

Masni Veronika Situmorang, S.Pd., M.Pd.



BIOLOGI DASAR

BIOLOGI DASAR

Masni Veronika Situmorang, S.Pd., M.Pd.



BIOLOGI DASAR

Penulis:
Masni Veronika Situmorang

Desain Cover:
Ridwan

Tata Letak:
Aji Abdullatif R

Proofreader:
Via Silvira F

ISBN:
978-623-6608-14-2

Cetakan Pertama:
Agustus, 2020

Hak Cipta 2020, Pada Penulis

Isi di luar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2020
by Penerbit Widina Bhakti Persada Bandung
All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT:
WIDINA BHAKTI PERSADA BANDUNG
Komplek Puri Melia Asri Blok C3 No. 17 Desa Bojong Emas
Kec. Solokan Jeruk Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat

Anggota IKAPI Jawa Barat
No.360/ALB/JBA/2020

Website: www.penerbitwidina.com
Instagram: @penerbitwidina

PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena Anugerah dan Berkah Nya, sehingga Penulis dapat menyelesaikan buku Biologi Dasar. Penulisan buku ini bertujuan untuk menunjang proses perkuliahan pada mata kuliah Biologi Dasar agar dapat membantu mahasiswa terkait referensi mata kuliah tersebut. Buku ini dapat di jadikan pegangan bagi mahasiswa sebagai bahan ajar dalam mata kuliah Biologi Dasar.

Penyelesaian buku ini di bantu berbagai pihak. Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang membantu dalam penyelesaian penulisan buku ini. Penulis menyadari bahwa buku ini masih banyak kekurangan, maka sangat diharapkan saran dan sumbangan pikiran dari pembaca sebagai perbaikan buku ini di masa yang akan datang. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Pematangsiantar, Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	vi
BAB 1 STRUKTUR DAN FUNGSI SEL	1
A. Pengertian Sel.....	1
B. Bentuk dan Ukuran Sel	2
C. Organel Sel.....	2
D. Reproduksi Sel	6
BAB 2 KOMPOSISI KIMIA ORGANIME	9
A. Pengertian	9
B. Perbedaan Senyawa Organik dan Senyawa Anorganik	10
C. Jenis-jenis dari Senyawa Organik dan Senyawa Anorganik.....	10
D. Unsur-unsur Kimia dalam Organisme.....	19
BAB 3 KEANEKARAGAMAN MAKHLUK HIDUP	21
A. Pengertian Keanekaragaman Makhluk Hidup.....	21
B. Penyebab Terjadinya Keanekaragaman Makhluk Hidup.....	22
C. Tingkat Keanekaragaman Hayati	23
D. Persebaran Keanekaragaman Hewan di Indonesia	24
E. Tindakan Manusia yang Mengakibatkan Menurunkan Keanekaragaman Makhluk Hayati.....	26
F. Manfaat Keanekaragaman Makhluk Hidup.....	28
G. Upaya Manusia Melestarikan dan Meningkatkan Keanekaragaman Makhluk Hidup	30
BAB 4 STRUKTUR ORGANISASI TUBUH	33
A. Struktur dan Organisasi Tubuh Tumbuhan	33
B. Organ Tumbuhan	41
C. Struktur dan Organisasi Tubuh Hewan.....	46
BAB 5 METABOLISME	55
A. Pengertian Metabolisme	55
B. Anabolisme	57
C. Katabolisme	61

BAB 6 INTERAKSI ANTAR ORGANISME DENGAN LINGKUNGAN.....	63
A. Pengertian Ekologi.....	63
B. Organisasi Kehidupan	64
C. Komponen Ekosistem	66
D. Tipe-tipe Ekosistem	67
E. Interaksi Individu	70
F. Pola-pola Interaksi.....	72
G. Suksesi Ekosistem	79
BAB 7 PEWARISAN SIFAT.....	83
A. Pengertian Kromosom.....	83
B. Pengertian Gen	85
C. Persilangan Monohybrid dan Dihibrid	87
D. Penerapan Pewarisan Sifat.....	90
BAB 8 PERUBAHAN MAKHLUK HIDUP DARI MASA KE MASA	95
A. Adaptasi	95
B. Proses Terjadinya Evolusi	97
C. Bukti-bukti Adanya Evolusi	100
D. Mekanisme Evolusi.....	104
E. Hukum Hardy-Weinberg.....	106
F. Perubahan Perbandingan Frekuensi Gen	107
DAFTAR PUSTAKA.....	110

BAB 1

STRUKTUR DAN FUNGSI SEL

A. PENGERTIAN SEL

Biologi sel adalah cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang sel. Sel sendiri adalah kesatuan struktural dan fungsional makhluk hidup.

Sel berasal dari kata latin *Cella* yang berarti ruangan kecil. Ukuran sel bermacam-macam dan bentuk sel juga bermacam-macam. Meskipun ukuran sel sangat kecil, strukturnya sangat rumit dan masing-masing bagian sel memiliki fungsi khusus, misalnya Mitokondria yang terdapat di dalam sel berfungsi sebagai penghasil energi, sedangkan Lisosom berfungsi sebagai pencerna.

Sel merupakan unit terkecil dari makhluk hidup, yang dapat melaksanakan kehidupan. Sel disebut sebagai unit terkecil karena sudah tidak bisa dibagi-bagi lagi menjadi bagian yang lebih kecil yang berdiri sendiri. Sel dapat melakukan proses kehidupan seperti melakukan respirasi, perombakan, penyusunan, reproduksi melalui pembelahan sel, dan terhadap rangsangan. Perkembangbiakan di lakukan melalui pembelahan sel, pembelahan sel dilakukan baik oleh organisme bersel satu mengadakan pembelahan secara langsung sedangkan sel-sel pada organisme bersel banyak mengalami pembelahan secara mitosis.

Sel mengandung materi genetik, yaitu materi penentuan sifat-sifat makhluk hidup dengan adanya materi genetik, sifat makhluk hidup dapat di wariskan kepada keturunannya.

B. BENTUK DAN UKURAN SEL

Bentuk dan ukuran sel bervariasi tergantung pada fungsinya. Sel-sel kulit bentuknya pipih, sel urat syaraf berbentuk bulat panjang dan sel darah seperti discus (piringan).

Ukuran sel juga bervariasi, pada penampung yang melintangnya sel berukuran 0,01-0,1 mm, panjang sel ada yang mencapai 20 cm. Sel yang berupa telur ada yang bervolume 7 liter, yaitu telur burung Aepyornis dari Madagaskar.

Tabel 1. Perbedaan Sel Hewan dan Sel Tumbuhan

Tumbuhan	Hewan
1. Dinding sel ada	1. Dinding sel tidak ada
2. Vakuola ada	2. Vakuola Ada (kecil)
3. Kloroplas ada	3. Kloroplas tidak ada
4. Sentrosom dan sentriol tidak ada	4. Terdapat sentrosom dan sentriol

C. ORGANEL SEL

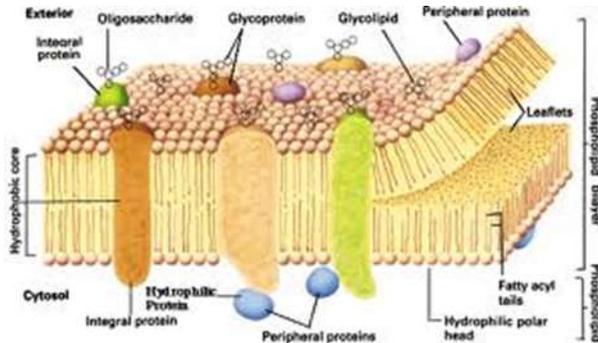
1. Bagian-bagian sel

a. Dinding sel

Dinding sel berfungsi sebagai pelindung dan pemberi bentuk yang tetap. pada dinding sel terdapat pori-pori sebagai jalan keluar masuknya molekul-molekul.

b. Membran plasma

Membran sel atau membran plasma tersusun atas molekul lemak dan protein. Fungsinya sebagai pelindung molekuler sel terhadap lingkungan di sekitarnya, dengan jalan mengatur lalu lintas molekul dan ion-ion dari dan ke dalam sel.



Gambar 1. Membran Plasma

c. Sitoplasma

Sitoplasma tersusun atas air, protein, lemak, mineral, dan enzim-enzim di pergunakan untuk mencerna makanan secara ekstraseluler dan untuk melakukan proses metabolisme sel. Metabolisme terdiri dari proses penyusunan (Anabolisme) dan penguraian (Katabolisme) zat-zat.

d. Mesosom

Pada tempat tertentu, membran plasma melekur ke dalam membentuk organel yang disebut mesosom. Mesosom berfungsi sebagai penghasil energi. Biasanya mesosom terletak dekat dinding sel yang baru terbentuk pada saat pembelahan biner sel bakteri. Pada membran mesosom terdapat enzim-enzim pernapasan yang berperan dalam reaksi-reaksi oksidasi untuk menghasilkan energi.

e. Ribosom

Ribosom merupakan organel tempat berlangsungnya sintesis protein.



Gambar 2. Ribosom

f. DNA

Asam Deoksiribonukleat (*Deoxyribonucleic Acid*, di singkat DNA) merupakan persenyawaan yang tersusun atas gula Deoksiribosa, fosfat, dan basa-basa nitrogen. DNA berfungsi sebagai pembawa informasi genetik, yakni sifat-sifat yang harus di wariskan kepada keturunannya.

g. RNA

Asam Ribonukleat (*Ribonucleic Acid*, di singkat RNA) merupakan persenyawaan hasil transkripsi DNA. Jadi bagian tertentu DNA melakukan transkripsi (mengkopi diri) membentuk RNA. RNA membawa kode-kode genetik sesuai dengan pesanan DNA. selanjutnya, kode-kode genetik itu akan di terjemahkan dalam bentuk urutan asam amino dalam proses sintesis protein.

2. Struktur Sel Eukariotik

Perbedaan pokok antara sel prokariotik dan eukariotik adalah sel eukariotik memiliki membran inti, sedangkan sel prokariotik tidak. Selain itu sel eukariotik memiliki sistem endomembran, yakni memiliki organel-organel bermembran seperti retikulum endoplasma, kompleks Golgi, mitokondria, dan lisosom. Sel eukariotik juga memiliki sentriol, sedangkan sel prokariotik tidak, adapun sel eukariotik meliputi sebagai berikut:

a. Membran Plasma

Membran plasma membatasi sel dengan lingkungan luar, bersifat semi/selektif permeabel, berfungsi mengatur pemasukan dan pengeluaran zat ke dalam dan ke luar sel dengan cara difusi, osmosis, dan transport aktif. Membran plasma di susun oleh fosfolipid, protein dan kolesterol.

b. Sitoplasma

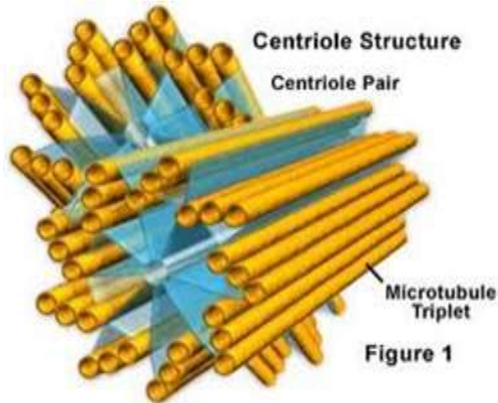
Sitoplasma merupakan cairan sel yang berada di luar inti, terdiri atas air dan zat-zat yang terlarut serta berbagai macam organel sel hidup.

c. Nukleus

Inti sel atau nukleus merupakan organel terbesar yang berada di dalam sel. Nukleus berdiameter 10 mikrometer. Nukleus biasanya terletak di tengah sel dan berbentuk bulat dan oval.

d. Sentriol

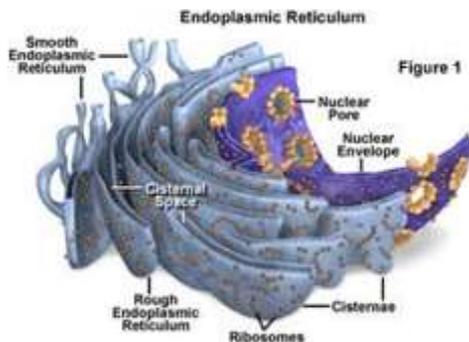
Sentriol merupakan organel yang dapat dilihat ketika sel mengadakan pembelahan. Pada fase tertentu dalam daur hidupnya sentriol memiliki silia atau flagela. Sentriol hanya di jumpai pada sel hewan, sedangkan pada sel tumbuhan tidak.



