi biji, juga bagi mereka tidak diperlukan tumbuh menjadi besar bentuknya. Kompetisi diantara individu tumbuhan adalah minimal pada daerah yang terbuka inbi, bentuk-bentuk yang tinggi tidak bermanfaat untuk habitat seperti ini.
- c). Jenis oportunistis berumur pendek, berupa tumbuhan setahun, siklus hidupnya dilengkapi dalam satu musim pertumbuhan, memungkinkan mereka untuk menyimpan sejumlah energi dalam organ reproduksi dan sebagian dari padanya diubah untuk menghasilkan tubuhnya. Misalnya menghasilkan umbi, rimpang, dan lain-lain, yang tahan terhadap perubahan lingkungan.

2. Strategi Keseimbangan

- a) Jenis keseimbangan merupakan jenis-jenis yang tumbuh pada fase-fase akhir dari suksesi dan pada fasa klimaks.

Teradaptasi untuk hidup pada lingkungan yang stabil dan dapat diperkirakan.

- b) Jenis keseimbangan dapat bersaing secara efektif melawan jenis lainnya, untuk itu harus merupakan jenis dominan. Tumbuh tinggi dan berumur panjang, tumbuhan perenial. Jenis keseimbangan ini menyalurkan sebagian besar dari hasil produktivitas bersihnya untuk membentuk dan mengelola tubuhnya yang besar.
- c) Jenis keseimbangan biasanya mempunyai kemampuan yang rendah dalam penyebaran, menghasilkan sedikit biji yang relatif besar-besar, dengan demikian perluasan daerah penyebarannya lambat.
- d) Jenis keseimbangan adalah spesialis, menguasai kondisi lingkungan tertentu. Mereka akan menang dalam kompetisi di lingkungan tertentu, tetapi tidak dapat bertoleransi untuk kondisi-kondisi lainnya. Selama suksesi, jenis-jenis oportunist secara bertahap akan diganti oleh jenis-jenis keseimbangan yang lebih lama, mempunyai dominasi ekologi dan mengusir tumbuhan pionir dengan peneduhannya.

Sifat-sifat tumbuhan fase awal dan fase akhir suksesi menggunakan strategi yang berbeda. Secara umum, karakteristik kedua kelompok spesies tersebut ditunjukkan pada tabel berikut:

No.	Variabel	Fase awal	Fase akhir
1.	Biji	banyak	Beberapa
2.	Ukuran biji	kecil	Besar
3.	Penyebaran biji	Angin, melekat pd hewan	Berat, dimakan hewan
4.	Viabilitas biji	Lama, tetap dalam tanah	Pendek
5.	Nisbah akar/batang	Rendah	Tinggi
6.	Tingkat pertumbuhan	Cepat	Lambat
7.	Ukuran dewasa	Kecil	Besar
8.	Toleransi terhadap panas	Rendah	Tinggi

Tabel 6.1: Sifat-sifat umum tumbuhan fase awal dan fase akhir suksesi.³

3Hadisubroto, H. (1990). Ekologi Dasar. Surabaya: University Press IKIP Surabaya.

BAB VII

PENYEBARAN POPULASI

TUMBUHAN

7.1 Penyebaran Tumbuhan dan Daerah Persebarannya

Distribusi tumbuhan di muka bumi ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya:⁴ 1). Kemampuan makhluk hidup untuk menghasilkan individu baru, pada tumbuhan, calon-calon individu baru itu disebut dengan diaspora, propagul, atau desseminal; yang dapat berupa spora, biji atau lain-lain dan terjadi secara seksual (generatif) dan aseksual (vegetatif), 2). Daya tumbuh dari diaspora, 3) Cara pemencara (dispersal) diaspora,

- 4) Tuntutan terhadap faktor-faktor lingkungan, 5) Daya adaptasi terhadap lingkungan, 6) Adanya kekuatan yang memacu atau sebaliknya menghambat perkembangannya.

Secara garis besar penyebaran tumbuhan di muka bumi ini dapat digolongkan menjadi 8 kelompok yaitu berdaun lebar hijau sepanjang tahun, berdaun lebar disertai masa gugur daun, berdaun jarum hijau sepanjang tahun, rerumputan, bangsa lumut, campuran tumbuhan berdaun lebar dan jarum hijau sepanjang tahun, berdaun jarum mengalami musim gugur, dan campuran tumbuhan berdaun lebar hijau sepanjang tahun dan masa gugur daun.

1. Sebaran Tumbuhan di Dunia

Apabila dilihat melalui ruang lingkup dunia maka persebaran tumbuhan dibagi menjadi enam wilayah penyebaran.⁵ (Gambar 6.1), yaitu:

a Wilayah Ethiopian

Wilayah persebarannya meliputi benua Afrika, dari sebelah Selatan Gurun Sahara, Madagaskar dan Selatan Saudi Arabia. Tumbuhan yang khas dari daerah ini meliputi kaktus.

b. Wilayah Paleartik

Wilayah persebarannya sangat luas meliputi hampir seluruh benua Eropa, Uni Sovyet, daerah dekat Kutub Utara sampai Pegunungan Himalaya, Kepulauan Inggris di Eropa Barat sampai

⁴Nurhadi, M. S. (2015). Diktat Pengantar Geograi Tumbuhan. Jurusan Pendidikan Geograi Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Yogyakarta.

⁵Nurhadi, M. S. (2015). Diktat Pengantar Geograi Tumbuhan. Jurusan Pendidikan Geograi Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Yogyakarta

Jepang, Selat Bering di pantai Pasiik, dan benua Afrika paling Utara. Kondisi lingkungan wilayah ini bervariasi, baik perbedaan suhu, curah hujan maupun kondisi permukaan tanahnya, menyebabkan jenis loranya juga bervariasi, seperti bunga sakura dari Jepang.

c. Wilayah Nearktik

Wilayah persebarannya meliputi kawasan Amerika Serikat, Amerika Utara dekat Kutub Utara, dan Greenland. Flora yang khas meliputi tumbuhan pada daerah-daerah dingin seperti cemara yang biasa tumbuh di daerah bersalju.

d. Wilayah Neotropikal

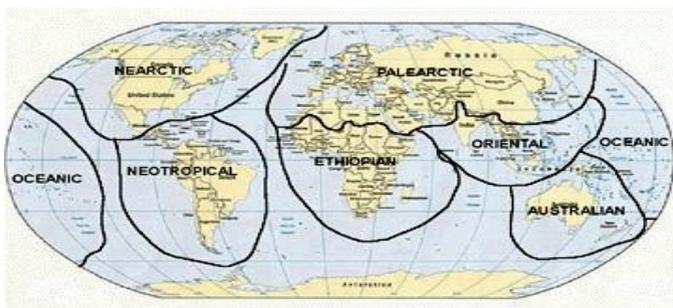
Wilayah persebarannya meliputi Amerika Tengah, Amerika Selatan, dan sebagian besar Meksiko. Iklim di wilayah ini sebagian besar beriklim tropik dan bagian Selatan beriklim sedang. Misalnya: Pohon eboni.

e. Wilayah Oriental

Untuk daerah oriental, daerah penyebaran biotiknya meliputi daerah Asia bagian selatan pegunungan Himalaya, India, Sri Lanka, Semenanjung Melayu, Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, dan Filipina. Flora yang ada misalnya: Bunga Bangkai

f. Wilayah Australian

Wilayah ini mencakup kawasan Australia, Selandia Baru, Irian, Maluku, pulau-pulau di sekitarnya, dan kepulauan di Samudera Pasiik. Contohnya adalah: Eukaliptus.



Gambar 6.1. Wilayah penyebaran tumbuhan di dunia

7.2. Sebaran Tumbuhan Di Indonesia

Flora di Indonesia sangatlah banyak. Hal ini pasti dipengaruhi oleh berbagai faktor yang mendukung persebaran tersebut. Diantaranya adalah tinggi rendah dari permukaan laut, jenis tanah, jenis hutan, iklim, pengaruh manusia, keadaan air dan lain-lain. Berikut ini adalah pembagian wilayah persebaran lora di Indonesia.

Flora daerah Indonesia bagian barat memiliki banyak kesamaan dengan Benua Asia, karena daerah ini pernah bersatu dengan daratan Asia, sehingga disebut sebagai *lora asiatis*. Flora Indonesia bagian barat terdiri atas:

- a. Hutan hujan tropik yang ditandai oleh rimba belantara dengan tumbuhan yang beraneka ragam. Hutan hujan tropik yang masih lengkap memiliki ciri – ciri berdaun lebar, pohon tinggi besar, belukar – belukar tropik, serta cendawan. Wilayah ini terdapat di Sumatra, Jawa dan Kalimantan.
- b. Hutan musim yang merupakan daerah yang ditumbuhi lora yang menggugurkan daunnya di musim kemarau. Wilayah ini terdapat di wilayah utara Jawa.
- c. Hutan bakau yang merupakan daerah yang terdiri dari lora khas pantai, seperti rumbia, nipah dan bakau.
- d. Sabana tropik yang merupakan padang rumput yang diselingi pohon tegakan tinggi. Sabana tropik ini dapat ditemui di Gayo, wilayah timur Jawa Timur, dan Bali.
- e. Wilayah ini memiliki berbagai jenis vegetasi, antara lain:
 - 1) Sabana tropik yang berada di Nusa Tenggara Barat.
 - 2) Steppa yang merupakan padang rumput yang diselingi pohon tegakan tinggi.
 - 3) Steppa banyak terdapat di Nusa Tenggara Timur.
 - 4) Hutan bakau yang terdiri dari nipah dan bakau.
 - 5) Hutan pegunungan yang terdiri dari cemara dan pinus.

Wilayah ini memiliki berbagai lora yang disebut sebagai *lora Asustralis*, karena kesamaan lora antara wilayah Indonesia bagian

timur dengan Australia. Kesamaan tersebut karena daratan ini pernah bersatu dengan daratan Australia. Flora bagian timur ini banyak terdapat di Papua. Jenis vegetasinya adalah hutan hujan tropik, hutan pegunungan, dll

Persebaran lora di Indonesia terbentuk karena adanya peristiwa geologis yang terjadi pada jutaan tahun yang lalu, yaitu pada masa pencairan es (*zaman glasial*). Pada saat itu terjadi pencairan es secara besar-besaran yang menyebabkan naiknya permukaan air laut di bumi, hal ini menyebabkan beberapa wilayah yang dangkal kemudian menjadi tenggelam oleh air laut dan membentuk wilayah perairan yang baru.

Beberapa wilayah perairan baru di sekitar Indonesia yang terbentuk pada masa berakhirnya zaman glasial itu adalah Laut Jawa yang terdapat di daerah Dangkal Sunda dan Laut Arafuru yang terdapat di daerah Dangkal Sahul. Terbentuknya perairan baru di daerah dangkal tersebut menyebabkan lora yang semula dapat dengan bebas bermigrasi akhirnya terhambat oleh perubahan kondisi geologis.

Jenis tumbuhan yang tersebar di wilayah Indonesia meliputi hutan tropis, hutan musim, hutan pegunungan, hutan bakau dan sabana tropis. Persebaran lora di wilayah Indonesia itu sendiri terbagi ke dalam 4 kelompok besar wilayah lora Indonesia, yaitu:

a) Wilayah Flora Sumatera-Kalimantan

Tersebar di pulau Sumatera dan Kalimantan serta pulau-pulau kecil di sekitarnya (Nias, Enggano, Bangka, Belitung, Kep. Riau, Natuna, Batam, Buton dll). Contoh lora khas yang tumbuh adalah Bunga Bangkai (*Ralesia arnoldi*)

b) Wilayah Flora Jawa-Bali

Tersebar di Pulau Jawa, Madura, Bali dan kepulauan-kepulauan kecil disekitarnya (Kepulauan Seribu, Kep. Karimunjawa). Contoh lora khas yang tumbuh adalah pohon Burohal (*Kepel*).

c) Wilayah Flora Kepulauan Wallacea

Tersebar di pulau Sulawesi, Timor, Kepulauan Maluku dan Nusa Tenggara. Contoh lora yang tumbuh adalah pohon Sagu.

d) Wilayah Flora Papua

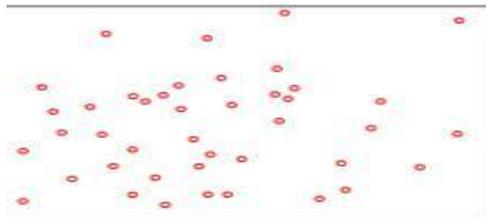
Meliputi wilayah pulau Papua dan pulau-pulau kecil di sekitarnya. Contoh lora khas tumbuh adalah Eucalyptus, sama dengan jenis tumbuhan yang tumbuh di daerah Queensland Australia Utara.