Gambar 3. Sentriol

e. Retikulum Endoplasma

Retikulum berasal dari kata Reticular yang berarti anyaman benang atau jala, karena letaknya memusat pada bagian dalam sitoplasma (Endoplasma), maka disebut sebagai *Eticulum Endoplasma* (disingkat RE). RE hanya dijumpai di dalam sel eukariotik, baik sel hewan maupun sel tumbuhan.



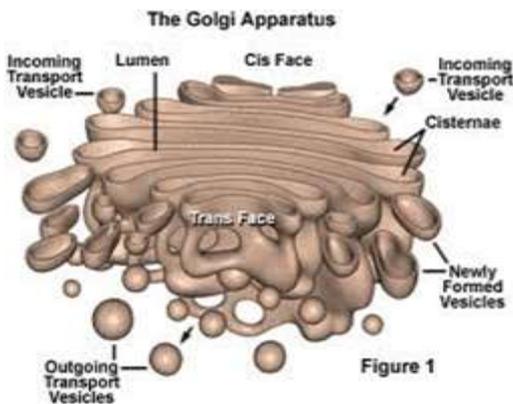
Gambar 4. Retikulum Endoplasma

f. Ribosom

Ribosom tersusun atas RNA-ribosom (RNA-r) dan protein. Ribosom tidak memiliki membran.

g. Kompleks golgi

Kompleks golgi sering disebut golgi saja. Pada sel tumbuhan, kompleks golgi disebut *Diktiosom*. Organel ini terletak di antara RE dan membran plasma.



Gambar 5. Kompleks Golgi

h. Lisosom

Lisosom (lyso= pencernaan, soma= tubuh) merupakan membran berbentuk kantong kecil yang berisi enzim hidrolitik yang disebut lisozim. Enzim ini berfungsi dalam pencernaan intrasel, yaitu mencerna zat-zat yang masuk dalam sel.

D. REPRODUKSI SEL

Inti sel memegang peranan penting dalam proses pembelahan sel atau reproduksi sel, sitoplasma memegang peranan penting dalam metabolisme dan membran sel dalam iritabilitas. Namun ketiganya merupakan satu satuan kehidupan yang utuh. Metabolisme menyebabkan protoplasma sel menjadi semakin besar sampai batas tertentu. Apabila sudah sampai batas maksimum, maka sel akan membelah menjadi dua sel baru atau akan mati.

Terdapat tiga macam pembelahan sel:

1. Pembelahan Prokaryotik.

Hanya terjadi pada sel prokaryotik. Saat akan membelah khromosom menempel pada membran sel, kemudian khromosom membelah menjadi dua pasang. Titik tempat menempelnya kromosom pada membran melebar dan terus melebar, kromosom terpisah, terbentuk membran plasma baru dan akhirnya sel menjadi dua.

2. Mitosis atau Aequasi.

Disebut juga pembelahan tidak langsung, karena harus melalui beberapa tahap atau fase. Pembelahan semacam ini terjadi ada makhluk hidup yang lebih sempurna, sedangkan pada tumbuhan umumnya terjadi pada titik tumbuh baik di ujung batang maupun di ujung akar.

3. Meiosis atau pembelahan Reduksi.

Adalah suatu peristiwa reproduksi sel yang menghasilkan sel-sel anak yang sifatnya haploid. Pembelahan meiosis disebut juga pembelahan reduksi karena terjadi reduksi jumlah kromosom. Pembelahan Meiosis terdapat pada organisme tingkat tinggi sewaktu menghasilkan sel-sel kelamin, baik berupa sel kelamin betina (Ovum) maupun sel kelamin jantan (Spermatozoid).

BAB 2

KOMPOSISI KIMIA

ORGANIME

A. PENGERTIAN

Senyawa Organik adalah golongan besar senyawa kimia yang molekulnya mengandung karbon, kecuali karbida, karbonat, dan oksida karbon. Studi mengenai senyawa organik disebut kimia organik. Banyak di antara senyawa organik, seperti protein, lemak, dan karbohidrat, merupakan komponen penting dalam biokimia. Senyawa organik adalah senyawa yang mengandung unsur C dan H dan dapat ditemukan pada semua makhluk hidup misal $C_6H_6O_6$. Unsur-unsur yang menyusun senyawa organik tidak banyak jumlahnya. Unsur-unsur utama adalah karbon, oksigen, hidrogen, dan nitrogen. Unsur-unsur lainnya adalah belerang, halogen, fosfor, magnesium, besi, stibium, arsen, kobalt, dan tembaga. Penggolongan senyawa organik dibedakan berdasarkan gugus fungsi yang terkandung pada senyawa tersebut. Gugus fungsi adalah sekelompok atom yang menyebabkan perilaku kimia molekul induk. Molekul berbeda yang mengandung gugus fungsi yang sama mengalami reaksi yang sama sehingga sifat-sifat senyawa dapat di pelajari dengan mudah.

Senyawa Anorganik di definikan sebagai senyawa pada alam (di tabel periodik) yang pada umumnya menyusun material/benda tak hidup. Pembeda antara kimia organik dan anorganik adalah ada/tidaknya ikatan

karbon-hidrogen. Sehingga, asam karbonat termasuk anorganik, sedangkan asam format, asam lemak pertama, termasuk senyawa organik. Senyawa anorganik senyawa yang tidak mengandung/tidak mempunyai ikatan C dan H contohnya NaCl, HCl, CO₂.

B. PERBEDAAN SENYAWA ORGANIK DAN SENYAWA ANORGANIK

Tabel Perbedaan Senyawa Organik dan Senyawa Anorganik

No.	Senyawa organik	Senyawa Anorganik
1	Kebanyakan berasal dari makhluk hidup dan beberapa dari hasil sintesis	Berasal dari sumber daya alam mineral (bukan makhluk hidup)
2	Senyawa organik lebih mudah terbakar	Tidak mudah terbakar
3	Strukturnya lebih rumit	Struktur sederhana
4	Semua senyawa organik mengandung unsur karbon	Tidak semua senyawa anorganik yang memiliki unsur karbon
5	Hanya dapat larut dalam pelarut organik	Dapat larut dalam pelarut air atau organik
6	CH ₄ , C ₂ H ₅ OH, C ₂ H ₆ dsb.	NaF, NaCl, NaBr, NaI dsb.

C. JENIS-JENIS DARI SENYAWA ORGANIK DAN SENYAWA ANORGANIK

1. Senyawa organik

Zat – zat yang dibutuhkan tubuh ada 6, yaitu karbohidrat, protein, lemak, vitamin, mineral, dan air. Di sini akan di jelaskan deskripsi masing-masing zat yang termasuk senyawa organik terlebih dahulu. Ada karbohidrat, protein, lemak, dan vitamin.

a. Karbohidrat

Karbohidrat adalah zat makanan yang banyak menghasilkan energy yang di perlukan tubuh karbohidrat adalah senyawa majemuk yang mengandung unsure C, H, dan O. Dalam kehidupan sehari-hari karbohidrat dapat dikonsumsi melalui makanan seperti beras, jagung, gandum, ubi kayu atau singkong, ketela rambat, kentang, dan buah-buahan manis dan minuman manis.

Karbohidrat dapat di bagi menjadi dua golongan, yakni golongan sederhana dan gula majemuk. Gula sederhana atau gula tunggal dan sering disebut monosakarida, gula ini tidak dapat di pecah menjadi gula yang lebih sederhana lagi. Ada dua macam gula majemuk, yaitu Disakarida dan Polisakarida. Gula majemuk masih dapat di pecah menjadi tunggal (Monosakarida). Untuk lebih jelasnya, perhatikan tabel berikut ini.

Tabel 2. Jenis Karbohidrat

JENIS KARBOHIDRAT		Terdapat pada
Berdasarkan jumlah gugus	Nama	
Monosakarida	Glukosa	Gula darah
	Fruktosa	Buah, Madu
	Galaktosa	Susu
Disakarida	Sukrosa	Tebu, Bit
	Laktosa	Susu
	Maltosa	Hasil pencernaan
Polisakarida	Zat pati, zat tepung	Beras, umbi – umbian
	Glikogen	Otot, Hati

Fungsi Karbohidrat adalah:

- 1) Sumber Energi
Fungsi utama karbohidrat adalah menyediakan energi bagi tubuh. Karbohidrat merupakan sumber utama energi bagi penduduk di seluruh dunia. Karena banyak didapat di alam dan harganya relatif murah. Satu gram karbohidrat menghasilkan 4 kalori.
- 2) Pemberi Rasa Manis pada Makanan
Karbohidrat memberi rasa manis pada makanan, khususnya Mono dan Disakarida. Gula tidak mempunyai rasa manis yang sama. Fruktosa adalah gula yang paling manis, ila tingkat kemanisan sakarosa diberi nilai 1 maka tingkat kemanisan fruktosa adalah 1,7; maltosa 0,4; laktosa 0,2.

3) Penghemat Protein

Bila karbohidrat makanan tidak mencukupi, maka protein akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi. Dengan mengalahkan fungsi utama sebagai zat pembangun. Sebaliknya jika karbohidrat makanan mencukupi, maka protein terutama akan digunakan sebagai zat pembangun.

4) Pengatur Metabolisme Lemak

Karbohidrat mencegah terjadinya oksidasi lemak yang tidak sempurna, sehingga menghasilkan bahan-bahan keton berupa asam asetoasetat, aseton, dan asam betahidroksi-butirat. Bahan-bahan ini dibentuk menyebabkan ketidakseimbangan natrium dan dehidrasi, pH cairan menurun. Keadaan ini menimbulkan ketosis atau asidosis yang dapat merugikan tubuh.

b. Protein

Protein adalah senyawa majemuk yang tersusun atas unsur – unsur C, H, O, dan N serta kadang – kadang juga mengandung unsure S dan P. Protein adalah senyawa majemuk yang dapat dirombak menjadi molekul – molekul yang lebih sederhana disebut asam amino. Sebaliknya, asam amino yang terdapat dalam tubuh dapat di susun kembali menjadi senyawa protein.

Fungsi protein bagi tubuh adalah sebagai enzim, molekul pengangkut (Hemoglobin), penyusun komponen sel (Aktin dan Miosin), alat pertahanan tubuh (Antibodi), alat pengatur fungsi fisiologis (Ormon), dan cadangan nutrisi (Kasein). Sumber protein kita dapat temukan dalam banyak sumber.

Ada 2 sumber, yaitu sumber protein nabati dan hewani. Contoh sumber protein hewani yaitu daging, telur, ikan, susu, udang, kepiting, dan kerang. Contoh sumber protein nabati adalah kacang tanah, kedelai, jagung, kelapa, tempe, dan tahu.

Ada 3 golongan protein:

- 1) Protein sederhana, mengandung asam-asam amino atau derivatnya dan jika Dihidrolisis menghasilkan asam amino saja, contoh: Albumin, globulin, albuminoid.

- 2) Protein gabungan, selain asam-asam amino mengandung golongan prsthetic, contoh: casein, heamoglobin, lipoprotein.
- 3) Protein tambahan, berasal dari perombakan sebagian (tak sempurna) protein, contoh: protesas, pepetida dan pepton.

c. Vitamin

Vitamin adalah suatu zat senyawa kompleks yang sangat di butuhkan oleh tubuh kita yang berfungsi untuk mambantu pengaturan atau proses kegiatan tubuh. Tubuh hanya dapat memproduksi vitamin D dan vitamin K dalam bentuk provitamin yang tidak aktif. Oleh karena itu, tubuh memerlukan asupan vitamin yang berasal dari makanan yang kita konsumsi. Buah-buahan dan sayuran terkenal memiliki kandungan vitamin yang tinggi dan hal tersebut sangatlah baik untuk tubuh. Asupan vitamin lain dapat diperoleh melalui suplemen makanan. Tanpa vitamin manusia, hewan dan makhluk hidup lainnya tidak akan dapat melakukan aktivitas hidup dan kekurangan vitamin dapat menyebabkan memperbesar peluang terkena penyakit pada tubuh kita.

Tabel 3. Jenis Vitamin

Jenis Vitamin	Contoh Sumber	Fungsi	Akibat
Vitamin A (<i>Retinol</i>)	Susu, Mentega, keju, Bayam	Menjaga kesehatan mata, hidung, mulut, Pencernaan dan system pembuangan air seni.	Keratomalasia, Xeroftalmia, Hemeralopia.
Vitamin B1 (<i>Thiamin, Aneurin</i>)	Nasi, roti, buah, ikan, dan sayuran.	Membantu mengubah karbohidrat menjadi energy.	Beri-beri

<p>Vitamin B2 (<i>Riboflavin</i>)</p>	<p>Gandum, daging tanpa lemak, unggas.</p>	<p>Membantu pengeluaran energi, menjaga kesehatan kulit, selaput lendir, dan susunan saraf.</p>	<p>Keilosis (bibir pecah-pecah, sudut mulut luka)</p>
<p>Vitamin B3 (<i>Niasin</i>)</p>	<p>Biji-bijian, kalkun, ayam, roti.</p>	<p>Membantu mengubah karbohidrat, lemak, dan protein menjadi energi, penting untuk pertumbuhan, membantu persenyawaan hormon.</p>	<p>Pellagra, diare, dementia, dermatitis.</p>
<p>Vitamin B6 (<i>Piridoksin, Piridoksamin</i>)</p>	<p>Roti gandum, susu, serealialia.</p>	<p>Membantu lebih dari 60 reaksi enzim.</p>	<p>Pelegra, anemia, obstipasi.</p>

Vitamin C (<i>Asam Askorbat</i>)	Brokoli, taoge, jeruk besar, dan sayuran.	Membantu mempertahankan dan memperbaiki jaringan yang berhubungan, tulang, gigi, tulang rawan; mempercepat penyembuhan.	Skorbut, pendarahan kulit, kerusakan sendi.
Vitamin H (<i>Biotin</i>)	Hampir semua jenis makanan.	Sebagai perantara metabolisme karbohidrat, lemak dan protein.	Dermatitis (radang kulit)
Vitamin D (<i>Kolekalsiferol</i>)	Susu yang diperkaya, minyak hati ikan.	Membantu metabolisme kalsium dan fosfor untuk kesehatan tulang dan gigi.	Rakitis
Vitamin E (tokoferol)	Minyak nabati, biji-bijian, sayuran hijau, kecambah.	Mencegah dan mempertahankan selaput sel.	Keguguran

d. Lemak (Lipid)

Lemak adalah zat yang kaya akan energi, berfungsi sebagai sumber energi yang utama untuk proses metabolisme tubuh. Lemak yang beredar di dalam tubuh diperoleh dari dua sumber yaitu dari makanan dan hasil produksi organ hati, yang bisa disimpan di dalam sel-sel lemak sebagai cadangan energi.

Fungsi lemak adalah sebagai sumber energi, pelindung organ tubuh, pembentukan sel, sumber asam lemak esensial, alat angkut vitamin larut lemak, menghemat protein, memberi rasa kenyang dan kelezatan, sebagai pelumas, dan memelihara suhu tubuh.

Secara klinis, lemak yang penting adalah Kolesterol, Trigliserida (lemak netral), Fosfolipid dan Asam Lemak.

1) Kolesterol

Kolesterol adalah jenis lemak yang paling di kenal oleh masyarakat. Kolesterol merupakan komponen utama pada struktur selaput sel dan merupakan komponen utama sel otak dan saraf. Kolesterol merupakan bahan perantara untuk pembentukan sejumlah komponen penting seperti vitamin D (untuk membentuk & mempertahankan tulang yang sehat), hormon seks (contohnya: Estrogen & Testosteron) dan asam empedu (untuk fungsi pencernaan).

Kolesterol tubuh berasal dari hasil pembentukan di dalam tubuh (sekitar 500 mg/hari) dan dari makanan yang di makan. Pembentukan kolesterol di dalam tubuh terutama terjadi di hati (50% total sintesis) dan sisanya di usus, kulit, dan semua jaringan yang mempunyai sel-sel berinti. Jenis-jenis makanan yang banyak mengandung kolesterol antara lain daging (sapi maupun unggas), ikan dan produk susu. Makanan yang berasal dari daging hewan biasanya banyak mengandung kolesterol, tetapi makanan yang berasal dari tumbuh-tumbuhan tidak mengandung kolesterol.

2) Trigliserida (lemak netral)

Sebagian besar lemak dan minyak di alam terdiri atas 98-99% trigliserida. Trigliserida adalah suatu ester gliserol. Trigliserida terbentuk dari 3 asam lemak dan gliserol. Apabila terdapat satu asam lemak dalam ikatan dengan gliserol maka dinamakan monogliserida. Fungsi utama Trigliserida adalah sebagai zat energi. Lemak di simpan di dalam tubuh dalam bentuk trigliserida. Apabila sel membutuhkan energi, enzim lipase dalam sel lemak akan memecah trigliserida menjadi gliserol dan asam lemak serta melepaskannya ke dalam pembuluh darah. Oleh sel-sel yang membutuhkan komponen-komponen tersebut kemudian dibakar dan menghasilkan energi, karbondioksida (CO₂), dan air (H₂O).

3) Fosfolipid (Lipid Plasma)

Pada umumnya lemak tidak larut dalam air, yang berarti juga tidak larut dalam plasma darah. Agar lemak dapat diangkut ke dalam peredaran darah, maka lemak tersebut harus dibuat larut dengan cara mengikatkannya pada protein yang larut dalam air. Ikatan antara lemak (kolesterol, trigliserida, dan fosfolipid) dengan protein ini disebut Lipoprotein (dari kata Lipo= lemak, dan protein). Lipoprotein bertugas mengangkut lemak dari tempat pembentukannya menuju tempat penggunaannya.

Molekul lemak terbentuk dari glicerol dan tiga asam lemak. Oleh karena itu, penggolongan lemak lebih di dasarkan pada jenis asam lemak penyusunnya. Berdasarkan jenis ikatannya, asam lemak dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

- Asam lemak jenuh, yaitu asam lemak yang semua ikatan atom karbon pada rantai karbonnya berupa ikatan tunggal (jenuh).
Contoh: asam laurat, asam palmitat, dan asam stearat.
- Asam lemak tak jenuh, yaitu asam lemak yang mengandung ikatan rangkap pada rantai karbonnya.
Contoh: asam oleat, asam linoleat, dan asam linolenat.

Penggunaan lemak dan minyak dalam kehidupan sehari-hari:

- Sumber energi bagi tubuh, Lemak dalam tubuh berfungsi sebagai cadangan makanan atau sumber energi. Lemak merupakan bahan makanan yang kaya energi. Pembakaran 1gram lemak menghasilkan sekitar 9 kilokalori.
- Bahan pembuatan mentega atau margarin, Lemak atau minyak dapat diubah menjadi mentega atau margarin dengan cara hidrogenasi.
- Bahan pembuatan sabun.

2. Senyawa anorganik

Kita sudah melihat zat-zat organik yang dibutuhkan oleh tubuh. Ternyata ada juga zat-zat anorganik yang juga dibutuhkan tubuh. Meskipun tidak sepenting zat-zat seperti karbohidrat, protein dan lemak, zat-zat anorganik pun tetap dibutuhkan tubuh dalam jumlah yang bervariasi. Zat-zat itu antara lain mineral dan air.

a. Mineral

Berbagai unsur anorganik (mineral) terdapat dalam bahan biologi, tetapi tidak atau belum semua mineral tersebut terbukti esensial, sehingga ada mineral esensial dan nonesensial. Mineral esensial yaitu mineral yang sangat diperlukan dalam proses fisiologis makhluk hidup untuk membantu kerja enzim atau pembentukan organ.

Unsur-unsur mineral esensial dalam tubuh terdiri atas dua golongan, yaitu:

- 1) Mineral makro diperlukan untuk membentuk komponen organ di dalam tubuh (Ca, P, Mg, Na, K, S, Cl).
- 2) Mineral mikro yaitu mineral yang diperlukan dalam jumlah sangat sedikit dan umumnya terdapat dalam jaringan dengan konsentrasi sangat kecil (Fe, Co, Cu, I, Zn, Mn, Mo).

Mineral Nonesensial adalah logam yang perannya dalam tubuh makhluk hidup belum diketahui dan kandungannya dalam jaringan sangat kecil. Bila kandungannya tinggi dapat merusak organ tubuh makhluk hidup yang bersangkutan. Di samping mengakibatkan keracunan, logam juga dapat menyebabkan penyakit defisiensi (Al, Bo, Sr, Se, Va, As).

Fungsi dari mineral:

- 1) Bahan pembentuk tulang dan gigi.
- 2) Berperan dalam pembentukan coenzim, enzim dan hormon.
- 3) Pembentuk garam dalam cairan tubuh.

b. Air

Selain mineral, air juga merupakan zat anorganik. Meskipun terdengar sepele, air juga merupakan salah satu komponen penyusun terpenting dalam tubuh kita. 70% tubuh kita tersusun atas air, dan 60% berat badan kita merupakan kandungan air. Cairan tubuh pun seperti keringat, urin, darah dan saliva tersusun atas air.

Air dapat kita peroleh dari sayur-sayuran dan buah-buahan yang kita konsumsi setiap hari. Kekurangan air, dapat menyebabkan dehidrasi yang dapat berakibat kematian. Kebutuhan air bagi orang dewasa adalah sekitar 8 gelas perhari atau sekitar 2 liter. Kelebihan air tidak berakibat negatif, Kelebihan air, akan dikeluarkan melalui urin.

c. Gas (Oksigen dan Karbon dioksida)

Oksigen (O₂) digunakan sebagai pembakar dalam respirasi. Karbon dioksida (CO₂) digunakan sebagai kerangka karbon dalam senyawa organik. Suhu juga berperan aktif dalam pengaturan terhadap kerja enzim yang terlibat dalam proses metabolisme.

d. Asam Klorida

Asam klorida (HCl) merupakan unsur utama dalam asam lambung. Asam klorida berguna untuk pencernaan makanan dan mencegah mikroorganisme lain masuk lebih jauh ke dalam usus.

D. UNSUR-UNSUR KIMIA DALAM ORGANISME

Unsur merupakan bahan yang tidak dapat di pecah lagi menjadi bagian lain dengan reaksi kimiawi. Dalam tabel di bawah ini kita dapat melihat unsur yang membentuk tubuh manusia.

Tabel 4. Unsur yang membentuk tubuh manusia dalam persentase

UNSUR YANG TERDAPAT SECARA ALAMI DALAM TUBUH MANUSIA			
Lambang	Unsur	No. Atom	Presentase Berat
O	Oksigen	8	65,0
C	Karbon	6	18,5
H	Hidrogen	1	9,5
N	Nitrogen	7	3,3
Ca	Kalsium	20	1,5
P	Fospor	15	1,0
K	Kalium	19	0,4

S	Sulfur	16	0,3
Na	Natrium	11	0,2
Cl	Klorin	17	0,2
Mg	Magnesium	12	0,1



BAB 3

KEANEKARAGAMAN MAKHLUK HIDUP

A. PENGERTIAN KEANEKARAGAMAN MAKHLUK HIDUP

Keanekaragaman makhluk hidup / keanekaragaman hayati atau biodiversitas (Bahasa Inggris: *Biodiversity*) adalah suatu istilah pembahasan yang mencakup semua bentuk kehidupan, yang secara ilmiah dapat dikelompokkan menurut skala organisasi biologisnya, yaitu mencakup gen, spesies tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme serta ekosistem dan proses-proses ekologi dimana bentuk kehidupan ini merupakan bagiannya. Dapat juga diartikan sebagai kondisi keanekaragaman bentuk kehidupan dalam ekosistem atau bioma tertentu. Keanekaragaman hayati sering kali digunakan sebagai ukuran kesehatan system biologis.