7.3 Pola Penyebaran Tumbuhan

Distribusi jenis tumbuhan di alam dapat disusun dalam tiga pola dasar, yaitu acak, teratur dan mengelompok. Pola distribusi demikian erat hubungannya dengan kondisi lingkungan. Organisme pada suatu tempat bersifat saling bergantung, dan tidak terikat berdasarkan kesempatan semata, dan bila terjadi gangguan pada suatu organisme atau sebagian faktor lingkungan akan berpengaruh terhadap komunitas.⁶

1. Pola Acak

Penyebaran secara acak, jarang terdapat di alam. Penyebaran ini biasanya terjadi apabila faktor lingkungan sangat beragam untuk seluruh daerah, tempat populasi berada, Selain itu tidak ada sifat-sifat untuk berkelompok dari organisme tersebut. Dalam tumbuhan ada bentuk-bentuk organ tertentu yang menunjang untuk terjadinya pengelompokan tumbuhan, dan memiliki benih yg disebar oleh angin (Gambar 6.2)

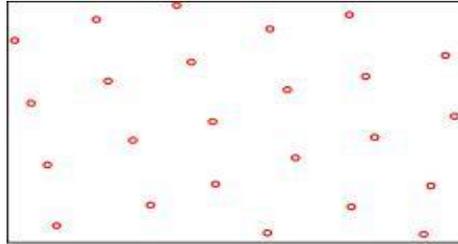


Gambar 6.2: Pola sebaran tumbuhan secara acak

⁶Kuchler, A.W. (1967). Vegetation mapping, 472. New York: Ronald Pr.

2. Pola Teratur

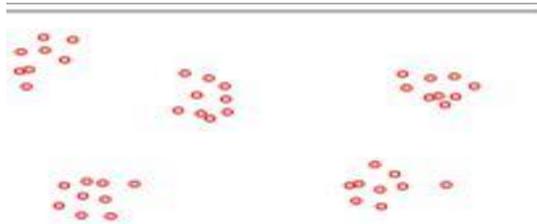
Pola sebaran yang teratur terjadi apabila ada persaingan yang kuat antar individu dalam populasi tersebut. Pada tumbuhan misalnya persaingan utk mendapatkan nutrisi dan ruang (Gambar 6.3).



Gambar 6.3: Pola sebaran tumbuhan secara teratur

3. Pola Mengelompok

Pola mengelompok paling umum terjadi di alam. Pola sebaran seperti ini terjadi karena: a). respon dari tumbuhan karena perbedaan habitat secara lokal dan pengaruh cuaca musiman, b). kekhasan dari sifat reproduksi/regenerasinya, c). penyebaran bijinya terbatas, d) pembiakannya secara vegetatif (Gambar 6.4).



Gambar 6.4: Pola sebaran tumbuhan secara mengelompok

BAB VIII

VEGETASI EKOSISTEM

8.1 Tipe Vegetasi Ekosistem Daratan

1. Hutan Hujan Tropis

a. Kondisi Geograis dan Daerah Sebarannya

Ekosistem hutan hujan tropis berada pada daerah dengan

curah hujan lebih dari 2.000 mm per tahun, dengan curah hujan terendah tidak lebih dari empat bulan berturut-turut. Ciri lainnya adalah suhu bulanan relatif konstan, dengan suhu rata-rata 18°C. Perbedaan suhu antara bulan terpanas dan bulan terdingin kurang dari 5°C. Variasi suhu tahunan juga relatif kecil (Morley, 2001; Jermy & Chapman, 2002).

Hutan hujan tropis terdapat di tiga zone utama di dunia. Zone utama adalah di Amerika Selatan, mulai dari Veracruz (Meksiko), lalu ke wilayah Karibia, selanjutnya ke arah selatan Orinocco dan Amazon Basin di Brazil, terus ke wilayah Andes (Kolumbia), Ekuador, dan Peru. Terbesar kedua, berada di Asia Tenggara, meliputi Indochina, Burma, Papua Nugini, dengan Barat Daya India dan Queensland sebagai wilayah terluar. Terbesar ketiga,

13Kementerian Agama RI, 2011. *Al-Qur'an dan Terjemahannya Dilengkapi Dengan Kajian Usul Fiqih dan Intisari Ayat*. Bandung : PT Sygma Examedia Arkanleema

adalah di Afrika, yang berpusat di Zaire Basin, dengan wilayah terluar mulai dari Dahomey ke Siera Leone di bagian selatan, dan Madagaskar di bagian barat (Malhi & Grace, 2000; Jermy & Chapman, 2002; Saatchi *et al.*, 2011; Woodward, 2012), seperti ditunjukkan pada Gambar 7.1.



Gambar 7.1: Peta sebaran hutan tropik dunia (Saatchi *et al.*, 2011)

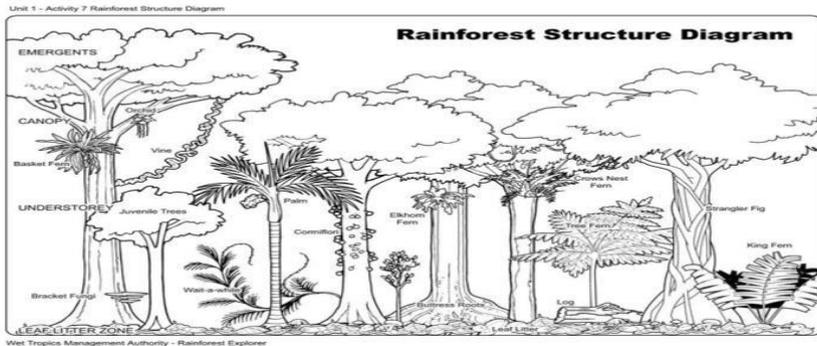
Ribuan tahun yang lalu, hutan hujan tropis menutupi hampir 12% permukaan bumi (kira-kira 15,5 juta km²), tetapi saat ini hanya tersisa 5%. Jumlah hutan tropis terluas di dunia terdapat di pedalaman Sungai Amazon, (kawasan Amerika Selatan), setengah dari luas ini dimiliki Brasil, dan 20% dari luas hutan hujan tropis dunia dimiliki oleh Republik Demokratik Congo, dan Indonesia (Saatchi *et al.*, 2011). Sebaran hutan tropis di dunia disajikan pada Tabel 2.1.

No.	Bidang wilayah di dunia	Persentase tutupan terhadap hutan hujan tropis di dunia (%)	Juta mil persegi	J u t a hektar
1.	Ethiopian/Afrotropik	30,0	0,72	187,5
2.	Australasia	9,0	0,22	56,3
3.	Oriental (Indomalaya)	16,0	0,39	100,0
4.	Neotropik	45,0	1,08	281,2
Total			2,41	625,0

Tabel 7.1: Luas dan sebaran hutan hujan tropis dunia (**Sumber:** Saatchi *et al.*, 2011)

b. Karakteristik vegetasi

Hutan hujan tropis dicirikan oleh spesies pepohonan yang relatif banyak. Tinggi pohon utama antara 20-40 m, cabang-cabang pohon tinggi dan berdaun lebat hingga membentuk tudung (kanopi) (Gambar 7.2). Daerah tudung cukup mendapat sinar matahari, variasi suhu dan kelembaban tinggi, suhu sepanjang hari sekitar 25 °C. Terdapat dua tanaman khas yaitu liana (rotan) dan anggrek.



Gambar 7.2: Karakteristik hutan hujan tropik (Sumber: www.pinterest.com/lmcgu/trees-and-plants/)

c. Strategi Adaptasi

Ada berbagai cara dilakukan oleh vegetasi hutan hujan tropis sebagai strategi adaptasi terhadap kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan, diantaranya:

1. tumbuhan bawah, yang umumnya berada di lingkungan yang relatif lembap biasanya memiliki helaian daun yang relatif lebar untuk mengintensifkan proses transpirasi, dan memaksimalkan potensi daun dalam menangkap sinar matahari. Untuk mengurangi pengaruh naungan, pada tumbuhan tertentu dilengkapi dengan kemampuan memanjat dengan merambat/melilit pada tumbuhan lain guna mendapatkan cahaya matahari sesuai kebutuhannya, misalnya pada liana, salah satunya adalah rotan (*Calamus axillaris* Becc. : Areaceae).

2. Untuk mengurangi laju transpirasi pada musim kemarau, biasanya dilakukan dengan menggugurkan daunnya, misalnya pada tanaman jati.

2. Ekosistem Savanah (Sabana)

a. Kondisi geograis dan daerah sebarannya

Hutan sabana adalah padang berumput yang dipenuhi oleh semak perdu dan beberapa jenis pohon yang tumbuh menyebar (Gambar 7.3), biasanya terbentuk di antara daerah tropis dan subtropis. Beberapa benua yang memiliki padang sabana di antaranya adalah Afrika, Amerika bagian Selatan, dan Australia.

Penyebab munculnya sabana adalah kurangnya curah hujan, sehingga ia dikenal dengan sebutan padang rumput tropis. Iklimnya tidak terlalu kering untuk menjadi gurun pasir, tetapi tidak cukup basah untuk menjadi hutan.

Sabana terdapat di wilayah dengan periode kemarau antara 4-6 bulan, dengan curah hujan 1 tahun kurang dari 1.000 mm.¹⁴ Temperatur dan kelembapan masih tergantung musim. Sabana yang terluas di dunia terdapat di Afrika dan di Australia. Di Indonesia, sabana terdapat di daerah yang bersuhu tinggi dengan curah hujan sedikit. Misalnya di Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, dan Sulawesi Tengah.



Gambar 7.3: Salah satu sabana di Taita Hills, Kenya (Cooper, 2011)

¹⁴Arif, A. (2001). *Hutan dan Kehutanan*. Yogyakarta: Kanisius.

b. Karakteristik Vegetasi

Vegetasi sabana akan berubah menjadi semak belukar apabila pembentukannya mengarah ke daerah yang intensitas hujannya makin rendah. Sebaliknya, vegetasinya akan berubah menjadi hutan basah apabila mengarah ke daerah yang intensitas hujannya makin tinggi.

Beberapa jenis vegetasi yang sering ditemukan di sabana, diantaranya: a) tumbuhan berkayu, misalnya *Acacia nilotica* Lam. (Mimosaceae), *Cryptostegia grandilora* R. Br. (Apocynaceae), *Prosopis* spp., *Lantana* sp., dan *Opuntia* spp., b) tumbuhan herba, misalnya *Chloris* sp., *Cenchrus ciliaris* L. (Poaceae), *Sporobolus pyramidalis* P.Beauv., *Parthenium hysterophorus* L. (Asteraceae), dan *Stylosanthes* spp., dan c) berbagai spesies Legum.¹⁵

c. Strategi Adaptasi

Strategi adaptasi yang dilakukan oleh vegetasi di daerah sabana biasanya diarahkan untuk mengurangi kehilangan air melalui transpirasi. Oleh karena itu, vegetasinya biasanya didominasi oleh jenis-jenis tumbuhan yang memiliki batang berduri, berdaun kecil dan jaringan epidermisnya diselaputi lapisan lilin (kutikula) yang relatif tebal untuk mengurangi penguapan. Sementara itu, untuk tumbuhan herbaceous/terna, biasanya memiliki jaringan lunak dan berair, yang digunakan untuk menyimpan cadangan makanan dan air.

3. Ekosistem Padang Rumput

a. Kondisi Geografis dan Daerah Sebarannya

Padang rumput umumnya terdapat di daerah dengan curah hujan kurang lebih 25-30cm per tahun, hujan turun tidak teratur, porositas (peresapan air) tinggi, dan drainase (aliran air) cepat. Padang rumput terdapat di daerah yang terbentang dari daerah tropik ke subtropik. Di Indonesia, padang rumput tersebar

15Scanlan, J. C. (1988). Managing tree and shrub populations. Native pastures in Queensland their resources and management. W. H. Burrows, J. C. Scanlan and M. T. Rutherford. Queensland, Queensland Government Press

di daerah yang suhu udaranya tinggi dengan curah hujan sedikit sekali, misalnya Nusa Tenggara Timur dan Sulawesi Tengah.

b. Karakteristik Vegetasi

Perbedaan antara padang rumput dan sabana, yaitu di padang rumput hampir tidak ada pepohonan (Gambar 7.4), sedangkan di sabana masih ada pohon besar dan semak walaupun jumlahnya sangat sedikit. Tumbuhan yang ada terdiri atas tumbuhan terna (herbs) dan rumput, yang keduanya tergantung pada kelembapan.

Vegetasi yang mendominasi di daerah padang rumput adalah rerumputan. Ukuran rumput yang hidup di daerah padang rumput yang relatif basah dapat mencapai tiga meter, misalnya rumput Bluestem (*Andropogon gerardii* Vitman) dan Indian Grasses (*Sorghastrum nutans* L.). Sementara itu, rumput yang tumbuh di daerah padang rumput kering, ukurannya pendek-pendek, misalnya rumput Blue Grama (*Bouteloua gracilis* Willd. ex Kunth) dan Buffalo Grasses (*Bouteloua dactyloides* Nutt.)