Keanekaragaman hayati tidak terdistribusi secara merata di bumi: wilayah tropis memiliki keanekaragaman hayati yang lebih kaya, dan jumlah keanekaragaman terus menurun jika semakin jauh dari ekuator.

Keanekaragaman hayati yang ditemukan di bumi adalah hasil dari miliaran tahun proses evolusi. Asal muasal kehidupan belum diketahui secara pasti dalam sains. Hingga sekitar 600 juta tahun yang lalu, kehidupan di bumi hanya berupa archea, bakteri, protozoa, dan organisme uniseluler lainnya sebelum organisme multiseluler muncul dan menyebabkan ledakan keanekaragaman hayati yang begitu cepat, namun

secara periodik dan eventual juga terjadi kepunahan secara besar-besaran akibat aktivitas bumi, iklim, dan luar angkasa.

B. PENYEBAB TERJADINYA KEANEKARAGAMAN MAKHLUK HIDUP

Keanekaragaman dapat terjadi akibat di pengaruhi oleh faktor genetik dan faktor lingkungan. Faktor genetic dan faktor lingkungan adalah sifat dari makhluk hidup itu sendiri yang diperoleh dari induknya. Faktor genetik ditentukan oleh gen atau pembawa sifat.

Faktor lingkungan adalah faktor dari luar makhluk hidup yang meliputi lingkungan fisik, lingkungan kimia, dan lingkungan biotik. Lingkungan biotik misalnya: suhu, kelembapan cahaya, dan tekanan udara. Lingkungan kimia misalnya: makanan, mineral, keasaman, dan zat kimia buatan. Lingkungan biotik misalnya: mikroorganisme, tumbuhan, hewan, dan manusia.

Keanekaragaman makhluk hidup dapat terbentuk karena perkawinan (persilangan) dan kondisi lingkungan.

1. Perkawinan (Persilangan)

Perkawinan dapat menghasilkan keanekaragaman. Perkawinan yang dimaksud adalah perkawinan antar individu berbeda sifat, tetapi tergolong dalam jenis (spesies) yang sama. Perkawinan antara spesies yang berbeda mungkin dapat menghasilkan keturunan, tetapi keturunannya itu tidak mampu menghasilkan keturunan yang baru. Yang mana keturunan yang baru itu merupakan keturunan yang steril.

Perkawinan antara individu di dalam jenis (spesies) yang sama akan menghasilkan keturunan yang fertil. Artinya, keturunan tersebut mampu berkembang biak menghasilkan keturunan berikutnya. Di dalam spesies yang sama terdapat perbedaan sifat. Perkawinan antar makhluk hidup yang berbeda sifat dapat menghasilkan keturunan yang memiliki sifat baru. Perkawinan demikian di sebut pembastaran atau persilangan. Jadi, melalui pembastaran akan muncul keanekaragaman yang baru.

Persilangan buatan banyak di lakukan pada tumbuh-tumbuhan. Tujuannya adalah untuk mendapatkan sifat baru yang unggul. Misalnya: persilangan tebu untuk memperoleh bibit tebu yang unggul. Demikian pula untuk mendapatkan bibit padi, jagung, kedelai atau hewan budidaya lainnya.

2. Keadaan Lingkungan

Keadaan lingkungan dapat mempengaruhi keanekaragaman makhluk hidup yang ada. Berikut akan di beri contohnya:

- a. Biasanya jenis makhluk hidup yang ada di daerah subur lebih banyak dibandingkan dengan di daerah gersang. Jadi, keanekaragaman makhluk hidup di daerah subur lebih tinggi daripada di daerah gersang. Indonesia termasuk daerah yang subur dan memiliki yang tinggi.
- b. Di sebuah batu di tepi sungai terdapat berbagai makhluk hidup. Misalnya: lumut, tumbuhan paku, rumput, lumut kerak, dan siput. Keanekaragaman makhluk hidup di sisi batu yang kering berbeda dengan keanekaragaman makhluk hidup di sisi batu yang lembab. Dalam contoh ini, keanekaragaman di pengaruhi oleh kelembapan dan ketersediaan air.
- c. Di permukaan bumi terdapat berbagai spesies makhluk hidup. Sebagaimana telah di uraikan, makhluk hidup yang berbeda spesies tidak dapat menghasilkan keturunan yang fertil. Bahkan, makhluk hidup yang berbeda spesies ada yang tidak dapat melakukan perkawinan.

Makhluk hidup berada di dalam lingkungan yang senantiasa berubah. Makhluk hidup harus dapat menyesuaikan diri (beradaptasi) terhadap lingkungannya. Makhluk hidup yang dapat beradaptasi akan lestari. Sebaliknya, makhluk hidup yang tidak dapat beradaptasi akan punah. Makhluk hidup yang dapat beradaptasi dengan lingkungan tersebut dapat memunculkan spesies baru.

C. TINGKAT KEANEKARAGAMAN HAYATI

1. Tingkat Jenis adalah Variasi bentuk, penampilaan dan sifat yang terlihat pada berbagai jenis organisme.

Sebagai contoh keanekaragaman jenis pada tumbuhan adalah variasi bentuk, penampilan dan sifat antara tanaman padi, jagung dan tebu. Variasi bentuk, penampilan dan sifat antara ayam, tikus dan kucing sebagai contoh keanekaragaman jenis pada hewan.

Contoh Tingkat Jenis:

Contoh tumbuhan 1 jenis: Kelapa, kelapa sawit, pinang, aren, lontar.

Contoh hewan 1 jenis: Kucing, harimau, macan

2. Tingkat Gen adalah Variasi dalam satu spesies.

Gen pada setiap individu, walaupun perangkat dasar penyusunnya sama, tetapi susunannya berbeda-beda bergantung pada masing-masing induknya. Susunan perangkat gen inilah yang menentukan ciri atau sifat suatu individu dalam satu spesies.

Contoh Tingkat Gen:

- a. Warna Kulit manusia : Putih, Kuning Langsung, Coklat, Hitam
- b. Rambut : Lurus, ikal, Keriting
- c. Mangga : Golek, Udang, apel
- d. Anjing : Bulldog, herder, pudel, kampung

3. Tingkat Ekosistem adalah berbagai jenis makhluk hidup yang berinteraksi dengan lingkungannya atau perbedaan keadaan lingkungan.

Lingkungan yang di maksud adalah lingkungan fisik (iklim, air, tanah, udara, cahaya suhu dan kelembaban) dan lingkungan kimia (salinitas, keasaman dan mineral).

D. PERSEBARAN KEANEKARAGAMAN HEWAN DI INDONESIA

Persebaran keanekaragaman Hewan di Indonesia dibagi menjadi 3 wilayah, yaitu:

1. Hewan di Kawasan Barat Indonesia

Hewan di kawasan Barat Indonesia meliputi daerah Sumatera, Jawa, Bali, dan Kalimantan. Di daerah tersebut banyak hewan endemik yang khas hidup di setiap daerahnya. Contohnya : Harimau sumatra (*Panthera tigris-sumatrae*), macan kumbang (*Panthera pardus*), orangutan (*Pongo pygmaeus*), badak jawa bercula satu (*Rhinoceros sondaicus*), dan bekantan (*Nasalis larvatus*), harimau jawa (*Panthera tigris-sondaicus*), buaya muara (*Crocodylus porosus*), gajah (*Elephas maximus*), banteng jawa (*Bos javanicus*), rusa (*Cervus timorensis*), tapir (*Tapirus indicus*), burung rangkong (*Buceros rhinoceros*), ikan arwana (*Scleropages formosus*), dan biawak (*Varanus salvator*).

2. Hewan di Kawasan Timur Indonesia

Kawasan Timur Indonesia ini meliputi Papua, kepulauan Aru, dan pulau-pulau lainnya yang ada di daerah timur. Adapun contoh hewan endemik yang tersebar di bagian timur Indonesia adalah: Monyet hitam (*Macaca nigra*), kadal berjumbai (*Chlamydosaurus kingi*), maleo (*Macrocephalon maleo*), dan burung merak (*Pavo cristatus*), burung cendrawasih (*Paradisaea sp.*), burung kasuari (*Casuaris bennetti*), kakatua raja (*Probosciger atterrimus*), nuri (*Psitttrichas fulgidus*), kanguru pohon (*Dendrolagus inustus*), kuskus (*Phalanger sp.*), dan walabi (*Macropus agilis*).

3. Hewan di Kawasan Peralihan

Kawasan peralihan meliputi bagian Sulawesi dan Nusa Tenggara bagian tengah. Karakteristik hewan yang hidup di kawasan tersebut, yaitu terdapat jenis hewan yang terdapat di kawasan barat dan kawasan timur.

Contoh hewan yang hidup di daerah peralihan adalah: Babi rusa (*Babyroussa babyroussa*), kuskus (*Phalanger sp.*), dan Anoa (*Anoa quarlesi*), komodo (*Varanus komodoensis*), dan burung maleo.

Indonesia memiliki ekosistem yang memiliki tumbuhan yang beranekaragam jenisnya, seperti ekosistem hutan bakau, hutan hujan tropis, padang rumput, dan ekosistem pantai. Bahkan ada yang memperkirakan bahwa di hutan dengan luas sekitar 2 hektar terdapat sekitar 250 jenis tumbuhan. Oleh karena itu, Indonesia sering juga disebut sebagai *Megabiodiversity Country*. Banyak sekali tumbuhan khas yang dimiliki Indonesia, seperti salak (*Salacca zalacca*), durian (*Durio zibethinus*), kedondong (*Canarium ovatum*), sukun (*Artocarpus altilis*), dan mengkudu (*Morinda citrifolia*). Selain itu, terdapat juga tumbuhan endemik Indonesia yang cukup terkenal, yaitu bunga bangkai (*Rafflesia arnoldi*) dan matoa (*Pometia pinnata*).

E. TINDAKAN MANUSIA YANG MENGAKIBATKAN MENURUNKAN KEANEKARAGAMAN MAKHLUK HAYATI

Kepunahan keanekaragaman hayati diduga disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu sebagai berikut:

1. Perusakan Habitat

Habitat di definisikan sebagai daerah tempat tinggal organisme. Kekurangan habitat di yakini menjadi penyebab utama kepunahan organisme. Jika habitat rusak maka organisme tidak memiliki tempat yang cocok untuk hidupnya. Kerusakan habitat dapat di akibatkan karena ekosistem diubah fungsinya oleh manusia, misalnya hutan di tebang di jadikan lahan pertanian, pemukiman dan akhirnya tumbuh menjadi perkotaan. Kegiatan manusia tersebut mengakibatkan menurunnya keanekaragaman ekosistem, jenis, dan gen.

Selain akibat aktivitas manusia, kerusakan habitat juga dapat diakibatkan oleh bencana alam misalnya: kebakaran, gunung meletus, dan banjir. Perusakan terumbu karang di laut juga dapat menurunkan keanekaragaman hayati laut. Ikan-ikan serta biota laut menjadi terganggu habitatnya.

2. Penggunaan Pestisida

Yang termasuk pestisida misalnya: Insektisida, herbisida, dan fungisida. Pestisida yang sebenarnya hanya untuk membunuh organism pengganggu (hama), pada kenyataannya menyebar ke lingkungan dan meracuni mikroba, jamur, hewan, dan tumbuhan lainnya.

3. Pencemaran

Bahan pencemar juga dapat membunuh mikroba, jamur, hewan, dan tumbuhan penting. Bahan pencemar dapat berasal dari limbah pabrik dan limbah rumah tangga.

4. Perubahan Tipe Tumbuhan

Tumbuhan merupakan produsen di dalam ekosistem. Perubahan tipe tumbuhan misalnya perubahan dari hutan hujan tropic menjadi hutan produksi dapat mengakibatkan hilangnya tumbuh-tumbuhan liar penting.

Hilangnya jenis-jenis tumbuhan tertentu dapat menyebabkan hilangnya hewan-hewan yang hidup bergantung pada tumbuhan tersebut.

5. Masuknya Jenis Tumbuhan dan Hewan Liar

Tumbuhan atau hewan liar yang masuk ke ekosistem dapat berkompetisi bahkan saling membunuh antara tumbuhan dan hewan asli.