Jumlah curah hujan akan menentukan ukuran tinggi vegetasi rerumputan di daerah padang rumput. Di daerah yang menerima curah hujan sedikit, rumput tetap rendah ke tanah, sedangkan di daerah hangat yang menerima curah hujan lebih banyak, ditemukan rerumputan yang ukurannya relatif lebih tinggi.



Gambar 7.4: Salah satu padang rumput di Hulunbuir (Mongolia).

c. Strategi Adaptasi

Padang rumput menjadi tempat yang sulit bagi tanaman tinggi seperti semak berkayu dan pohon untuk tumbuh karena curah hujannya yang relatif rendah. Rumput di daerah ini telah beradaptasi dengan suhu dingin, kekeringan, dan sesekali kebakaran. Caranya beradaptasi adalah dengan membentuk sistem akar besar yang mendalam, yang menancap dalam tanah. Hal ini memungkinkan rumput untuk tetap berakar kuat di tanah guna mengurangi erosi dan menghemat air, serta melindungi diri jika sewaktu-waktu terjadi kebakaran di permukaan tanah. Juga memiliki ukuran daun yang relatif kecil untuk mengurangi penguapan air.

4. Ekosistem Gurun (Padang Pasir)

a. Kondisi Geograis dan Daerah Sebarannya

Daerah gurun banyak terdapat di daerah tropis dan berbatasan dengan padang rumput. Keadaan alam dari padang rumput ke arah gurun biasanya makin jauh makin gersang. Curah hujan di gurun sangat rendah, yaitu sekitar 250 mm/tahun atau kurang (Gambar 7.5).

Hujan lebat jarang terjadi dan tidak teratur. Pancaran matahari sangat terik dan penguapan tinggi sehingga suhu siang hari sangat panas. Pada musim panas, suhu dapat lebih dari 40°C. Perbedaan suhu siang dan malam hari (amplitudo harian) sangat besar. Tumbuhan yang hidup menahun di gurun adalah tumbuhan yang dapat beradaptasi terhadap kekurangan air dan penguapan yang cepat.



Gambar 7.5: Gurun Kalahari di wilayah Botswana.¹⁶

b. Karakteristik Vegetasi

Vegetasi di daerah gurun memiliki karakteristik yang unik. Pada umumnya, tumbuhan yang hidup di gurun berdaun kecil seperti duri atau tidak berdaun. Salah satu sifat xeromori terpenting dari tumbuhan xeroit adalah rasio permukaan luas eksternal terhadap volumenya, yang bernilai kecil. Berkurangnya luas permukaan luar diiringi oleh mengecilnya ukuran sel, bertambah tebal dindingnya, bertambah rapat sistem jaringan pembuluh dan stomata, bertambahnya jumlah jaringan tiang, sementara jaringan spons berkurang.

Pada beberapa jenis tumbuhan xeroit memiliki akar panjang sehingga dapat mengambil air dari tempat yang dalam. Daunnya sering ditutup oleh rambut, bersifat sukulen sebagai jaringan penyimpan air. Mengecilnya ukuran daun dianggap sebagai sifat yang berkaitan dengan menurunnya kecepatan transpirasi dan dapat menyimpan air dalam jaringan spon.

c. Strategi Adaptasi

Berbagai strategi adaptasi dilakukan oleh tumbuhan yang hidup di daerah gurun untuk mengatasi kondisi lingkungan yang

¹⁶Gillani, A. (2011). Which is a Famous Desert in Africa. Retrieved from <http://www.einfopedia.com/which-is-a-famous-desert-in-africa.php>

sangat ekstrem, diantaranya: a) memiliki daun yang kecil seperti duri, atau bahkan tidak berdaun, untuk mengurangi penguapan, misalnya pada kaktus, b) memiliki akar yang sangat panjang agar dapat mengambil air di tempat yang dalam, c) ada jenis tumbuhan tertentu yang dapat memanfaatkan semaksimal mungkin curah hujan yang sangat minimal untuk menyelesaikan siklus hidupnya dengan sesingkat mungkin (*ephemeral plant*). Apabila hujan turun, tumbuhan tersebut akan segera tumbuh, berbunga, dan berbuah dengan cepat. Hal ini dapat terjadi dalam beberapa hari saja (10 hari) setelah hujan, tetapi sempat menghasilkan biji untuk berkembang lagi dalam musim berikutnya. Contohnya pada *Boerhavia repens* L. (Nyctaginaceae).¹⁷ (Gambar 7.6).



Gambar 7.6: Tumbuhan *Boerhavia repens* L., yang tumbuh di daerah kering dan berbatu (kiri), morfologinya (kanan) (Muzila, 2006).

5. Hutan Gugur

1. Kondisi geograis dan Daerah Sebarannya

Hutan gugur berada di zone temperate, antara hutan tropis dan hutan konifer, dengan kisaran 30 - 40 derajat lintang LU/LS . Wilayah tersebut berada di daerah beriklim sedang yang memiliki

17Anonim. (2006). Pengantar Ekologi Tumbuhan. Program INHERENT-USU Medan 2006.

empat musim.. Hutan gugur terdapat di bagian timur Amerika Utara, Eropa tengah, Asia timur, dan Amerika Selatan.



a. Autumn b. Winters c. Springs d. Summers

Gambar 7.7: Perubahan kondisi vegetasi di daerah hutan gugur berdasarkan musim.

Ciri-ciri hutan gugur, diantaranya: memiliki suhu yang sangat rendah pada musim dingin dan sangat panas pada musim panas (dengan kisaran -30° hingga 30°C) dengan suhu rata-rata tahunan 10°C , curah hujan yang tinggi dan merata sepanjang tahun. Ciri lainnya, adalah terdapat pohon yang dapat mengugurkan daunnya pada saat musim panas (hutan gugur yang berada di daerah tropis), dan pada musim dingin (hutan gugur dengan iklim sedang) (Gambar 7.7).

2. Karakteristik Vegetasi

Hutan gugur memiliki jenis pohon yang relatif sedikit (10 - 20) dan tidak terlalu rapat. Sebagian besar tumbuhannya berdaun lebar, dan mengalami perubahan warna daun menjadi merah keemasan pada musim gugur, selanjutnya menggugurkan daunnya pada musim dingin. Contohnya adalah pohon oak, hickory, maple, poplar, dan sycamore.

Vegetasi hutan gugur terdiri atas lima zone. Zone pertama, merupakan kanopi hutan dengan pohon-pohon yang relatif tinggi (60-100 m), yang terdiri atas: oak, beech, maple, chestnut, hickory, elm, basswood, linden walnut, dan sweet gum. Zone kedua, adalah pepohonan yang kecil dan sapling, lebih toleran terhadap kondisi teduh, terdiri atas pohon-pohon usia muda

dengan ukuran yang pendek.. Zone ketiga merupakan zone semak, terdiri atas laurel gunung, rhododendrons, azaleas, and huckleberries. Zone keempat adalah zone herba, terdiri atas bunga-bunga liar, lumut dan pakis. Zone kelima, disebut sebagai *Ground zone*, terdiri atas lichen dan lumut.

3. Strategi Adaptasi

Berbagai strategi adaptasi dilakukan oleh vegetasi di daerah hutan gugur untuk menyesuaikan diri terhadap lingkungannya yang ekstrem. Beberapa diantaranya adalah sebagai berikut:

- 1) Tumbuh sesegera mungkin pada saat kondisi lingkungan menguntungkan. Hal ini dilakukan oleh beberapa bunga liar yang merupakan tumbuhan bawah (semak yang tumbuh di lantai hutan). Mereka akan tumbuh dengan cepat di awal musim semi, saat pohon-pohon besar di atasnya belum berdaun lebat sehingga sinar matahari masih bisa menembus ke lantai hutan (sebelum ternaungi oleh kanopi pohon-pohon besar di atasnya).
- 2). Sebagian besar pepohonan di daerah hutan gugur memiliki akar yang dalam dan melebar, seukuran lebar tajuknya. Hal ini dimaksudkan untuk memaksimalkan potensi akarnya dalam menyerap air.
- 3). Sama halnya dengan daun-daun tumbuhan di daerah hutan hujan tropis, sebagian besar pepohonan di daerah hutan gugur juga memiliki daun yang relatif besar, lebar, dan helaiannya tipis. Tujuannya adalah agar dapat menyerap radiasi sinar matahari yang lebih banyak untuk keperluan fotosintesis di saat musim panas.
- 4). Sebagian besar tumbuhan akan menggugurkan daunnya saat musim dingin sebagai respon terhadap kekurangan air dan suhu dingin, contohnya adalah pohon oak, hickory, maple, poplar, dan sycamore.

6. Hutan Taiga

1. Kondisi Geograis dan Daerah Sebarannya

Taiga terdapat di daerah beriklim sedang, yaitu antara subtropik dan kutub. Ciri-cirinya adalah suhu di musim dingin sangat rendah, curah hujan sekitar 35 - 40 cm per tahun,

mempunyai musim dingin yang cukup panjang dengan musim kemarau yang panas dan sangat singkat yaitu berlangsung selama 1-3 bulan.

Selama musim dingin, air tanah berubah menjadi es dan mencapai 2 meter di bawah permukaan tanah (Gambar 7.7). Musim utama daerah taiga adalah musim dingin dan musim panas. Musim semi dan musim gugur sangat pendek.



Gambar 7.8: Hutan taiga yang ditutupi salju (Sydenham & Ron, 2014)

2. Karakteristik vegetasi

Taiga termasuk miskin jenis vegetasi, karena kondisinya yang relatif ekstrem, sehingga hanya sedikit jenis tumbuhan yang dapat hidup di lingkungan tersebut. Semak dan tumbuhan basah relatif sedikit.

Biasanya taiga merupakan hutan yang tersusun atas jenis konifer, sehingga sering disebut sebagai hutan konifer. Konifer umumnya memiliki tajuk yang mengerucut (sedikit percabangan di bagian atas dan percabangan di bagian bawah melebar ke arah sampan). Contoh jenis-jenis tumbuhan konifer tersebut adalah cemara, aspen, alder, birch, juniper dan spruce.

3. Strategi Adaptasi

Berbagai strategi adaptasi dilakukan vegetasi taiga untuk bertahan terhadap kondisi ekstrem. Pohon cemara (*Casuarina equisetifolia* L., : Casuarinaceae) misalnya, memiliki tajuk berbentuk kerucut agar mudah menggeser salju sehingga cabang tidak akan pecah. Daunnya yang berbentuk jarum dan mempunyai zat lilin dapat mengurangi kehilangan air melalui transpirasi, sehingga

tahan terhadap kekeringan. Pohon-pohon yang berdaun lebar, seperti aspen (*Populus tremula* L. : Salicaceae), sangat leksibel dan tidak mudah pecah ketika ditutupi oleh es dan salju.

7. Ekosistem Tundra

a. Kondisi Geograis dan Daerah Sebarannya

Tundra adalah suatu area yang dicirikan dengan pertumbuhan pohon yang terhambat karena rendahnya suhu lingkungan sekitar, sehingga disebut juga sebagai daerah tanpa pohon. Area ini terdapat di wilayah bumi sebelah utara dan terdapat di puncak gunung yang tinggi. Daerah tundra hanya terdapat di belahan bumi utara dan kebanyakan terletak di daerah lingkungan kutub utara. Daerah ini memiliki musim dingin yang panjang dan gelap, dengan musim panas yang panjang serta terang terus menerus (Gambar 7.9).

Daerah tundra di kutub ini dapat mengalami gelap berbulan-bulan karena matahari hanya mencapai $23\frac{1}{2}^{\circ}$ LU/ LS. Hampir seluruh wilayahnya tertutup es, tanahnya sebagian besar merupakan batuan induk yang telah mengalami sedikit pelapukan. Memiliki musim dingin yang panjang (9 bulan) dan gelap serta musim panas berlangsung cepat (3 bulan) dan terang. Curah hujannya rendah (100 - 250 mm/tahun).

Tundra dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu tundra arktik dan tundra alpine, lingkungan tundra ditandai dengan iklim, lora dan fauna yang berbeda. Tundra Arktik merupakan bioma termuda di dunia, terletak di sekitar Kutub Utara, dan meluas ke arah selatan, ke hutan konifer dari taiga. Tundra alpine terletak di atas pegunungan dengan tingkat ketinggian yang relatif tinggi

dan dingin di seluruh dunia, salah satunya di Puncak Jaya Wijaya (Papua). Tanah di tundra alpine telah terkuras dan tanpa nutrisi, sehingga sangat sulit bagi pohon untuk ditanam di daerah ini.

b. Karakteristik Vegetasi

Di daerah tundra tidak ada pohon yang tinggi. Kalau ada pohon maka pohon itu terlihat pendek seperti semak. Tumbuhan yang banyak terdapat di daerah ini adalah lumut, terutama spagnum dan lichenes (lumut kerak). Tumbuhan semusim di daerah tundra biasanya berbunga dengan warna yang menyolok dengan masa pertumbuhan yang sangat pendek.

Ada beberapa jenis tumbuhan yang terdapat di daerah tundra, di antaranya: 1) pada daerah yang berawa ditumbuhi rumput teki, rumput kapas, dan gundukan gambut, 2) pada daerah cekungan yang basah seperti di Greenland terdapat semak salik dan bentula, 3) pada daerah yang agak kering ditumbuhi lumut, teki-teki, tumbuhan Ericaceae, dan beberapa tumbuhan yang berdaun agak lebar, dan 4) pada lereng-lereng batu terdapat lumut kerak dan alga.

c. Strategi Adaptasi

Tumbuhan di daerah tundra dapat beradaptasi terhadap keadaan dingin sehingga akan tetap hidup meskipun dalam keadaan beku. Agar mereka dapat bertahan hidup di lingkungan yang sangat ekstrem, maka tumbuhan tersebut telah mengembangkan berbagai bentuk adaptasi.

Beberapa bentuk adaptasi tumbuhan di daerah tundra, diantaranya: 1) tanaman memiliki penutup/pelindung seperti rambut tebal, tumbuh pendek, dan berkelompok untuk membantu melindungi mereka dari angin, suhu dingin, dan pengeringan, yang juga dikenal sebagai pengeringan ekstrem, 2) ada tumbuhan berbiji yang memiliki ukuran pendek, dengan masa perkembangan yang singkat (sekitar 2 bulan). Pada musim panas tumbuhan segera menghasilkan bunga dan biji, selanjutnya akan mengalami dormansi (tidak aktif) di musim dingin, seperti pohon willow

(*Salix babylonica* L.: Salicaceae) dan birch (*Betula* sp. : Betulaceae),

3) tumbuhan seringkali berukuran kecil, guna mengurangi kerusakan yang disebabkan oleh angin dan memungkinkan pohon ini harus tertutup salju selama musim dingin. Meskipun akan terlihat bahwa yang tertutup salju akan membuat pohon-pohon dingin, pada kenyataannya, salju bertindak sebagai isolasi untuk pohon-pohon dan membantu mereka tetap hangat selama musim dingin, 4) bunga-bunga dari beberapa tanaman akan meningkatkan efisiensi panas mereka dengan perlahan-lahan bergerak pada siang hari untuk memposisikan diri ke arah mana mereka dapat menangkap paling banyak sinar matahari.



Gambar 7.9: Daerah Tundra, Tundra Alpine (kiri), Tundra Arktik (kanan)

8.2 Tipe Vegetasi Ekosistem Perairan

1. Sungai

a. Kondisi Geografis dan Daerah Sebarannya

Sungai adalah air tawar dari sumber alamiah yang mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah dan menuju atau bermuara ke laut, danau atau sungai yang lebih besar. Arus air di bagian hulu sungai, biasanya lebih deras dibandingkan dengan arus sungai di bagian hilir.

Salah satu wilayah penting di daerah sungai adalah sempadan sungai atau daerah *kakisu* (kanan kiri sungai) (Gambar 7.1). Daerah ini sering disebut sebagai zona riparian. Vegetasi riparian merupakan zona penyangga, karena memiliki banyak fungsi, diantaranya: menjaga kualitas air sungai melalui pengaturan suhu air, pengendalian erosi dan sedimentasi, sebagai sumber serasah (energi) dan penjerap pencemar dari daratan yang terbawa ke sungai melalui air limpasan, juga sebagai habitat satwa liar teresterial (tempat bagi hewan-hewan untuk mencari perlindungan, kawin dan memijah).¹⁸



Gambar 7.1: Sungai Citumang, Ciamis, Jawa Barat¹⁹

¹⁸Siahaan, R. & Ai, N.S. (2014). Jenis-jenis vegetasi riparian Sungai Ranoyapo, Minahasa Selatan. *Jurnal LPPM Bidang Sains dan Teknologi*, 1(1), 7-12.

¹⁹Sukmawati, A. (2014). Objek Wisata Curug, Citumang (Pangandaran). Retrieved from

<http://www.republikwisata.info/2014/08/objek-wisata-curug-citumang-pangandaran.html>

b. Karakteristik Vegetasi

Zona riparian adalah wilayah yang memiliki karakter yang khas, karena merupakan perpaduan lingkungan perairan dan daratan. Istilah *riparian* berasal dari bahasa Latin *ripa*, yang berarti “tepi sungai”. Vegetasi riparian memiliki ciri morfologi, isiologi, dan reproduksi yang beradaptasi dengan lingkungan basah. Banyak tumbuhan riparian yang mampu beradaptasi terhadap banjir, pengendapan, abrasi isik, dan patahnya batang akibat banjir.

Tipe vegetasi sepanjang zona aliran sungai bervariasi. Variasi-variabel dalam zona riparian ini pada dasarnya ditentukan oleh seberapa besar aliran sungai memengaruhi kondisi lingkungan di kanan-kirinya, yang ditentukan oleh topografi wilayah dan sifat-sifat aliran sungai yang bersangkutan. Berdasarkan kondisi lingkungan sungainya, tipe vegetasi riparian dikelompokkan menjadi 4, yaitu: vegetasi di bagian hulu yang agak curam, vegetasi di daerah yang datar, vegetasi di wilayah dekat laut, dan vegetasi di daerah yang berdrainase buruk (selalu tergenang).

Di bagian hulu sungai yang curam, arusnya deras, luktuasi permukaan air yang tinggi antara saat-saat hujan dengan tidak hujan, dan curamnya tebing sungai, menjadikan zona riparian ini tidak begitu nyata dan sempit. Wilayah di sini kebanyakan ditumbuhi semak-belukar dan perdu, dengan beberapa pohon besar yang tidak selalu sama jenisnya. Semak-semak seperti kecubung gunung (*Brugmansia* spp.), sisirihan (*Piper aduncum* L.) dan beberapa yang lain, juga pohon-pohon seperti kepayang (*Pangium edule* Reinw.), benda (*Artocarpus elasticus* Reinw.), dan kedawung (*Parkia roxburghii* G. Don.).

Di daerah yang lebih datar, aliran sungai mulai melambat dan melebar, menampung lebih banyak arus dari anak-anak sungai, dan luktuasi debit sungai menyusut. Zona ini kebanyakan ditumbuhi pepohonan, dengan tajuk yang bertaut satu sama lain membentuk kanopi (atap tajuk) di atas sungai. Jenis-jenis pohon dari keluarga beringin seperti loa (*Ficus racemosa* L., : Moraceae), sengkung atau matoa (*Pometia pinnata* J. R.Forst. & G.Forst. : Sapindaceae), dan keluarga jambu-jambuan misalnya jambu mawar (*Syzygium jambos* (L.) Alston.)

Semakin dekat ke arah laut, yang ditandai dengan daerah dataran rendah yang luas, aliran sungai bisa menjadi amat

lebar, mengalir lambat dan hampir tidak berubah tinggi airnya sepanjang tahun. Akan tetapi di puncak musim hujan, banjir besar selalu terjadi dan limpasannya dapat menutupi wilayah yang luas di kanan-kiri sungai. Wilayah riparian di bagian ini tidak selalu berupa hutan; bisa jadi bergabung atau berseling dengan rawa atau paya-paya yang luas. Namun karena tanah endapan yang subur dan selalu diperkaya setiap tahun, zona riparian di daerah ini biasa memiliki pohon-pohon besar dan tinggi. Komunitas khas ini biasa dikenal sebagai hutan riparian, dengan jenis vegetasi yang umum dijumpai adalah: dipterokarpa seperti *Dipterocarpus apterus* (Foxw. & Slooten), *D. oblongifolius* (Blume), jenis-jenis penghasil tengkawang seperti *Shorea macrophylla* (de Vr.) Ashton., *S. seminis* (de Vriese) Sloot., dan kayu ulin (*Eusideroxylon zwageri* Teijsm & Binn.), serta merbau (*Intsia palembanica* Miq.).

Di bagian yang kerap tergenang atau drainasenya buruk, hutan riparian ditumbuhi jenis-jenis yang lebih beradaptasi dengan lingkungan perairan. Contohnya adalah bintaro (*Cerbera* spp.), butun darat (*Barringtonia racemosa* (L.) Spreng., pidada (*Sonneratia caseolaris* (L.) Engl., rengas (*Gluta renghas* L.), terentang (*Camptosperma auriculata* Hook.f), dan lain-lain.

c. Strategi Adaptasi

Salah satu karakteristik dari vegetasi riparian adalah keberadaan

tumbuhan yang mampu beradaptasi dengan lingkungan perairan, yakni jenis-jenis tumbuhan *hidrolik*. Namun, secara umum bahwa strategi adaptasi yang dilakukan vegetasi riparian untuk menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan yang ekstrem, disesuaikan dengan lingkungan tumbuhnya. Jika sungai itu berada di daerah tropis, maka strategi adaptasi vegetasi ripariannya akan mengikuti model adaptasi vegetasi di daerah tropis secara umum. Artinya, model adaptasi vegetasi riparian di daerah tropis berbeda dengan vegetasi riparian di daerah iklim sedang, dan di daerah kutub.

2. Danau

a. Kondisi Geograis dan Daerah Sebarannya

Danau adalah sejumlah air (tawar atau asin) yang terakumulasi di suatu tempat yang cukup luas, yang dapat terjadi karena mencairnya gletser, aliran sungai, atau karena adanya mata air, dan seluruh bagiannya dikelilingi oleh daratan. Danau terdapat di daerah tropis, subtropis, dan kutub.

Ciri khas danau yaitu airnya tenang sehingga kondisi biotik dan abiotiknya relatif stabil. Daerah yang dapat ditembus cahaya matahari memungkinkan terjadinya fotosintesis disebut daerah fotik, sedangkan yang tidak dapat ditembus oleh cahaya matahari disebut daerah afotik. Juga terdapat daerah dengan perubahan temperatur yang drastis (termoklin), yang memisahkan daerah yang hangat di atas dengan daerah dingin di dasar.

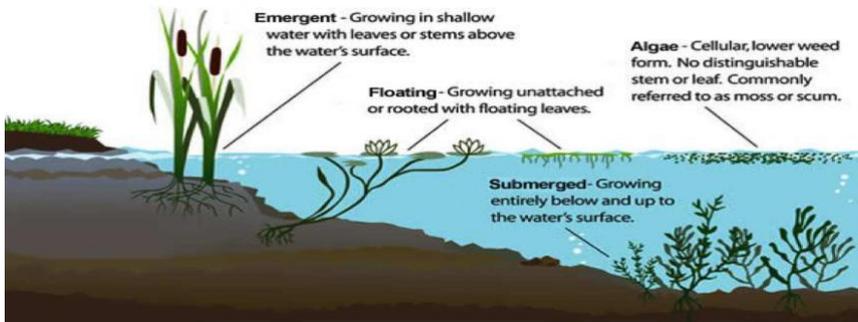
Komunitas tumbuhan dan hewan tersebar di danau sesuai dengan kedalaman dan jaraknya dari tepi. Berdasarkan hal tersebut, danau dibagi menjadi 3 zona sebagai berikut: 1). Zona litoral, merupakan wilayah tepi pada danau dan daerah ini merupakan daerah dangkal. Cahaya matahari menembus dengan optimal, 2). Zona limnetik, merupakan daerah air bebas yang jauh dari tepi dan masih dapat ditembus sinar matahari, 3). Zona profundal, merupakan daerah yang dalam dan merupakan daerah dasar pada suatu danau.

b. Karakteristik Vegetasi

Vegetasi tumbuhan air yang ada di danau dibagi menjadi 2 kelompok utama, yaitu: 1) ganggang, yang terdiri atas sel-sel tunggal atau berantai, dan 2) tumbuhan berpembuluh (*vascular plant*). Tumbuhan berpembuluh adalah tumbuhan yang sudah dapat dibedakan antara akar, batang, daun, dan bunga (kecuali untuk pakis).