6. Penebangan

Penebangan hutan tidak hanya menghilangkan pohon yang sengaja ditebang, tetapi juga merusak pohon-pohon yang ada di sekelilingnya. Kerusakan berbagai tumbuh-tumbuhan karena penebangan akan mengakibatkan hilangnya hewan yang tinggal di pohon itu. Jadi penebangan akan menurunkan plasma nutfah.

7. Seleksi

Secara tidak sengaja perilaku kita mempercepat kepunahan organisme. Sebagai contoh, kita sering hanya menanam tanaman yang kita anggap unggul misalnya: mangga gadung, mangga manalagi, jambu Bangkok. Sebaliknya kita menghilangkan tanaman yang kita anggap kurang unggul misalnya: mangga golek, nangka celeng.

8. Fragmentasi dan Hilangnya Habitat

Pembuatan bendungan, pembangunan daerah pinggir pantai, ekstensifikasi pertanian, penebangan hutan secara liar.

9. Introduksi Spesies

Yaitu upaya mendatangkan spesies asing ke suatu wilayah yang telah memiliki spesies local. Misalnya padi unggul menyebabkan punahnya padi tradisional.

10. Pencemaran Tanah, Air, dan Udara

Contoh pencemaran tanah adalah limbah pabrik yang dibuang secara sembarangan contohnya plastik, karena plastik tidak dapat busuk maka akan menyebabkan pencemaran. Contoh pencemaran tanah adalah limbah pabrik yang mengalir ke sungai akan mengakibatkan sungainya

tercemar dan ikan-ikan di dalamnya akan mati, sehingga akan mempercepat kepunahan ikan di sungai tersebut. Contoh pencemaran udara adalah asap kendaraan yang akan menyebabkan polusi di udara.

11. Perubahan Iklim Logam

Pencemaran udara mengakibatkan kenaikan suhu bumi. Tiap kenaikan 1C akan menggantikan batas toleransi beberapa spesies di daratan sekitar 125 km ke arah kutub atau 150 m vertikal ke arah gunung. Permukaan laut akan naik dan beberapa pulau akan tenggelam.

12. Industrialisasi Pertanian dan Kehutanan

Pemuliaan tanaman menyebabkan terjadinya system penanaman Monokultur sehingga keanekaragaman hayati di suatu wilayah menurun.

F. MANFAAT KEANEKARAGAMAN MAKHLUK HIDUP

1. Sumber obat dan kosmetik

- a. Masyarakat Lombok mengenal pule, laos, turi, temulawak, alang-alang, papaya, sukun, nenas, jahe, jarak, lada, kopi, pisang, lontar, cemara, bangkel, dan duwet sebagai obat kontrasepsi dan diramu menjadi 30 macam obat lain.
- b. Masyarakat Sumbawa mengenal akar salban, akar sawak, akar kesumang, batang malang, dan kayu sengketan sebagai ramuan minyak urat.
- c. Masyarakat Rejang Lebong, Bengkulu menggunakan *Peronema canescens* dan *Brucea javanica* untuk obat malaria.

2. Sumber sandang, pangan, dan papan

Contoh: Daging ayam dan daging sapi yang dimanfaatkan sebagai sumber pangan, batang pohon jati yang digunakan sebagai bahan untuk pembuatan rumah, dan pohon kapas sebagai sumber sandang.

3. Lahan penelitian dan pengembangan ilmu

Suaka marga satwa dan cagar alam dapat digunakan sebagai tempat pendidikan dan penelitian karena dari tempat tersebut kita dapat

mengetahui berbagai informasi atau pengetahuan mengenai aneka ragam flora dan fauna.

4. Sarana peningkatan nilai budaya

Yang di maksud nilai budaya adalah hasil karya seseorang yang berasal dari ke-khasan keanekaragaman hayati. Contohnya adalah bentuk sayap dan cara terbang burung yang memberi inspirasi dalam penemuan pesawat terbang.

5. Sumber plasma nutfah

Plasma nutfah ialah sifat-sifat unggul pada hewan, tumbuhan, dan mikroba dan bersumber di hutan. Akan tetapi dari hewan, tumbuhan, dan mikroba tersebut ada yang belum di ketahui fungsinya. Namun, walaupun belum di ketahui fungsinya kita jangan memusnahkannya Karena mungkin saja di dalamnya mengandung suatu zat yang berperan penting bagi kehidupan.

6. Sumber pendapatan

Yaitu pemanfaatan suatu bagian tertentu pada flora dan fauna yang dapat di jual dan hasilnya di gunakan sebagai sumber pendapatan. Contoh: kayu gaharu yang digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan kosmetik.

7. Sarana rekreasi

Melimpahnya keanekaragaman hayati akan menjadikan suatu kawasan memiliki pemandangan yang indah, sehingga kawasan tersebut dapat dikembangkan sebagai kawasan ekoturisme (wisata alam).

8. Sumber energi

Energi merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi manusia terutama pada era industry saat ini. Keanekaragaman hayati ternyata juga mempunyai peranan penting dalam penyediaan energi bagi kehidupan manusia. Sebagaimana kita ketahui sumber energi yang berupa minyak dan gas berasal dari fosil-fosil hewan dan tumbuhan yang tertimbun dalam tanah selama jutaan tahun. Selain itu juga diketahui jika pohon jarak

dengan melalui proses pengolahan tertentu ternyata dapat menghasilkan minyak yang juga dapat digunakan sebagai bahan bakar.

G. UPAYA MANUSIA MELESTARIKAN DAN MENINGKATKAN KEANEKARAGAMAN MAKHLUK HIDUP

Tidak semua aktivitas manusia mengakibatkan menurunkan keanekaragaman hayati. Ada juga aktivitas yang justru meningkatkan keanekaragaman hayati, yaitu:

1. Penghijauan

Kegiatan penghijauan meningkatkan keanekaragaman makhluk hidup. Kegiatan penghijauan tidak hanya menanam tetapi yang penting adalah merawat tanaman setelah ditanam.

2. Pembuatan taman kota

Pembuatan taman–taman kota selain meningkatkan kandungan oksigen, menurunkan suhu, member keindahan, juga meningkatkan keanekaragaman hayati.

3. Pengembangbiakan

Hewan atau tumbuhan langka dan rawan punah dapat dilestarikan dengan pengembangbiakan secara in situ dan ex situ. Pengembangbiakan secara in situ adalah pembiakan di dalam habitat aslinya. Misalnya mendirikan Cagar Alam Ujung Kulon, Taman Nasional Komodo.

Pengembangbiakan secara ex situ adalah pembiakan di luar habitatnya, namun suasana lingkungan dibuat mirip dengan aslinya. Misalnya penangkaran hewan di kebun binatang (harimau, gajah, burung jalak bali, dan lain-lain).

4. Memelihara kelestarian hutan

Hutan merupakan habitat berbagai jenis tumbuhan dan hewan. Oleh sebab itu kelestariannya dijaga. Untuk melindungi hutan perlu dilakukan tindakan seperti:

- a. Reboisasi yaitu menanam kembali hutan–hutan yang telah gundul.
- b. Melakukan tebang pilih artinya kalau kita memerlukan kayu, pohon yang akan ditebang harus memenuhi syarat umur dan ukuran.

c. Menghindari kebakaran.

5. Menetapkan daerah perlindungan alam

Pemerintah di bawah Menteri Kehutanan mempunyai suatu badan yang menangani daerah-daerah perlindungan alam, yaitu PHDA (Perlindungan Hutan dan Pelestarian Alam). Di Indonesia terdapat sekitar 350 daerah perlindungan alam yang tersebar di berbagai provinsi. Daerah perlindungan alam tersebut digolongkan berdasarkan ukuran, keunikan, ekosistem, dan fungsinya.

a. Hutan suaka alam

Hutan suaka alam adalah hutan yang mempunyai fungsi sebagai pengawet keanekaragaman tumbuhan dan hewan serta ekosistemnya, dan sebagai wilayah penyangga kehidupan. Penyangga kehidupan artinya harus mampu memenuhi kebutuhan makhluk hidup di dalam kawasan suaka alam dibagi menjadi 2 wilayah, yaitu;

1) Cagar Alam

Mempunyai ciri berupa tumbuhan, hewan, dan ekosistem tertentu yang perlu dilindungi untuk kepentingan ilmu pengetahuan dan kebudayaan yang berlangsung secara alami.

2) Suaka Margasatwa

Mempunyai ciri khas berupa keragaman dan keunikan jenis hewan bagi ilmu pengetahuan dan kebudayaan. Untuk kelangsungan hidupnya, dilakukan pembinaan terhadap habitatnya.

b. Hutan Pelestarian Alam

Merupakan hutan dengan ciri khas tertentu, fungsi utamanya untuk perlindungan sistem penyangga kehidupan, pengawetan keanekaragaman jenis tumbuhan dan hewan, serta pemanfaatan secara lestari sumber daya alam hayati dan ekosistemnya. Hutan ini terbagi atas 3 wilayah, yaitu:

1) Taman Nasional

Merupakan kawasan pelestarian alam, terutama dimanfaatkan untuk koleksi tumbuhan atau hewan, baik alamiah atau buatan. Taman hutan dibuat untuk tujuan ilmu pengetahuan, pendidikan dan pelatihan, budaya, pariwisata, rekreasi. Contoh: Taman Nasional yaitu

Taman Nasional Gunung Gede Pangrango di Pulau Jawa dan Taman Nasional Kerinci di Sumatera.

2) Taman Hutan Raya

Adalah kawasan pelestarian alam, terutama dimanfaatkan untuk koleksi tumbuhan dan hewan, baik alami atau buatan. Contohnya: Taman Hutan Raya yaitu Kebun Raya Bogor di Jawa Barat.

3) Taman Wisata Alam

Adalah hutan wisata yang memiliki keindahan alam, baik keindahan tumbuhan, hewan, maupun keindahan alam yang mempunyai corak khas untuk di manfaatkan bagi kepentingan rekreasi dan kebudayaan. Contoh taman wisata alam: Pulau Kembang di Kalimantan, Danau Towuti, Danau Matano dan Mahalono di Sulawesi, Danau Lebu, dan Pulau Manipo di Nusa Tenggara. Contoh taman wisata laut: Bunaken, Taman Wisata Laut di Sulawesi, Taman Wisata Laut Teluk Kupang, Taman Wisata Laut Maumeredi Nusa Tenggara.

BAB 4

STRUKTUR ORGANISASI TUBUH

A. STRUKTUR DAN ORGANISASI TUBUH TUMBUHAN

1. Macam–Macam Jaringan Tumbuhan

Jaringan menurut fungsinya di bedakan menjadi dua yaitu jaringan muda atau meristem dan jaringan dewasa atau permanen. Jaringan terdiri dari jaringan muda atau meristem, jaringan dasar atau parenkim, sklerenkim, xilem, dan floem.

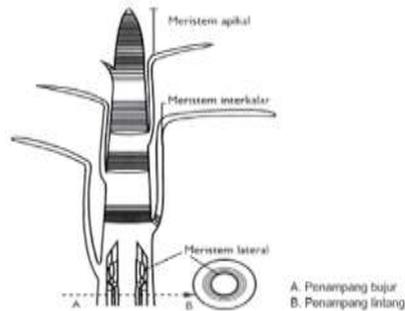
a. Jaringan Meristem

Jaringan meristem dibagi menjadi tiga yaitu meristem apikal yang terletak di ujung batang dan akar, meristem lateral yang terletak di kambium gabus dan meristem interkalar yang terletak diantara satu dan lainnya. Jaringan meristem adalah jaringan muda yang terdiri atas sel-sel yang mempunyai sifat membelah diri. Fungsinya untuk mitosis, dimana sel-selnya kecil, berdinding tipis tanpa vakuola tengah di dalamnya. Jaringan muda yang sel-selnya selalu membelah atau bersifat meristematik. Fungsi sel meristematik adalah mitosis. Bentuk dan ukuran sama relatif, kaya protoplasma, umumnya rongga sel yang kecil.

Berdasarkan letaknya jaringan meristem dibedakan menjadi 3 yaitu:

- Meristem lateral (meristem samping) yang terdapat pada batang tepatnya di cambium atau cambium gabus.
- Meristem interkalar (meristem antara) yang terdapat di antara jaringan dewasa, misalnya pangkal ruas batang.