Berdasarkan cara tumbuh dan kedalaman tempat tumbuhnya, Langeland & Jacono (2012) membagi tumbuhan berpembuluh, menjadi 4 kelompok (Gambar 7.2), yaitu: 1). *Emersed (or emergent) plants*, adalah kelompok tumbuhan air yang banyak ditemukan

di sepanjang garis tepi danau dan di zona dangkal, akarnya tertancap di dasar tetapi tumbuhnya di atas permukaan air. 2). *Submersed plants*, adalah tumbuhan air yang seluruh bagian tubuhnya terendam di bawah permukaan air. 3). *Floating-leaved plants*, adalah tumbuhan air yang akarnya di dasar danau, namun daunnya sebagian terendam, dan sebagian lagi mengapung di atas permukaan air. 4). *Floating plants*, adalah tumbuhan yang mengapung bebas di permukaan air, dapat ditemukan dimana saja, mulai dari garis tepi danau hingga ke bagian danau yang lebih dalam.



Gambar 7.2: Kelompok tumbuhan air yang hidup di danau



Gambar 7.3: Kelompok *Floating-leaf* dan *emergent vegetation* yang ditemukan di Red Lake, Minnesota.²⁰

20USF Water Institute, (2015). Red Lake. School of Geosciences, College of Arts and Sciences, University of South Florida. Retrieved from <http://www.orange.wateratlas.usf.edu/photogallery>

c. Strategi Adaptasi

Tumbuhan air memiliki karakteristik yang berkaitan dengan kemampuannya untuk mengatasi kondisi jumlah air yang berlebihan dengan melakukan modifikasi sifat morfologis, anatomis dan fisiologis sebagai berikut²¹ : 1) Kutikula tipis, kutikula berperan mencegah kehilangan air, oleh karena itu sebagian besar tumbuhan air memiliki kutikula tipis dan atau tidak memiliki kutikula. 2) Stomata umumnya selalu terbuka sepanjang waktu, sebab air melimpah dan oleh karena itu tidak membutuhkan mekanisme untuk mempertahankan air. 3) Terjadi peningkatan jumlah stomata, baik pada permukaan atas maupun bawah, 4) Umumnya mempunyai kantong udara untuk mengapung, 5) Akar kecil/tipis; air dapat berdifusi langsung ke dalam daun, 6) Spesialisasi akar untuk mengambil oksigen, 7) Tumbuhan umumnya mengapung.

3. Rawa-rawa

a. Kondisi Geografis dan Daerah Sebarannya

Rawa (*swamp*) adalah istilah umum yang digunakan untuk menyatakan wilayah lahan, atau area yang secara permanen selalu jenuh air (*saturated*), permukaan air tanahnya dangkal, atau tergenang (*waterlogged*) oleh air dangkal hampir sepanjang waktu dalam setahun. Air umumnya tidak bergerak, atau tidak mengalir (*stagnant*), dan bagian dasar tanah berupa lumpur. Lahan rawa sering disebut dengan berbagai istilah, seperti “*swamp*”, “*marsh*”, “*bog*” dan “*fen*”, namun masing-masing mempunyai arti yang berbeda (Subagyo, 2006).

Kondisi lingkungan rawa-rawa memiliki karakteristik sebagai berikut: 1) tertutup tumbuh-tumbuhan air, 2) kadar keasaman airnya tinggi, 3) warna airnya coklat sampai kehitam-hitaman, 4) airnya tidak dapat diminum, 5) di dasar rawa terdapat tanah

²¹Cook, C. D. K., Gut, C. B. J., Rix, E.M. & Schneller, J. (1974). *Water plant of the world*. New York: Springer Science & Business Media

gambut. Kondisi lingkungan rawa sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 7.4: Rawa Otter Creek, Vermont's, New England
(The Nature Conservancy, 2015)

Berdasarkan jenis airnya, rawa dibagi menjadi 3, yaitu: 1) Rawa air asin (*salt marsh*), merupakan lahan basah pesisir yang mengalami banjir dengan air garam yang dibawa oleh gelombang. Rawa jenis ini terdapat di seluruh dunia, terutama di daerah tengah untuk lintang tinggi; 2) Rawa air payau, adalah rawa yang airnya campuran antara air tawar dan air asin, banyak terjadi di muara sungai, karena terjadi pasang surut air tawar dan air asin. Ketika air tawar pasang maka air akan terasa tawar, tetapi jika air tawar surut, maka akan di isi air asin, tetapi air tawar dan asin juga dapat tercampur. Sifatnya tidak asam, karena terjadi pergantian air. 3) Rawa air tawar, merupakan rawa yang terbentuk karena proses pendangkalan dari danau, waduk, atau proses lain seperti gempa yang mengakibatkan suatu daerah turun tetapi tidak dalam.

b. Karakteristik Vegetasi

Secara umum, spesies-spesies tumbuhan yang ada di dalam ekosistem rawa cenderung berkelompok membentuk komunitas

tumbuhan yang miskin spesies. Dengan kata lain, penyebaran spesies tumbuhan yang ada di ekosistem hutan rawa itu tidak merata. Di Inggris misalnya, didominasi oleh jenis *Phragmitetalia*, *Magnocaricetalia*, dan *Bulchoscoenetea*.²²

Sementara itu, di Indonesia, jenis vegetasi rawa yang umum merupakan jalur yang ditumbuhi hutan bakau atau mangrove (*Rhizophora* sp., *Bruguiera* sp.), dan masih dipengaruhi oleh air pasang melalui sungai-sungai kecil (*creeks*). Di belakang hutan mangrove, terdapat jalur wilayah yang dipengaruhi oleh air payau (*brackish water*), dan ditumbuhi vegetasi nipah (*Nipa fruticans*). Selanjutnya, di bagian terluar yang masih dipengaruhi oleh pasang surut, biasanya didominasi oleh vegetasi rambai (*Sonneratia* sp.), api-api (*Avicennia* sp.), dan jeruju (*Acanthus licifolius*), dan di belakangnya ke arah daratan ditumbuhi oleh hutan bakau/mangrove, dengan tumbuhan bawah buta-buta (*Excoecaria agallocha*), dan pial (*Acrostichum aureum*). Jalur bakau ini lebarnya beragam dan dapat mencapai 1,5-2 km ke arah darat (Subagyo, 2006).

c. Strategi Adaptasi

Strategi adaptasi yang dilakukan oleh vegetasi di daerah rawa-rawa, yaitu selain harus mampu menyesuaikan diri terhadap lingkungan yang berair dan berlumpur, juga harus memiliki kemampuan untuk menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan yang berkadar garam tinggi (tumbuhan halophyta). Oleh karena itu, mereka umumnya mempunyai adaptasi khusus yang memungkinkan untuk tumbuh dan berkembang dalam substrat/lahan mangrove seperti kemampuan berkembang biak yang unik, toleransi terhadap kadar garam tinggi, kemampuan bertahan terhadap perendaman oleh pasang surut, memiliki pneumatophore atau akar napas, bersifat sukulentis dan kelenjar yang mengeluarkan garam.

4. Muara Sungai (*Estuary*)

²²Rodwell, J. S. (1995). *British Plant Communities: aquatic communities, swamps and tall-herb fens*. Cambridge, UK: Cambridge University Press

a. Kondisi Geograis dan Daerah Sebarannya

Muara adalah wilayah badan air tempat masuknya satu atau lebih sungai ke laut, samudra, danau, bendungan, atau bahkan sungai lain yang lebih besar. Lingkungan muara sangat dipengaruhi oleh kondisi air daratan seperti aliran air tawar dan sedimen, serta air lautan seperti pasang-surut, gelombang, dan masuknya air asin ke darat.

Tanah di lingkungan muara dan mangrove pada umumnya berupa butiran-butiran yang sangat halus dan kadang-kadang berwarna hitam. Butiran yang berwarna hitam adalah besi sulida atau besi kristalin (FeS_2).²³ Substrat dasarnya terbentuk secara bertahap oleh proses sedimentasi/pengendapan yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut sehingga butiran-butiran lumpurnya sangat halus (lumpur). Substrat dasar seperti ini kurang memungkinkan untuk tersedianya rongga-rongga udara di dalam tanah, sehingga ketersediaan oksigennya juga sangat terbatas. Salah satu kondisi lingkungan muara ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 7.5: Salah satu muara dari Nisqually River di wilayah timur laut Thurston County, Washington, saat air laut surut.²⁴

²³Arif, A. (2001). *Hutan dan Kehutanan*. Yogyakarta: Kanisius
²⁴Griffin, S. (2015). Nisqually Estuary at tide low. Retrieved from <http://ineart.america.com/featured/nisqually-estuary-at-low-tide-sean-griffin.html>

b. Karakteristik Vegetasi

Kondisi lingkungan muara cenderung bersifat labil, karena lingkungan isik maupun kimianya setiap hari terus mengalami perubahan seiring pasang surut air laut dan pola arus. Oleh karena itu kondisi lingkungan yang terbentuk sangat marjinal, yang ditandai dengan lingkungan yang berair, berlumpur, dan ketersediaan oksigen yang sangat terbatas, serta berkadar garam tinggi. Dengan demikian, maka hanya jenis-jenis tumbuhan yang dapat beradaptasi dengan lingkungan marjinal itulah yang dapat tumbuh.

Lingkungan muara kurang cocok untuk makroalga, selain karena substratnya berlumpur, juga karena minimnya sinar matahari. Kondisi ini menyebabkan terbentuknya dua lapisan, yaitu lapisan bawah tanpa tumbuhan hidup dan lapisan atas mempunyai tumbuhan yang terbatas. Di daerah hilir muara kadang-kadang terdapat padang rumput laut (*Zostera* dan *Cymodeca*).

c. Strategi Adaptasi

Seperti halnya dengan vegetasi di rawa-rawa, tumbuhan yang tumbuh di muara juga harus mampu melakukan adaptasi untuk dapat menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan yang berair dan berlumpur, serta berkadar garam tinggi. Selain mangrove, dua jenis tumbuhan lain yang sangat terkenal sebagai *halophylic plant* (*salt-loving*) adalah *smooth cordgrass* dan *glasswort*. *Smooth cordgrass/ saltmarsh cordgrass* (*Spartina alterniflora* Loisel.), merupakan salah satu rerumputan yang mampu hidup di lingkungan muara atau rawa garam. Jenis rumput ini dikenal sebagai “*the single most important marsh plant species in the estuary*”, selain karena akarnya memiliki ilter khusus yang mampu memisahkan garam saat menyerap air, juga dapat membuang kelebihan garam dalam jaringan tubuhnya melalui daunnya. Sementara itu, *glasswort* (*Salicornia* sp.: *Amaranthaceae*) sangat toleran terhadap daerah berkadar garam tinggi (*pannes*), maupun daerah kering, karena batangnya yang sukulen (*succulent*), yang digunakan untuk menyimpan air, mirip kaktus. *Glasswort* merupakan tumbuhan perintis atau pionir (*pioneer*) dalam proses kolonisasi di daerah

rawa garam yang masih kosong yang dikenal memiliki kadar garam tinggi --suatu daerah yang bagi tumbuhan lain sangat sulit untuk bisa bertahan hidup. Tumbuhan jenis ini tidak memerlukan banyak air karena kebutuhan air dicukupi dari batangnya yang sukulen.

5. Laut (*Marine Ecosystem*)

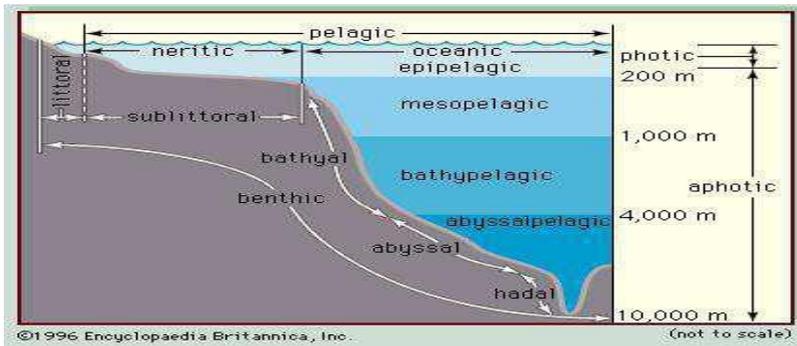
a. Kondisi Geografis dan Daerah Sebarannya

Ekosistem laut (*marine ecosystem*) atau disebut juga ekosistem bahari, merupakan ekosistem yang terdapat di perairan laut, terdiri atas ekosistem pantai pasir dangkal/bitarol, ekosistem pasang surut, dan ekosistem perairan dalam. Ekosistem ini tersebar di seluruh dunia.

Ekosistem air laut memiliki ciri-ciri umum sebagai berikut:

- 1) salinitasnya tinggi, semakin mendekati khatulistiwa semakin tinggi,
- 2) kandungan mineralnya hampir 75% didominasi oleh NaCl,
- 3) tidak terlalu dipengaruhi oleh kondisi iklim dan cuaca, _____
- 4) memiliki variasi perbedaan suhu di permukaan dengan di kedalaman.

Pembagian zona ekosistem air laut dimulai dari pantai hingga ke tengah laut yaitu sebagai berikut: 1). Zona litoral (pasang surut), merupakan daerah yang terendam saat terjadi pasang dan seperti daratan saat air laut surut. 2). Zona neritik, merupakan daerah laut dangkal, kurang dan 200 m. Zona ini dapat ditembus cahaya matahari dan banyak dihuni ganggang laut dan ikan. 3). Zona batial, memiliki kedalaman air 200 m – 2.000 m dan keadaannya remang-remang. Di zona ini tidak ada produsen, melainkan dihuni oleh nekton (organisme yang aktif berenang), 4). Zona abisal, merupakan daerah palung laut yang keadaannya gelap. Kedalaman air di zona abisal lebih dan 2.000 m (Gambar 7.5).



Gambar 7.6: Pembagian lingkungan laut.²⁵

Berdasarkan intensitas cahaya matahari yang menembus air, ekosistem air laut dibagi menjadi beberapa zona (daerah), yaitu sebagai berikut: 1). Zona fotik, merupakan daerah yang dapat ditembus cahaya matahari, kedalaman air kurang dari 200 meter. Organisme yang mampu berfotosintesis banyak terdapat di zona fotik. 2). Zona twilight, merupakan daerah dengan kedalaman air 200 - 2.000 meter. Cahaya matahari remang-remang sehingga tidak efektif untuk fotosintesis. 3). Zona afotik, merupakan daerah yang tidak dapat ditembus cahaya matahari sehingga selalu gelap. Kedalaman air lebih dari 2.000 meter.

b. Karakteristik Vegetasi

Ekosistem laut terdiri atas beberapa bagian, yaitu: pantai batu, pantai pasir, hutan mangrove, muara, terumbu karang, dan laut dalam. Setiap daerah tersebut memiliki jenis vegetasi yang khas.

1. Pantai batu, terdiri atas bongkahan batu besar maupun kecil. Jenis tumbuhan yang terdapat di sini adalah ganggang cokelat dan ganggang merah.
2. Pantai pasir, merupakan hamparan pasir yang terkena hampasan ombak. Di tempat ini angin bertiup kencang

²⁵Kingsford, M. J. (2015). Marine ecosystem. Encyclopædia Britannica Retrieved from <http://www.britannica.com/science/marine-ecosystem>

dan sinar matahari sangat panas pada siang hari. Dua formasi tumbuhan yang dominan adalah pes-caprae, dan barringtonia. Formasi pes-caprae terdiri atas tanaman berbatang lunak dan berbiji (terna), misalnya *Ipomoea pes-caprae* (L.) R.Br. (Convolvulaceae), (*Vigna marina* (Burm.f) Merr. (Fabaceae), dan *Spinifex littoreus* L. (Poaceae). Formasi barringtonia terdiri atas perdu dan pohon, misalnya *Barringtonia asiatica* L. (Kurz.), *Terminalia catappa* L., (Combretaceae) Erythrina, *Hibiscus tiliaceus* (L.) Fryxell. (Malvaceae), dan Hernandia.

3. Hutan mangrove, zone ini didominasi oleh tanaman bakau (*Rhizophora* sp.), kayu api (*Avicennia* sp.), dan bogem (*Bruguiera* sp.).
4. Muara, seperti telah dijelaskan terdahulu bahwa zona ini didominasi oleh dan tumbuhan mangrove.
5. Terumbu karang, didominasi oleh alga dan lamun. Lamun (*seagrass*) menurut Hartog (1970 dalam Koswara, 1992) adalah tumbuhan berbunga (Angiospermae) yang terdiri atas 2 suku, 12 marga, dan 48 jenis.

c. Strategi Adaptasi

Berbagai strategi adaptasi dilakukan oleh tumbuhan untuk menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan di laut yang khas, misalnya yang terkait dengan kondisi arus laut, substrat yang berair dan berlumpur, dan ketersediaan oksigen yang sangat terbatas, serta tingkat salinitas yang sangat tinggi. Kekhasan struktur morfologis, anatomis maupun isiologis yang dimilikinya merupakan strategi adaptasi guna menyesuaikan diri dengan lingkungan tempat tumbuhnya.

Adaptasi tumbuhan mangrove terhadap lingkungan tumbuhnya yang ekstrem, antara lain dilakukan dengan: 1) sistem perakaran yang khas, dan lentisel sebagai tanggapannya terhadap kondisi tanah yang jenuh air, 2) adanya kelenjar garam pada golongan *secreter*, dan kulit yang mengelupas pada golongan *non secreter*, dan 3) struktur dan posisi daun yang khas, sebagai respon

terhadap radiasi sinar matahari dan suhu yang tinggi (Onrizal, 2005).

Berkaitan dengan sistem perakaran, maka formasi terluar biasanya ditempati pohon bakau (*Rhizophora* spp.) yang mampu bertahan dari hempasan gelombang karena memiliki akar tunjang (*stilt root*). Jenis api-api (*Avicennia* spp.) dan pidada (*Sonneratia* spp.) menumbuhkan akar nafas (*pneumatophora*) yang muncul dari substrat berlumpur untuk mengambil oksigen dari udara. Jenis kendea (*Bruguiera* spp.) mempunyai akar lutut (*knee root*), dan pohon nirih (*Xylocarpus* spp.) mempunyai akar papan yang berkelok-kelok; keduanya dimaksudkan untuk menopang tegaknya pohon di atas tanah berlumpur, sekaligus untuk memperoleh oksigen bagi pernapasannya (Onrizal, 2005).

Kemampuan tumbuhan mangrove untuk hidup di lingkungan yang salin juga ditopang oleh ketersediaan kelenjar garam (*salt gland*), yakni jaringan-jaringan khusus yang terdapat di daunnya (*secreter*), misalnya pada *Avicennia* spp., *Aegiceras* spp., dan *Aegialitis* spp. yang dimilikinya. Sementara itu, yang tidak memiliki *secreter*, misalnya pada *Rhizophora* spp., *Bruguiera* spp., *Lumnitzera* spp., dan *Sonneratia* spp., kelebihan garam dalam jaringan dikeluarkan melalui pengelupasan kulit dan diakumulasikan pada daun tua yang gugur.

Struktur daun yang khas yang dimiliki tumbuhan mangrove sebagai responnya terhadap lingkungan salin, ditandai dengan kutikula yang tebal, adanya lapisan lilin, stomata yang tersembunyi; yang semuanya berada pada permukaan abaksial pada jenis-jenis tertentu, misalnya *Osbornia* spp., *Laguncularia* spp., *Lumnitzera* spp., dan *Sonneratia* spp. Mekanisme yang lain, dilakukan melalui proses fisiologis, dengan mengatur bukaan stomata. Mengingat sukarnya memperoleh air tawar, vegetasi mangrove harus berupaya mempertahankan kandungan air di dalam tubuhnya, padahal lingkungan lautan tropika yang panas mendorong tingginya penguapan. Untuk menekan laju transpirasi, beberapa jenis tumbuhan bakau mampu melakukannya dengan mengatur bukaan mulut daun (*stomata*) dan arah hadap permukaan daun di siang hari yang terik, guna mengurangi evaporasi dari daun.

Sama halnya dengan tumbuhan mangrove, tumbuhan lamun juga memiliki kemampuan beradaptasi untuk menyesuaikan diri dengan lingkungan tumbuhnya yang khas untuk laut dangkal. Berbagai kemampuan tersebut, diantaranya: mampu hidup di media air asin, mampu secara langsung menyerap zat hara dari kolom air melalui daunnya, mampu berfungsi normal dalam keadaan terbenam (karena mempunyai saluran udara yang berkembang di daun dan tangkainya, sehingga tidak menjadi masalah dalam mendapatkan oksigen meskipun lamun berada di bawah permukaan air), mempunyai sistem perakaran jangkar yang berkembang baik sehingga tahan terhadap arus laut, dan mampu melaksanakan penyerbukan dan daur generatif dalam keadaan terbenam dalam air.

Macam-Macam Ekosistem Buatan

1. Agroekosistem

a. Pengertian Agroekosistem

Agroekosistem merupakan bentuk ekosistem binaan manusia yang ditujukan untuk memperoleh produksi pertanian dengan kualitas dan kuantitas tertentu. Hamparan lahan pertanian merupakan suatu ekosistem binaan, yaitu ekosistem yang telah mendapat campur tangan manusia sehingga struktur dan dinamikanya berbeda dengan ekosistem alami (Gambar 10.1)



Gambar 10.1: Beberapa bentuk ekosistem pertanian

b. Karakteristik Agroekosistem

Agroekosistem memiliki beberapa karakteristik yang khas, diantaranya: (1). umumnya memiliki keanekaragaman biotik dan genetik yang rendah dan cenderung semakin seragam, merupakan ekosistem yang tidak stabil dan rawan terhadap peningkatan populasi spesies hama, (2). merupakan sistem yang dinamik bervariasi dari waktu ke waktu lainnya dan dari satu tempat ke tempat lainnya, (3). sangat peka terhadap berbagai perubahan baik yang terjadi di dalam maupun di luar ekosistem.

c. Perbedaan Antara Agroekosistem dan Ekosistem Alami

Meskipun agroekosistem sudah mendapat campur tangan manusia, beberapa ciri ekosistem masih dapat ditemukan, seperti komponen ekosistem, aliran energi, materi dan informasi, dan jaring-jaring makanan. Ciri-ciri tersebut melahirkan sifat ekosistem bersangkutan yang terdiri atas produktivitas (*productivity*), keberlanjutan (*stability*), pemerataan (*equitability*), dan keberlanjutan (*sustainability*). Ekosistem alami mempunyai produktivitas rendah sampai sedang, stabilitas sedang sampai

Ekologi Tumbuhan

tinggi, serta pemerataan dan keberlanjutan yang tinggi. Sementara itu, ekosistem binaan (agroekosistem) mempunyai produktivitas rendah sampai tinggi, keberlanjutan rendah sampai sedang, pemerataan rendah sampai sedang, dan keberlanjutan rendah sampai sedang. Semua sifat ekosistem tersebut sebenarnya berkaitan dengan PHT karena PHT berkisar pada populasi hama pada satu aras yang tidak merugikan.

d. Komponen Agroekosistem

Menurut Widjajanto dan Sumarsono (2005), komponen agroekosistem dan interaksinya terdiri atas: tanah, biota tanah, vegetasi, manusia teknologi, nutrisi/ pemupukan, pestisida, hewan ternak, sungai/air. Selain unsur-unsur tersebut, komponen lain dari agroekosistem adalah unsur iklim, yang pengaruhnya di luar kendali manusia.

e. Kriteria Agroekosistem Yang Sehat

Relung ekologi bagi keanekaragaman fungsional, dengan banyak relung (fungsi) yang berbeda dan ditempati oleh beragam jenis spesies, dengan kata lain, dengan suatu tingkat keanekaragaman yang tinggi, cenderung lebih stabil dari pada yang ditempati oleh satu spesies saja (seperti dalam budidaya monokultur). Jika keanekaragaman fungsional bisa dicapai dengan mengkombinasikan spesies tanaman dan hewan yang memiliki ciri saling melengkapi dan yang saling berhubungan dalam interaksi sinergetik dan positif, maka bukan hanya kestabilan yang bisa diperbaiki namun juga produktivitas sistem pertanian dengan input rendah.

Salah satu upaya untuk menghasilkan agroekosistem yang sehat adalah dengan memperbanyak keragaman genetik, melalui pola tumpang sari. Pola ini, selain untuk meningkatkan produktivitas lahan, juga untuk menekan risiko serangan OPT.