- Meristem apikal (Meristem ujung) yang terdapat diujung batang atau ujung akar.



Gambar 1. Letak Jaringan Meristem

Berdasarkan asal terbentuknya, jaringan meristem terbagi atas 3 yaitu:

- Promeristem adalah jaringan meristem yang telah ada ketika tumbuhan masih dalam tingkat embrio.
- Meristem primer adalah jaringan meristem yang ada pada tumbuhan muda biasanya ada pada ujung-ujung tumbuhan seperti akar atau pucuk. Jaringan ini masih aktif membelah sehingga menyebabkan organ tumbuhan bertambah panjang atau bertambah tinggi.
- Meristem sekunder adalah jaringan meristem yang terdapat pada jaringan dewasa yang telah terhenti pertumbuhannya, tetapi menjadi embrional kembali. Meristem sekunder terdapat pada kambium. Kambium inilah yang selalu tumbuh dan membelah selama hidup tumbuhan yang menyebabkan pelebaran atau pembesaran batang.

b. Jaringan Permanen

Jaringan permanen di bagi menjadi 5 yaitu jaringan epidermis, jaringan parenkim, jaringan penyokong atau penguat, jaringan pengangkut dan jaringan gabus. Jaringan permanen merupakan jaringan yang telah mengalami diferensiasi. Umumnya jaringan dewasa tidak membelah diri, bentuknya pun relatif permanen serta rongga selnya besar.

2. Jaringan Epidermis

Jaringan epidermis adalah jaringan yang letaknya paling luar. Jaringan epidermis tidak mengandung klorofil kecuali pada epidermis tumbuhan Bryophyta dan Pterydophyta serta sekitar epidermis pada sel penutup stomata. Bentuk sel jaringan epidermis seperti balok. Pada tumbuhan yang sudah mengalami pertumbuhan sekunder, akar dan batangnya sudah tidak lagi memiliki jaringan epidermis.

Fungsi jaringan epidermis antara lain:

- Pelindung jaringan didalamnya
- Tidak dapat ditembus air dari luar, kecuali akar yang muda, bisa masuk air karena osmosis
- Peresap air dan mineral pada akar yang muda. Oleh karena itu akar-akar yang muda epidermisnya diperluas dengan tonjolan-tonjolan yang disebut bulu akar.
- Untuk penguapan air yang berlebihan. Bisa melalui evaporasi atau gutasi
- Tempat difusi O₂ dan CO₂ sewaktu respirasi, terjadi pada epidermis yang permukaannya bergabus.

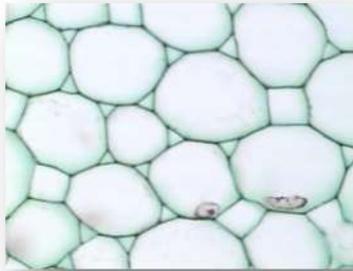
Epidermis bisa membentuk aneka ragam bentuk menyesuaikan perannya di organ tempat keberadaan epidermis.

- Stomata (mulut daun) yaitu lubang pada lapisan epidermis daun. Sekitar stomata terdapat sel yang berklorofil disebut sel penutup. Stomata berfungsi sebagai tempat masuknya CO₂ dan keluarnya O₂ sewaktu berfotosintesis dan untuk penguapan air.
- Trichoma yaitu rambut-rambut yang tumbuh pada permukaan luar dari epidermis daun dan batang. Berfungsi untuk menahan penguapan air, meneruskan rangsang, melindungi tumbuhan dari gangguan hewan, membantu penyebaran biji dan penyerbukan bunga
- Bulu-bulu akar yaitu rambut-rambut yang tumbuh pada permukaan akar yang dapat diresapi oleh larutan garam-garam tanah.
- Sel kipas tersusun dari beberapa sel berdinding tipis dengan ukuran yang lebih besar dibandingkan sel-sel epidermis di sekitarnya. Sel kipas berfungsi mengurangi penguapan dengan menggulung daun.

- Spina yaitu duri yang berfungsi untuk melindungi tumbuhan dari gangguan manusia dan hewan.
- Vilamen merupakan akar gantung sel mati di bagian dalam jaringan epidermis (pohon beringin).

3. Jaringan Parenkim

Sel parenkim terdapat diberbagai sebagian tumbuhan, bentuknya besar-besar dan berdinding tipis. Fungsi utama sel parenkim sebagai tempat cadangan makanan serta sebagai jaringan penyokong. Parenkim biasanya memiliki dimensi panjang dan lebar yang sama dan protoplas aktif dibungkus oleh dinding sel primer dengan selulose yang tipis. Nama lainnya adalah jaringan dasar.



Gambar 2. Jaringan Parenkim

Jaringan parenkim di jumpai pada kulit batang, kulit akar, daging, daun, daging buah dan endosperm. Sel parenkim yang mengandung klorofil disebut klorenkim, yang mengandung rongga-rongga udara disebut aerenkim. Penyimpanan cadangan makanan dan air oleh tubuh tumbuhan dilakukan oleh jaringan parenkim. Berdasarkan fungsinya jaringan parenkim dibedakan menjadi beberapa macam antara lain:

- Parenkim asimilasi (Klorenkim) adalah sel parenkim yang mengandung klorofil dan berfungsi untuk fotosintesis
- Parenkim penimbun adalah sel parenkim ini dapat menyimpan cadangan makanan yang berbeda sebagai larutan di dalam vakuola, bentuk partikel padat, atau cairan di dalam sitoplasma.

- Parenkim air adalah sel parenkim yang mampu menyimpan air. Umumnya terdapat pada tumbuhan yang hidup didaerah kering (Xerofit), tumbuhan epifit, dan tumbuhan sukulen.
- Parenkim penyimpan udara (Aerenkim) adalah jaringan parenkim yang mampu menyimpan udara karena mempunyai ruang antar sel yang besar. Aerenkim banyak terdapat pada batang dan daun tumbuhan hidrofyt

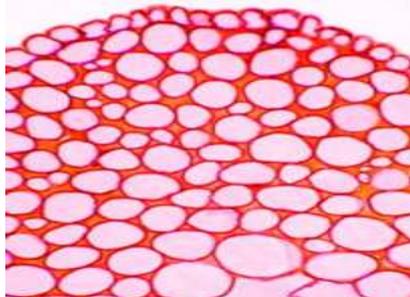
4. Jaringan Penyokong

Jaringan penyokong merupakan jaringan yang berfungsi untuk menyokong agar tanaman dapat berdiri dengan kokoh dan kuat. Jaringan penyokong dibagi menjadi dua yaitu jaringan kolenkim dan sklerenkim. Jaringan kolenkim adalah jaringan penyokong yang masih muda, jaringan yang berdinding tebal terutama pada sudut-sudutnya. Jaringan sklerenkim adalah jaringan yang terdiri dari sel-sel yang sudah mati, dinding sel yang tidak elastis tetapi kuat. Jaringan sklerenkim merupakan sel penunjang yang lebih umum, dinding sel sangat tebal. Sklerenkim merupakan komponen yang sangat penting pada penutup luar biji dan buah keras.

Fungsinya untuk menguatkan bagian tubuh tumbuhan. Jaringan penyokong terbagi atas 2 yaitu:

a. Jaringan Kolenkim

Kolenkim terdiri dari sel – sel yang serupa dengan parenkim tapi dengan penebalan pada dinding sel primer disudut sudut sel tidak menyeluruh. Umumnya terletak pada bagian batang dan beberapa bagian daun. Karena kolenkim jarang menghasilkan dinding sel sekunder, jaringan ini tampak sebagai sel–sel dengan penebalan dinding sel yang ekstensif.

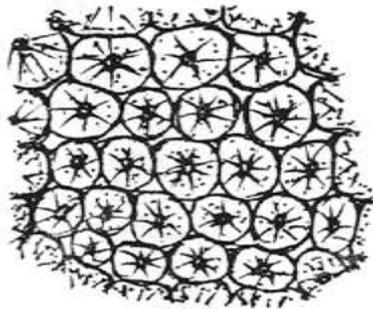


Gambar 3. Jaringan Kolenkim

b. Jaringan Sklerenkim

Sklerenkim adalah jaringan pendukung pada tanaman. Penebalan lignin terletak pada dinding sel primer dan sekunder dan dinding menjadi sangat tebal. Hanya ada sedikit ruang untuk protoplas yang nantinya hilang jika sel dewasa. Sel-sel yang terdiri dari jaringan sklerenkim mungkin terbagi menjadi 2 tipe yaitu serat (fibre) atau sklereid. Serat atau fibre biasanya memanjang dengan dinding berujung meruncing pada penampang membujur sedangkan sklereid atau sel batu.

Batok kelapa adalah contoh yang baik dari bagian tubuh tumbuhan yang mengandung serabut dan sklereid. Terdapat pada bagian keras buah dan biji. Bagian bergerigi pada buah pir disebabkan oleh sel-sel batu. Sebagian besar dinding sel jaringan kolenkim terdiri dari senyawa selulosa merupakan jaringan penguat pada organ tubuh muda atau bagian tubuh tumbuhan yang lunak. Selain mengandung selulosa dinding sel, jaringan sklerenkim mengandung senyawa lignin, sehingga sel-selnya menjadi kuat dan keras. Sklerenkim terdiri dari dua macam yaitu serabut/serat dan sklereid.



Gambar 4. Jaringan Sklerenkim

5. Jaringan pengangkut

Jaringan pengangkut adalah jaringan yang berguna untuk transportasi hasil asimilasi dari daun ke seuruh bagian tumbuhan dan pengangkutan air serta garam-garam mineral. Jaringan pengangkut dibagi menjadi dua yaitu xilem dan floem.

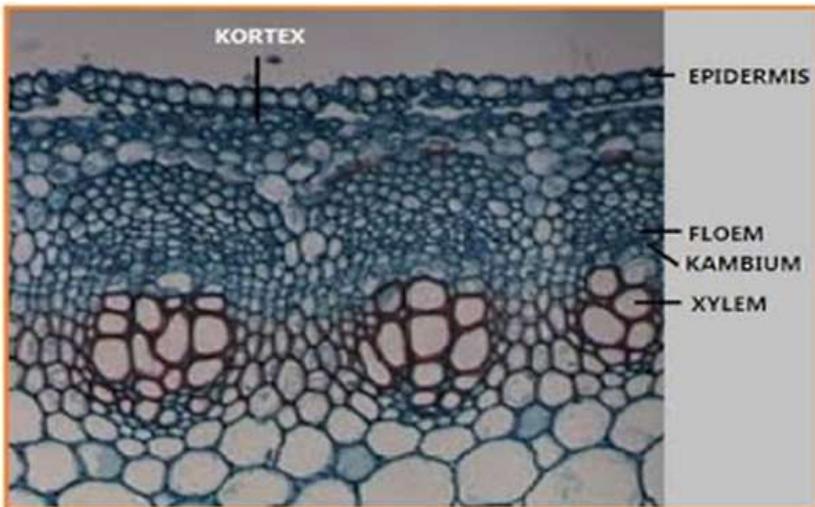
Xilem merupakan jaringan kompleks yang terdiri dari sel mati maupun hidup. Floem merupakan jaringan kompleks yang terdiri dari berbagai unsur dengan tipe berbeda yaitu pembuluh lapisan, parenkim serabut, dan

kloroid. Xilem merupakan jaringan campuran yang terdiri atas beberapa sel yang mempunyai tipe tertentu yang paling khas. Xilem mempunyai dinding sel yang tebal. Dindingnya menebal dalam pola-pola berkas.

Xilem dan floem merupakan alat transportasi zat-zat pada tumbuhan berpembuluh. Xilem bertugas membawa air dan zat-zat terlarut dari akar ke daun untuk kebutuhan proses fotosintesis. Sedangkan floem berfungsi sebagai alat transportasi bagi zat-zat hasil fotosintesis dari daun ke seluruh tubuh tumbuhan.

Yang merupakan karakteristik sel-sel xylem adalah

- Berkas pengangkut dan trakeid yang memiliki dinding sel tebal mengandung lignin dan merupakan pengangkut air.
- Trakeid berbentuk memanjang, serupa dengan serat tapi berdiameter lebih besar.
- Pada penampang melintang berkas pengangkut tampak besar dan bulat pada jaringan xylem.