Peningkatan keragaman vegetasi melalui sistem tanam tumpangsari merupakan praktek budidaya yang mudah diterima oleh petani. Walaupun demikian, pemilihan jenis tanaman yang akan ditumpangsarikan dan sistem tanam yang tepat perlu dipertimbangkan untuk mendapatkan produktivitas lahan yang

optimal dan mempunyai keuntungan sosial dan ekonomi yang sesuai dengan lokasi setempat (spesifik lokasi). Penerapan sistem tumpangsari hendaknya tidak menurunkan produksi secara nyata dari tanaman-tanaman yang dipadukan. Oleh karena itu diperlukan pengetahuan tentang pengaturan jarak tanam, populasi tanaman, serta umur panen untuk diterapkan dengan mempertimbangkan aspek pengendalian hama dan produktivitas lahan yang optimal.

f. Pengelolaan Agroekosistem yang Berkelanjutan

Pengelolaan agroekosistem untuk mendapatkan produksi yang berkelanjutan dan sesedikit mungkin berdampak negatif terhadap lingkungan dan sosial, serta input rendah dimungkinkan dengan menerapkan prinsip-prinsip ekologi sebagai berikut (Reijntes *et al.*, 1992):

- 1) Meningkatkan daur ulang dan optimalisasi ketersediaan dan keseimbangan alur hara. Prinsip ini dapat dilakukan dengan melakukan rotasi dengan tanaman-tanaman pupuk hijau.
- 2) Memantapkan kondisi tanah untuk pertumbuhan tanaman dengan mengelola bahan organik dan meningkatkan biota tanah. Pemberian biomassa pada lahan akan menambah bahan organik yang selanjutnya akan meningkatkan biota tanah yang berguna dalam peningkatan kesuburan tanah.
- 3) Meminimalkan kehilangan karena keterbatasan ketersediaan air melalui pengelolaan air. Air dibutuhkan tanaman untuk dapat berproduksi optimal, sehingga ketersediaannya pada waktu dan jumlah yang cukup, sangat berpengaruh terhadap produktivitas lahan. Pengelolaan air dapat dilakukan dengan teknik-teknik pengawetan air tanah.
- 4) Meningkatkan keragaman spesies dan genetik dalam agroekosistem, sehingga terdapat interaksi alami yang menguntungkan dan sinergi dari komponen-komponen agroekosistem melalui keragaman hayati.
- 5) Karakteristik vegetasi yang terdapat di lingkungan agroekosistem

Vegetasi yang terdapat di lingkungan agroekosistem didominasi oleh tanaman pangan (padi dan palawija) untuk di lingkungan persawahan dan tegalan, dan tanaman tahunan (tanaman-tanaman keras) untuk di lingkungan perkebunan. Khusus di lingkungan sawah, jenis tanaman yang banyak dibudidayakan adalah tanaman semusim (*annual*), terutama padi dan palawija, dan sebagian kecil tanaman dua musim (*biennial*), misalnya tebu, dengan sistem monokultur. Kondisi yang demikian itu yang menyebabkan ekosistem ini rentan terhadap guncangan, baik yang datang dari eksternal, maupun internal. Salah satu contohnya adalah seringnya terjadi serangan OPT (hama dan penyakit). Sementara itu, di lingkungan perkebunan, lebih banyak ditanami dengan tanaman tahunan/tanaman keras (*perennial*), sehingga relatif lebih stabil dibandingkan dengan lingkungan sawah.

2. Waduk

a. Pengertian Waduk

Waduk adalah kolam besar tempat menyimpan air sediaan untuk berbagai kebutuhan. Waduk dapat terjadi secara alami maupun dibuat manusia. Waduk buatan dibangun dengan cara membuat bendungan yang lalu dialiri air sampai waduk tersebut penuh (Gambar 10.2).



Gambar 10.2: Beberapa tumbuhan air yang terdapat di waduk

b. Manfaat Waduk

Beberapa manfaat yang mampu diberikan sebuah waduk di antaranya adalah:

1) Irigasi

Pada saat musim hujan, air hujan yang turun di daerah tangkapan air sebagian besar akan mengalir ke sungai-sungai, air itu dapat ditampung sehingga pada musim kemarau air yang tertampung tersebut dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, antara lain untuk irigasi lahan pertanian.

2) Penyediaan Air Baku

Waduk selain sebagai sumber untuk pengairan persawahan juga dimanfaatkan sebagai bahan baku air minum dimana diperkotaan sangat langka dengan air bersih.

3) Sebagai PLTA

Dalam menjalankan fungsinya sebagai PLTA, waduk dikelola untuk mendapatkan kapasitas listrik yang dibutuhkan. Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) adalah suatu sistem pembangkit listrik yang biasanya terintegrasi dalam bendungan dengan memanfaatkan energi mekanis aliran air untuk memutar turbin, diubah menjadi energi listrik melalui generator.

4) Pariwisata dan olahraga Air

Dengan pemandangan yang indah waduk juga dapat dimanfaatkan sebagai tempat rekreasi dan selain tempat rekreasi juga dimanfaatkan sebagai tempat olahraga air maupun sebagai tempat latihan para atlet olahraga air.

5) Pengendali banjir

Dengan dibangunnya waduk maka kemungkinan terjadinya banjir pada musim hujan dapat dikurangi dan pada musim kemarau air yang tertampung tersebut dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, antara lain untuk pembangkit listrik tenaga air, untuk irigasi lahan pertanian, untuk perikanan, untuk pariwisata dan lain sebagainya

6) Karakteristik vegetasi waduk

Waduk merupakan ekosistem buatan/binaan manusia, yang wujud isik utamanya adalah perairan. Oleh karena itu, karakteristik vegetasinya relatif sama dengan vegetasi yang terdapat di lingkungan danau. Vegetasinya didominasi oleh

tumbuh-tumbuhan yang teradaptasi baik dengan lingkungan air (*hydrophyte*), baik yang hidupnya melayang bebas, mengapung, mengapung dengan akar di dasar air, maupun semua bagian tubuhnya terendam di dalam air.

3. Hutan kota

a. Pengertian dan Dasar Hukum

Menurut PP No. 63 tahun 2002, hutan kota adalah suatu hamparan lahan yang bertumbuhan pohon-pohon yang kompak dan rapat di dalam wilayah perkotaan baik pada tanah negara maupun tanah hak, yang ditetapkan sebagai Hutan Kota oleh pejabat yang berwenang dengan tujuan untuk kelestarian, keserasian dan keseimbangan ekosistem perkotaan yang meliputi unsur lingkungan, sosial dan budaya. Keberadaan hutan kota diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 63 tahun 2002 tentang Hutan kota. Berdasarkan peraturan tersebut sebuah kota harus memiliki kawasan hutan kota setidaknya 10% dari luas wilayahnya (Gambar 10.3)

b. Bentuk Hutan Kota

Hutan kota bisa memiliki berbagai bentuk, seperti hutan di pinggiran jalan tol, pinggiran jalan kereta, tepian danau, taman di permukiman dan lain-lainnya. Kelompok pepohonan tersebut layak disebut hutan kota apabila memiliki luas sekurang-kurangnya 0,25 hektar. Menurut Kementerian Kehutanan, hutan kota memiliki tiga bentuk, yaitu: (1). Bentuk jalur, biasanya dibangun di sepanjang jalan tol atau kereta api. Juga bisa memanfaatkan sempadan sungai, danau dan pantai. Hutan kota yang berbentuk jalur setidaknya memiliki lebar 30 meter; (2). Bentuk kompak, berupa kelompok pepohonan dalam satu hamparan yang menyatu; (3). Bentuk menyebar, hutan tersebut bisa berbentuk jalur atau berkelompok yang dipisahkan oleh pembatas seperti bangunan atau jalan, tetapi berada dalam satu pengelolaan.



Gambar 10. 3: Beberapa contoh hutan kota

c. Manfaat Hutan Kota

Dilihat dari manfaat ekonomi jangka pendek, hutan kota seperti tidak menguntungkan bagi sebuah kota. Padahal tidak demikian, manfaatnya sangat banyak termasuk manfaat ekonomi. Berikut beberapa manfaat hutan kota, di antaranya:

- 1) Estetika, lautan beton dan gedung-gedung pencakar langit memang bisa membentuk lansekap kota yang indah. Namun keindahan tersebut akan menjadi gersang bila tidak selingi hijaunya pepohonan. Paduan keindahan alami dan bangunan-bangunan manusia bisa membentuk kota yang lebih estetik. Tak jarang, kota-kota besar di dunia menjadi terlihat lebih indah karena memiliki taman-taman yang hijau dan rimbun.
- 2) Hidrologis, tanah hutan dan pepohonan yang menutupinya mempunyai kemampuan mengatur tata air. Pada musim hujan, bisa menampung air hujan agar tidak langsung mengalir ke tempat lebih rendah sehingga mengurangi resiko banjir. Sedangkan pada musim kemarau bisa menyediakan air tanah yang disimpannya untuk digunakan warga kota.
- 3) Klimatologis, keberadaan hutan kota bisa mempengaruhi iklim mikro di sekitarnya, seperti menurunkan suhu permukaan tanah. Sehingga kota yang memiliki banyak hutan akan terasa lebih sejuk. Hal ini akan sangat bermanfaat terutama bagi kota-kota beriklim tropis seperti di Indonesia.
- 4) Habitat satwa, hutan kota bukan saja tempat koleksi tumbuhan. Ekosistemnya juga dimanfaatkan oleh berbagai jenis satwa. Kita tahu, ruang hidup satwa di perkotaan

semakin terdesak. Keberadaan hutan kota bisa memberikan perlindungan bagi satwa-satwa tersebut.

- 5) Menekan polusi, kota-kota besar biasanya sarat polusi baik itu udara maupun air. Keberadaan pepohonan bisa menekan polusi berbahaya. Daun-daun yang rimbun mampu menyaring debu, kotoran dan gas berbahaya lainnya.
- 6) Penyimpan karbon, gas CO₂ merupakan salah satu gas rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global. Hutan atau pepohonan merupakan penyerap gas CO₂ yang efektif dari udara, kemudian dalam bentuk biomasa seperti kayu dan dedaunan.
- 7) Edukatif, hutan kota bisa menjadi tempat untuk pendidikan lingkungan terutama bagi anak-anak. Banyak hal yang bisa dipelajari dari sebuah ekosistem alam, terutama yang berhubungan dengan ilmu hayati. Selain itu, bisa menggugah kesadaran masyarakat akan pentingnya melestarikan alam.
- 8) Rekreatif, kawasan hutan kota bisa dijadikan tempat untuk melepas lelah atau untuk melepas stres dari penatnya kehidupan kota. Masyarakat juga bisa memanfaatkannya untuk kegiatan olah raga, seperti jogging atau bersepeda.
- 9) Ekonomi, bila pengelolaannya baik, hutan kota bisa menjadi daya tarik pariwisata. Banyak kota besar di dunia yang “menjual” keberadaan hutan kota kepada para pelancong. Dampak ekonomi pariwisata bisa langsung melalui pemungutan tiket masuk maupun tidak langsung seperti bisnis hotel, restoran, kerajinan souvenir dan bisnis masyarakat lainnya.

d. Karakteristik Vegetasi Hutan Kota

Vegetasi hutan kota didominasi oleh tumbuh-tumbuhan dengan batang yang kokoh dan tajuk yang relatif lebar, yang ditujukan untuk memberikan pencahayaan. beberapa di antaranya adalah: eukaliptus, angsa, kenari, dan mahoni. Namun, jika dilihat dari pepohonannya, hutan kota bisa dibedakan menjadi hutan berstrata dua yaitu hutan yang terdiri atas pepohonan yang membentuk tajuk tinggi dan rumput-rumput penutup

tanah. Hutan berstrata banyak, yaitu terdiri atas pepohonan yang membentuk tajuk tinggi, semak belukar, liana, epifit, tanaman

merambat lain dan penutup tanah seperti rerumputan.

Secara umum, faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam memilih pohon untuk penghijauan kota antara lain:

- 1) Perakaran yang dalam, kuat, tidak mudah tumbang dan tidak mudah menggugurkan ranting dan daun.
- 2) Mampu tumbuh di tempat terbuka dan di berbagai jenis tanah
- 3) Pertumbuhannya cepat dan tahan terhadap gangguan isik
- 4) Tidak memerlukan perawatan yang intensif, berumur panjang, dan tahan terhadap kekurangan air
- 5) Pohon-pohon langka dan unggulan setempat
- 6) Pohon-pohon penghasil bunga/buah/biji yang bernilai ekonomis.
- 7) Pohon-pohon yang teduh, indah, penghasil buah yang disenangi burung, kupu-kupu dan sebagainya
- 8) Pohon-pohon yang mempunyai evapotranspirasi rendah untuk daerah yang bermasalah dengan menipisnya air tanah dan intrusi air laut.
- 9) Pohon-pohon yang dapat berfungsi mengurangi abrasi untuk daerah pantai

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. (2004). *Falsafah Kalam di Era Post Modernisme*. Yogyakarta: Pustaka.
- Aldrian, E. (2003). Simulations of Indonesian rainfall with a Hierarchy of Climate Models. Examensarbeit Nr. 92, [Available from Max-Planck - Institut für Meteorologie, Bundesstrasse 55, D-20146, Hamburg, Germany.],
- Allaby, M. (2004). A Dictionary of Ecology. 2004. Retrieved September 29, 2015 from <http://www.encyclopedia.com/doc/1014-halosere.html>
- Anonim. (2006). Pengantar Ekologi Tumbuhan. Program INHERENT-USU Medan 2006.
- Arif, A. (2001). Hutan dan Kehutanan. Yogyakarta: Kanisius.
- Arsan, C. (2015). Ant-plant interaction: from mutualistic to antagonist interaction. Retrieved from <https://plantinteractions.wikispaces.com/Cybele>
- Bareja, B. G. (2013). The Importance of Water in Plants and in Crop Agriculture: A Climatic Factor. Retrieved from <http://www.cropsreview.com/importance-of-water.html>
- Barbour, G.M., Burk, J. K., & Pitts. W.D. (1987). *Terrestrial Plant Ecology*. 2nd Ed. 157. New York: Benjamin/ Cumming Publishing. Inc. Reading. Maine.
- Bell, D. (2014). How the sunlight affects plant growth. Retrieved from <http://www.thetreeguy.co.nz/>
- Board, J. E. (2013). "A Comprehensive Survey of International Soybean Research - Genetics, Physiology, Agronomy and Nitrogen Relationships", ISBN 978-953-51-0876-4,
- Broughton, W. J. (2003). *Roses by other names: Taxonomy of the Rhizobiaceae*. J. Bacteriol., 185(10), 2975-2979
- Chandler, C., Cheney, P., Thomas, P., Trabaud, L. & Williams, D. (1983). *Fire In Forestry Vol I: Forest Fire Behavior and Effects*. Canada: John Wiley and Sons.
- Chen, S.T. & Wu, Q. (2010). What form of phytochrome is responsible for each of these physiological effects? Retrieved from <https://wiki.bio.purdue.edu/boil..>

- Chhabra, K. (2014). Who causes Forest Fire-Nature or Human Beings? Retrieved from <http://followgreenliving.com/causes-forest-ire-nature-human-beings/>
- Cook, C. D. K., Gut, C. B. J., Rix, E.M. & Schneller, J. (1974). Water plant of the world. New York: Springer Science & Business Media
- Countryman, C.M. (1975). The nature of heat: Heat-Its role in wildland ire. Part I. USDA for. Serv. Pac. Southwest For. and Range Exp. Stn. Barkeley. Calif.
- Craves, J. (2006). What is shade-grown coffee? Retrieved from <http://www.coffeehabitat.com/>
- Christiansen, C. T. (2012). The Oposing Paradigms in Resource Limitation on Plant Growth. Retrieved from <http://post.queensu.ca/~biol953/>
- Dulcie, K. (2004). Revise for Geography AS: Edexcel specification B. Oxford: Heinemann. Retrieved from http://www.worldcat.org/title/-/oclc/56448898#PublicationEvent/oxfordheinemann_2004.
- Eagleman, Jr. (1985). *Meteorology, the Atmosphere in Action*. Belmont, California: Wadsworth Publishing Co.
- Encyclopædia Britannica, 2015. Water cycle. Retrieved from <http://www.britannica.com/science/water-cycle>
- Fao, W., Wanli, Y. & Fang, Y. (2013). Relocation: the move into modernity. Retrieved from http://europe.chinadaily.com.cn/china/2013-02/19/content_16235927.htm
- Ferguson, B. J. (2013). The Development and Regulation of Soybean Nodules. In Board, J.E. (ed.) *A Comprehensive Survey of International Soybean Research - Genetics, Physiology, Agronomy and Nitrogen Relationships*.
- Freeman, B.C. & Beattie, G.A. (2008). An Overview of Plant Defenses against Pathogens and Herbivores. *The Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-I-2008-0226-01.
- Greig-Smith, P. (1983). *Quantitative Plant Ecology*. Oxford: Blackwell Scientific Publication

- Gepts, P. (2004). Plants and animal domestication as human made evolution. AIRS-NABT, Chicago.
- Gillani, A. (2011). Which is a Famous Desert in Africa. Retrieved from <http://www.einfopedia.com/which-is-a-famous-desert-in-africa.php>
- Griffin, S. (2015). Nisqually Estuary at tide low. Retrieved from <http://ineart-america.com/featured/nisqually-estuary-at-low-tide-sean-griffin.html>
- Hadisubroto, H. (1990). Ekologi Dasar. Surabaya: University Press IKIP Surabaya.
- Haines, A. (2015). Plant form: *Cuscuta gronovii*. Retrieved from <https://gobotany.newenglandwild.org/species/cuscuta/gronovii/?pile=alternate-remaining-non-monocots>
- Hanaiah, K.A. (2005). Dasar-dasar Ilmu Tanah. Jakarta: Graindo Persada.
- Hannelius, S. & Kuusela, K. (1995). The Country of evergreen forests. Finland: Forssan Kirjapaino Oy.
- Hardjowigeno, S. (1993). Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis. Jakarta: Akademika Pressindo,
- Hasanah, M., Tangkas, I.M. & Sakung, J. (2012). The Natural insecticide capacity of squeeze combination of cassava (*Dioscorea hispida* Dennst) and tobacco's extract (*Nicotiana tabacum* L). J. Akad. Kim. 1(4), 166-173.
- <http://forum.grasscity.com/advance-growing-techniques/508951-hunt-best-bulb-bring-sun-inside.html>. Hunt for the Best Bulb: Bring the Sun Inside
<http://www.antarafoto.com/peristiwa/v1269570006/panendini>
- <http://www.bimbie.com/curah-hujan.htm>. Curah hujan di berbagai wilayah indonesia
- <http://www.kuriositas.com/2013/09/the-twisted-trees-of-slope-point.html>
- <http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/site/soils/home/>
- <http://www.orange.wateratlas.usf.edu/photogallery>

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Savanna_towards_the_south-east_from_the_south-west_of_Taita_Hills_Game_Lodge_within_the_Taita_Hills_Wildlife_Sanctuary_in_Kenya.jpg

Jongman, R.H.G., Braak, C.J.F.T., & van Tongeren, O.F.R. (1995). *Data Analysis in Community and Landscape Ecology*. Cambridge: Cambridge University Press.

Jumin, H. B. (1992). *Ekologi Tanaman; Suatu Pendekatan Fisiologi*. Jakarta: Rajawali Press.

Jumin, H. B. (2008). *Dasar-dasar Agronomi*. Jakarta: PT Rajagraindo Persada

Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 1998. *Kebakaran Hutan dan Lahan di Indonesia (Dampak, Faktor dan Evaluasi) Jilid 1*. Jakarta

Kingsford, M. J. (2015). Marine ecosystem. *Encyclopædia Britannica* Retrieved from <http://www.britannica.com/science/marine-ecosystem>

Kiswara, W. (1992). Vegetasi Lamun (seagrass) di Rataan Terumbu Pulau Pari, Pulau-pulau Seribu, Jakarta. *Oceanologi di Indonesia*, 25, 31-49.

Kuchler, A.W. (1967). *Vegetation mapping*, 472. New York: Ronald Pr.

Kusmana, C. 1997. *Metode Survey Vegetasi*. Bogor: Penerbit Institut Pertanian Bogor

Lansigan, F. P, Santos W.L.D.L, & Coladilla, J.O. (2000). Agronomic impacts of climate variability on rice production in the Philippines. *Agric. Ecosyst Environ.*, 82, 129-137.

Latifah, S. (2005). *Analisis Vegetasi Hutan*. Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian. USU.

Limpens, E. & Bisseling, T. (2003). Signaling in symbiosis. *Current Opinion in Plant Biology*, 8, 343-350

Mahanja, O. (2014). *Selous Impala Newsletter*. Retrieved from <http://www.adventurecampstz.com/selousimpalagamediary.htm>

- Mandal, G. & Joshi, S. P. (2014). Analysis of vegetation dynamics and phytodiversity from three dry deciduous forests of Doon Valley, Western Himalaya, India. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 7(3), 292-304.
- Mardiana. (2013). Kajian tafsir tematik tentang pelestarian lingkungan hidup. *Al-ikr*, 17(1), 139-151.
- Miller, G. T. Jr. (2001). *Environmental Science: Working with the Earth*. 8th ed. Pacific Grove, CA: Brooks/Cole
- Muzila, M., (2006). *Boerhavia repens L.* In: Schmelzer, G.H. & Gurib-Fakim, A. (Editors). *Prota 11(1): Medicinal plants/Plantes médicinales 1*. [CD-Rom]. PROTA, Wageningen, Netherlands.
- Nurhadi, M. S. (2015). *Diktat Pengantar Geografi Tumbuhan*. Jurusan Pendidikan Geografi Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Yogyakarta.
- Prabaningrum, L., Moekasan, T. K., Adiyoga, W. & Gunadi, N. (2015). *Pengenalan Penyakit yang Menyerang Pada Tanaman Kentang. Modul 1 Pelatihan Budidaya Kentang Berdasarkan Konsepsi Pengendalian Hama Terpadu (PHT)*. Balai Penelitian Tanaman Sayuran (Balitsa). Jakarta.

- Prawiwardoyo. (1996). Meteorologi. Bandung: Penerbit ITB,.
- Rasydi, F. (2014). Permasalahan dan dampak kebakaran hutan. *Jurnal Lingkar Widyaiswara*, 1(4), 47-59.
- Reijntjes, C., Haverkort, B. & Waters-Bayer, A. (1992). *Pertanian Masa Depan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Ritter, J. (2015). Soil Erosion – Causes and Effects. Factsheet, OMAFRA (Ontario of Ministry of Agriculture, Food, and Rural Affairs). Retrieved from <http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/12-053.htm>.
- Rockstrom, J. (2013). *Balancing water for humans and nature: the new approach in ecohydrology*. Malin Falkenmark: Routledge
- Rodwell, J. S. (1995). *British Plant Commuinties: aquatic communities, swamps and tall-herb fens*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Scanlan, J. C. (1988). *Managing tree and shrub populations. Native pastures in Queensland their resources and management*. W. H. Burrows, J. C. Scanlan and M. T. Rutherford. Queensland, Queensland Government Press.
- Sebidos, R. (2015). Early plant breeding from wild to domesticates- A trek to evolutionary Past. Retrieved from <http://rodrigosebidos.hubpages.com/hub/Early-plant-breeding-from-wild-to-domesticates-A-trek-to-evolutionary-Past>
- Setyobudiandi, I., Sulistiono., Yulianda, F., Kusmana, C., Hariyadi, S., Damar, A., Sembiring, A., & Bahtiar. (2009). *Sampling dan Analisis Data Perikanan dan Kelautan, Terapan Metode Pengambilan Contoh di Wilayah Pesisir dan Laut*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Shanegenziuk. 2011. Benefits of shade grown, organic and fair trade coffee beans. Retrieved from <http://>

groundtground.org/..

- Shirley, S. & Ron, T. (2014). Taiga [online]. Retrieved from www.kidcyber.com.au
- Siahaan, R. & Ai, N.S. (2014). Jenis-jenis vegetasi riparian Sungai Ranoyapo, Minahasa Selatan. *Jurnal LPPM Bidang Sains dan Teknologi*, 1(1), 7-12.
- Soedarma, D., Kawaroe, M., Sunuddin, A., Madduppa, H. & Subhan, B. (2006). *Ekologi Laut Tropis*. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan. IPB. Retrieved from http://web.ipb.ac.id/~dedi_s/index.php?option=com_content&task=view&id=25&Itemid=5
- Subagyono, K., Marwanto, S. & Kurnia, U. (2003). *Teknik konservasi tanah secara vegetatif*. Balai Penelitian Tanah. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.
- Sukmawati, A. (2014). *Objek Wisata Curug, Citumang (Pangandaran)*. Retrieved from <http://www.republikwisata.info/2014/08/objek-wisata-curug-citumang-pangandaran.html>
- Sunu, P. & Wartoyo. (2006). *Dasar Hortikultura*. Buku Ajar. Jurusan Agronomi, Fakultas Pertanian, UNS. Solo.
- Suratmo, Gunarwan, F., Husaeni, E.A. & Jaya, N.S. (2003). *Pengetahuan Dasar Pengendalian Kebakaran Hutan*. Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- The Pennsylvania State University. (2003). *Exit of Water Vapor from Plants*. Retrieved from <http://www.personal.psu.edu/faculty/a/s/asm4/turfgrass/education/turgeon>
- Tjasyono, B.H.K. (2004). *Klimatologi*. Bandung: Penerbit ITB.
- Tothill, J. C. & Gillies, C. (1992). *The pasture lands of northern Australia*. Brisbane, Tropical Grassland Society of Australia.
- University of California, (2013). *Aggressive fungal pathogen*

causes mold in fruits, vegetables. Retrieved from <http://www.sciencedaily.com/releases..>

van der Ploeg, Böhm, W. & Kirkham, M. B. (1999). History of soil science: On the origin of the theory of mineral nutrition of plants and the law of the minimum. *Journal of Soil Science Society of America*, 63,1055-1062

USF Water Institute, (2015). Red Lake. School of Geosciences, College of Arts and Sciences, University of South Florida. Retrieved from <http://www.orange.wateratlas.usf.edu/photogallery>

Winter, T. C. (2015). Hydrologic Cycle. Retrieved from <http://www.waterencyclopedia.com/Hy-La/Hydrologic-Cycle.html>

Wiradisastra. (1999). *Geomorfologi dan Analisis Lanskap*. Laboratorium Penginderaan Jauh dan Kartografi, Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Wong, T. (2014). Effects of humidity on plant growth. Retrieved from <http://hydroponicsupplieswarehouse.com/>