Gambar 5. Penampang Atas Jaringan Pengangkut

Pada prinsipnya, floem merupakan jaringan parenkim. Tersusun atas beberapa tipe sel yang berbeda, yaitu buluh tapis, sel pengiring, parenkim, serabut dan sklerenkim. Floem juga dikenal sebagai pembuluh tapis, yang membentuk kulit kayu pada batang.

Tipe-tipe berkas pengangkut:

- a. Tipe kolateral
 - Kolateral terbuka, jika diantara xylem dan floem terdapat cambium
 - Kolateral tertutup, jikaq antara xylem dan floem tidak dijumpai kambium
- b. Tipe konsentris
 - Konsentris amfikibral, apabila xylem berada ditengah dan floem mengelilingi xylem
 - Konsentris amfivasal, apabila floem ada ditengah dan xylem mengelilingi floem
- c. Tipe radial
 - Tipe radial, xilem dan floem letaknya bergantian menurut jari-jari lingkaran

6. Jaringan gabus

Jaringan gabus merupakan jaringan yang tersusun oleh sel-sel parenkim gabus mengandung suberin dan kutin, Jaringan ini lebih kuat daripada epidermis. Terdapat di bagian tepi alat-alat tumbuhan, Fungsinya adalah menggantikan jaringan epidermis sebagai pelindung jaringan dibawahnya apabila jaringan epidermis telah rusak atau mati.

Jaringan gabus dibedakan menjadi tiga yaitu:

- a. Eksodermis jaringan ini terletak di luar dan mengandung suberin pengganti epidermis.
- b. Endodermis pada bagian endodermis yang masih muda, dinding selnya terdiri atas selulosa dan bersifat elastis, sedangkan endodermis yang sudah tua atau dewasa pada dinding selnya terjadi penebalan-penebalan berupa titik-titik atau pita dari zat kayu dan mengandung suberin serta kutin yang disebut titik atau pita kaspari.
- c. Periderm (Kulit Gabus) dibagi menjadi tiga bagian yaitu
 - 1) Felogen (Kambium Gabus)

Felogen merupakan kambium gabus yang merupakan lapisan sel yang meristematis. Felogen dapat terbentuk dari berbagai jaringan hidup, misalnya epidermis, parenkim korteks yang sel-selnya dapat berubah menjadi meristematik. Felogen ke arah luar membentuk gabus (Felem) dan ke arah dalam membentuk parenkim (Feloderm).

2) Felem (Gabus)

Felem merupakan lapisan gabus sebagai produk dari felogen yang terbentuk ke arah luar.

3) Feloderm (Parenkim Gabus)

Jaringan ini dapat dikatakan hampir homogen dengan parenkim korteks yang terbentuk ke arah dalam sehingga hanya terdapat di lapisan paling dalam. Dalam hal ini, pada jaringan gabus batang terdapat lentisel.

B. ORGAN TUMBUHAN

Organ tumbuhan biji yang penting ada 3 yakni Akar (Radix) batang (Caulis) dan daun (Folium). Sedangkan bagian lain dari ketiga organ tersebut adalah modifikasinya, contohnya

- a. umbi modifikasi akar
- b. bunga modifikasi dari ranting dan daun.
- c. buah (bunga yang diserbuki) membentuk organ reproduktivum
- d. biji ada di buah

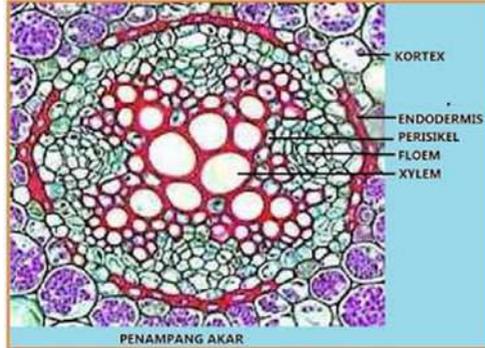
1. AKAR

Asal akar adalah dari akar lembaga (Radix). Pada Dikotil, akar lembaga terus tumbuh sehingga membentuk akar tunggang. Pada Monokotil, akar lembaga mati, kemudian pada pangkal batang akan tumbuh akar-akar yang memiliki ukuran hampir sama sehingga membentuk akar serabut. Akar monokotil dan dikotil ujungnya di lindungi oleh tudung akar atau kaliptra, yang fungsinya melindungi ujung akar sewaktu menembus tanah, sel-sel kaliptra ada yang mengandung butir-butir amyllum, di namakan kolumela. Fungsi Akar adalah

- a. Untuk menambatkan tubuh tumbuhan pada tanah
- b. Dapat berfungsi untuk menyimpan cadangan makanan

c. Menyerap air dan garam-garam mineral terlarut

Pada akar muda bila dilakukan potongan melintang akan terlihat bagian-bagian dari luar ke dalam.



Gambar 6. Anatomi Akar

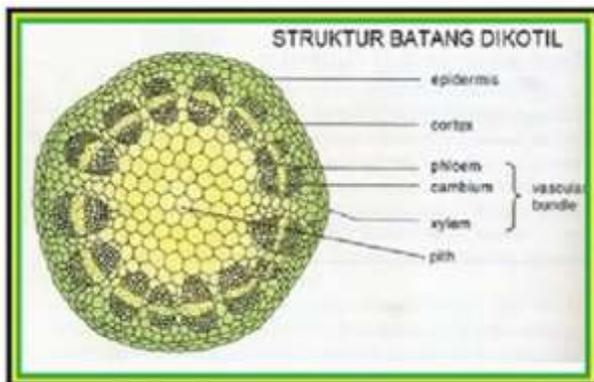
Tabel 1. Struktur Akar Dikotil

	Jaringan	Letak	Fungsi
a)	Epidermis atau eksodermis	Bagian terluar akar.	Jalan masuk air dan garam mineral.
b)	Korteks	Daerah di sebelah dalam epidermis	Cadangan makanan.
c)	Endodermis	Lapisan sebelah dalam korteks dan di luar perisikel	Mengatur masuknya air tanah ke dalam pembuluh. Menyimpan zat makanan.
d)	Perisikel	Sebelah dalam lapisan endodermis.	Membentuk cabang akar dan kambium gabus.

e)	Xylem	Bagian tengah akar.	Mengangkut air dan garam mineral dari tanah menuju daun.
f)	Floem	Di antara jari-jari yang dibentuk oleh xilem.	Mengangkut zat makanan yang dibuat daun menuju ke seluruh bagian tumbuhan.
g)	Empulur	Bagian tengah. Di antara bangunan bentuk bintang di dalam xilem.	Menyimpan makanan cadangan.

2. BATANG

Terdapat perbedaan antara batang dikotil dan monokotil dalam susunan anatominya. Terlihat berkas pengangkut pada Dikotil melingkar teratur karena berkambium bertipe kolateral terbuka, sedang pada monokotil tersebar karena tidak berkambium dan tipe berkas pengangkutnya Kolateral tertutup. Pada batang dikotil terdapat lapisan-lapisan dari luar ke dalam.



Gambar 7. Penampang Batang

Pada tumbuhan dikotil, berkayu keras dan hidupnya menahun. Pertumbuhan menebal sekunder tidak berlangsung terus-menerus sehingga pada batang tampak berlapis-lapis, setiap lapis menunjukkan aktivitas pertumbuhan selama satu tahun. Lapisan-lapisan itu membentuk lingkaran yang di namakan Lingkaran Tahun.

Tabel 2. Batang dikotil

	Jaringan	Letak	Fungsi
a)	Epidermis	Bagian terluar batang	Zat kitin pada batang melindungi agar tidak kehilangan air terlampau banyak.
b)	Korteks	Di antara lapisan endodermis.	<ul style="list-style-type: none"> - Sel-sel kolenkim sebagai jaringan penunjang. - Sel-sel parenkim sebagai jaringan dasar, pengisi, dan penyimpan zat.
c)	Stele perisikel	<ul style="list-style-type: none"> - Sebelah dalam lapisan endodermis. - Menyelubungi berkas pembuluh batang. 	Memberi kekuatan pada batang.
d)	Berkas pembuluh	Bagian dalam perisikel.	Pengangkutan zat
e)	Floem	Bagian luar berkas pembuluh atau di bagian luar kambium.	Mengangkut zat makanan yang dibuat di daun menuju ke seluruh tubuh.
f)	Xylem	Bagian dalam berkas pembuluh atau di bagian dalam kambium.	Menyalurkan air dengan garam mineral dari akar ke daun.
g)	Kambium	Di antara berkas	Ke dalam membentuk

		pembuluh xilem dan floem.	jaringan xilem dan keluar membentuk jaringan floem.
--	--	---------------------------	---

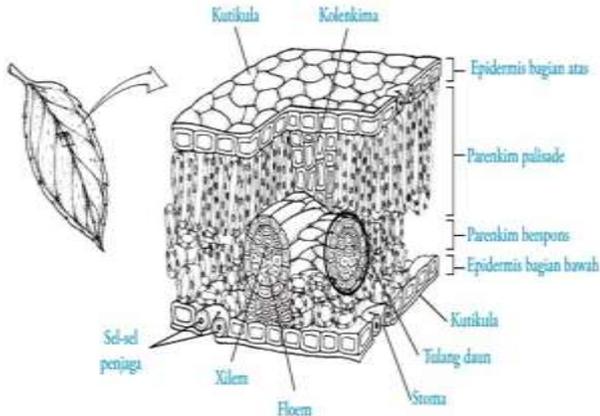
Batang Monokotil pada batang Monokotil, epidermis terdiri dari satu lapis sel, batas antara korteks dan stele umumnya tidak jelas. Pada stele monokotil terdapat ikatan pembuluh yang menyebar dan bertipe kolateral tertutup yang artinya di antara xilem dan floem tidak ditemukan kambium. Tidak adanya kambium pada Monokotil menyebabkan batang Monokotil tidak dapat tumbuh membesar, dengan perkataan lain tidak terjadi pertumbuhan menebal sekunder. Meskipun demikian, ada Monokotil yang dapat mengadakan pertumbuhan menebal sekunder, misalnya pada pohon Hanjuang (*Cordyline sp*) dan pohon Nenas seberang (*Agave sp*).

3. DAUN

Daun merupakan modifikasi dari batang, merupakan bagian tubuh tumbuhan yang paling banyak mengandung klorofil sehingga kegiatan fotosintesis paling banyak berlangsung di daun.

Anatomi pada daun terdiri atas:

- a. Epidermis atas - Epidermis bawah (dengan stomata)
Epidermis merupakan lapisan terluar daun, ada epidermis atas dan epidermis bawah, untuk mencegah penguapan yang terlalu besar, lapisan epidermis dilapisi oleh lapisan kutikula. Pada epidermis terdapat stoma/mulut daun, stoma berguna untuk tempat berlangsungnya pertukaran gas dari dan ke luar tubuh tumbuhan.
- b. Parenkim Palisade (jaringan tiang/pagar)
Mengandung kloroplast, sel-selnya rapat, jaringan palisade memang yang digunakan dalam fotosintesis.
- c. Jaringan pagar Parenkim spons (Jaringan bunga karang)
Jaringan bunga karang sel-selnya agak renggang, sehingga masih terdapat ruang-ruang antar sel. Kegiatan fotosintesis lebih aktif pada jaringan pagar karena kloroplasnya lebih banyak daripada jaringan bunga karang.
- d. Berkas pengangkut
- e. kambium
- f. Floem dan Xylem



Gambar 8. Penampang Daun

C. STRUKTUR DAN ORGANISASI TUBUH HEWAN

Ada 3 lapisan lembaga yang merupakan bakal dari pembentukan jaringan atau organ-organ dewasa yaitu:

- Lapisan lembaga ektoderm, lapisan ini akan menurunkan antara lain: kulit dan sistem saraf.
- Lapisan lembaga mesoderm, antara lain akan membentuk otot, rangka, ekskretom, jantung dengan pembuluh darahnya, serta organ-organ genitalia jaringan ikat.
- Lapisan lembaga endoderm, lapisan ini terutama akan menjadi saluran pencernaan dengan kelenjar pencernaannya, paru-paru dan kantung air seni.

1. Jaringan Pada Hewan

Sel-sel merupakan unit terkecil baik struktur maupun fungsional. Sel-sel dengan struktur dan fungsi yang sama akan membentuk jaringan. Beberapa jaringan akan membentuk organ, sedangkan beberapa organ melakukan suatu aktivitas (peranan) secara bersama-sama akan membentuk sistem.

Dalam tubuh hewan kita dapat mengenali 4 macam jaringan utama, yaitu:

- Jaringan epitel
- Jaringan ikat
- Jaringan otot
- Jaringan saraf

a. Jaringan Epitel

Ciri jaringan ini adalah bahwa sel-selnya tersusun sangat rapat, sedikit substansi interseluler dan selalu berbatasan dengan rongga tubuh atau menutupi permukaan tubuh. Macam-macam jaringan epitel dan contohnya antara lain:

- 1) Jaringan epitel selapis kubus, contohnya: folikel-folikel kelenjar thyroid dan saluran pelepasan dalam ginjal.
- 2) Jaringan epitel selapis silindris, contohnya: dinding saluran pencernaan.
- 3) Jaringan epitel berlapis banyak palsu, contohnya: trakhea.
- 4) Jaringan epitel berlapis banyak pipih, contohnya: kulit.

Selain itu kita mengenal turunan dari jaringan epitel yang disebut kelenjar. Beberapa contoh kelenjar adalah:

- 1) Kelenjar uniseluler, contohnya kelenjar mukus, banyak terdapat pada hewan-hewan rendah.
- 2) Kelenjar multiseluler, banyak sekali macamnya:
 - Dapat berbentuk alveolar (Aeinus) contohnya, kelenjar sryptof lieberkuhn.
 - Dapat berbentuk alveolar (Aeinus) contohnya, kelenjar ludah (kelenjar parotid)

Kelenjar-kelenjar ini mempunyai saluran untuk melepaskan getah atau sekretnya. Kelenjar yang tak mempunyai saluran disebut kelenjar endokrin, contohnya kelenjar tiroid. Pankreas disebut kelenjar campuran, karena berfungsi sebagai kelenjar endokrin menggetahkan insulin, dan kelenjar eksokrin dengan menggetahkan enzim-enzim pencernaan.

b. Jaringan Ikat

Disebut juga jaringan menyokong, karena selain berfungsi mengikat, atau menghubungkan satu jaringan dengan jaringan yang lain, juga menyokong fungsi organ-organ tertentu. Macam-macam jaringan ikat antara lain:

- 1) Jaringan ikat kendur atau longgar selain mempunyai banyak macam elemen seluler, juga mengandung serabut-serabut kolagen, retikulum dan elastin, contohnya pada bagian sub mukosa saluran pencernaan.
- 2) Jaringan ikat padat atau kencang terutama dibangun oleh serabut kolagen dan fibroblast.
- 3) Jaringan lemak (*Oediposum*) dibangun oleh sel-sel lemak sebagai cadangan makanan.
- 4) Jaringan rawan sel-selnya disebut kondrosit, yang muda disebut kondroblast, yang berkumpul disebut kelompok kelenjar isogen. Macamnya rawan hyalin, rawan elastin dan rawan serabut.
- 5) Jaringan tulang matriksnya keras karena mengandung endapan garam kalsium fosfat, sel tulang disebut *osteosit* (tua) atau *osteoblast* (muda). Kita mengenal: tulang karang (terdapat pada tulang-tulang yang pipih), tulang kompak, sel-selnya tersusun dalam lamela havers, yang mengelilingi saluran havers.
- 6) Darah merupakan jaringan ikat dengan matriks berupa cairan yang disebut plasma darah.

Elemen selulernya:

- 1) Sel darah merah (*Eritrosit*) berbentuk seperti cakram, tak berinti ukurannya 7 mengandung pigmen hemoglobin, pada pria jumlahnya 5 juta per mm kubik, pada wanita 4,5 juta per mm kubik.
- 2) Sel darah putih (*Lekosit*). Jumlah pada manusia normalnya antara 5000 sampai 8000 per mm kubik, terbagi menjadi dua golongan yaitu:
 - Agranuler, terdiri: limfosit, ukuran kecil, mempunyai kromatin yang padat, dan monosit, ukurannya lebih besar, kromatinnya tidak begitu padat.
 - Granuler, sitoplasmanya mengandung butir-butir granula, yang mudah menyerap zat warna.

- 3) Trombosit atau berkeping-keping darah, berfungsi dalam pembekuan darah, strukturnya berupa keping-keping kecil.

c. Jaringan Otot

Berfungsi untuk pergerakan bersama rangka, elemen kontraktilnya disebut miofibril yang terbenam dalam sarkoplasma (Sitoplasma dalam sel otot).

Macam-macam jaringan otot:

- 1) Otot polos
Mempunyai miofibril yang homogen merupakan otot tak sadar, terdapat pada dinding saluran pencernaan dan dinding pembuluh darah.
- 2) Otot bergaris melintang (Otot lurik)
Mempunyai miofibril yang heterogen merupakan otot sadar, serabut ototnya mempunyai inti lebih dari satu yang terletak dipinggir karena melekat pada rangka, sering juga disebut rangka otot.
- 3) Otot jantung
Meskipun mempunyai miofibril yang heterogen tetapi tergolong dalam otot tak sadar, serabut-serabut ototnya dapat bercabang, inti satu terletak ditengah, selain itu mempunyai keping-keping interkalar.

d. Jaringan Saraf

Fungsinya untuk mengantarkan impuls bila ada rangsang. Elemen seluler yang membangunnya disebut sel saraf atau neuron. Neuron atau sel saraf mempunyai bagian-bagian berikut:

- 1) Badan sel saraf juga disebut perikarion.
- 2) Dendrit, merupakan uluran-uluran sitoplasma yang pendek, jumlahnya banyak.
- 3) Akson, uluran sitoplasma ini tunggal dan dapat sangat panjang.

Akson saraf ada yang terbungkus oleh seludang yaitu disebut lapisan myelin (sebagai pelindung) seludang schwan. Letak badan sel saraf mengumpul pada pusat saraf (otak dan umsum tulang belakang), badan sel yang terletak diluar pusat saraf disebut ganglion. Hubungan antara sel saraf yang satu dengan sel saraf yang lain berlangsung melalui sinapsis.

2. Organisasi Tubuh Hewan

Tubuh hewan terdiri dari 10 sistem yaitu sistem rangka, sistem otot, sistem integumen, sistem pencernaan, sistem respirasi, sistem ekskresi, sistem sirkulasi, sistem saraf, sistem perkembangbiakan, dan sistem endokrin. Dimana semua sistem tersebut bekerja saling ketergantungan.

a. Sistem Rangka

Fungsi rangka untuk memperkuat serta melindungi bagian-bagian yang lemah dari tubuh. Pada invertebrata, mempunyai skelet luar atau eksoskelet, seperti siput misalnya. Pada invertebrata secara garis besar skeletalnya dapat dibagi:

- 1) Skelet Aksial meliputi ruas-ruas tulang belakang dan tengkorak
- 2) Skelet Apendikular meliputi gelang bahu (Pektoral) dengan skelet anggota depan dan gelang pinggul dengan skelet anggota belakang.



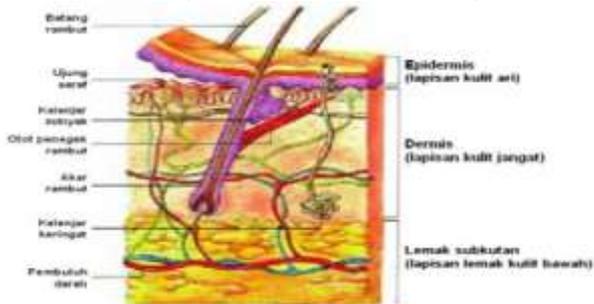
Gambar 9. Struktur Rangka

b. Sistem Otot

Otot rangka dibangun oleh serabut-serabut yang kedua ujungnya melekat pada tulang. Bagian tengah otot yang menggelembung berbentuk gelondong disebut perut atau gester. Bagian urat yang melekat pada tulang yang relatif tidak bergerak waktu kontraksi disebut origo dan ujung lain disebut insertio. Ada pasangan otot yang bekerja saling membantu disebut sinergis dan yang kerjanya berlawanan disebut antagonis.

c. Sistem Integumen (kulit)

Fungsi kulit dapat bermacam-macam yaitu sebagai pelindung, eksteroreseptor, osmoregulator, termoregulator, sebagai alat pernapasan, sampai sebagai alat gerak dan tempat cadangan makanan. Secara umum kulit terdiri dari lapisan epidermis, dan lapisan dermis yang mengandung pembuluh darah, akhiron dan badan-badan saraf (badan krause untuk rasa dingin, badan rufini untuk rasa panas). Kulit mempunyai derivat-derivat seperti: rambut, bulu, kelenjar, kuku, sisik dan lainnya.

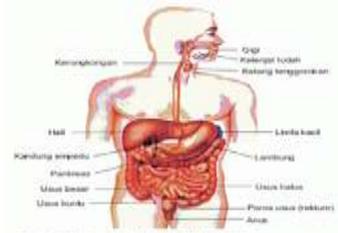


Gambar 9. Struktur Kulit

d. Sistem Pencernaan

Pada hewan invertebrata pembagian makanan di lakukan dengan cara yang sangat sederhana, seperti pada amoeba dengan vakuola makanan, pada planaria dengan gastrovaskuler. Pada hewan vertebrata saluran pencernaan di bangun oleh:

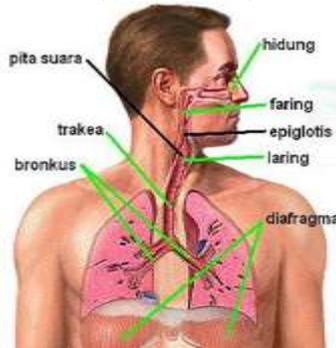
Mulut- Pharynx – Oesophagus – Lambung - Usus Halus (Duodenum, Yeyunum, Uleum) - Usus besar (Colon) - Rectum dan Anus. Selain itu, di lengkapi oleh kelenjar pencernaan yaitu hati dan pankreas.



Gambar 10. Organ Pencernaan

e. Sistem Respirasi

Pada amoeba, pengambilan oksigen berlangsung secara difusi melalui permukaan tubuh. Serangga melakukan dengan trachea, yang tidak di pakai untuk memompa udara. Hewan air seperti ikan dan larva-larva menggunakan insang sebagai organ pernapasan. Pada katak, reptil, burung dan mamalia alat pernapasan utama adalah paru-paru. Pada ikan terdapat gelembung udara, dan pada burung dilengkapi dengan pundi-pundi paru-paru. Di bawah ini gambar alat pernapasan pada manusia.



Gambar 11. Organ Pernapasan

f. Sistem Ekskresi

Berfungsi untuk membuang sisa-sisa hasil metabolisme protein (NH_3 , Urea, Uric Acid) yang bersifat racun. Macamnya, pada protozoa dilakukan oleh vakuola berdenyut, pada plathyhelminthes dilakukan oleh apa yang disebut "flame cell", sedangkan pada cacing tanah, berlangsung melalui nephridium. Pada hewan vertebrata organ ekskresi yang utama adalah ginjal, yang dibantu oleh kulit.

g. Sistem Peredaran

Pada belalang terdapat sistem peredaran darah terbuka. Darah dari jantung menyebar ke jaringan tanpa melalui pembuluh darah, kembali ke jantung melalui ruang antar jaringan yang disebut "*Hemocoel*".

Sistem peredaran tertutup, dibangun oleh jantung sebagai organ utama dan pembuluh darah arteri serta vena. Pada ikan jantung berisi darah kotor, karena pengambilan oksigen dilakukan oleh insang, yang masuk ke aorta dorsal.

Pada katak terjadi pencampuran darah kotor dan bersih pada jantungnya, darah kotor masuk keparu-paru sedangkan yang bersih di edarkan ke seluruh tubuh. Pada katak terdapat dua sistem vena aorta yaitu: vena porta renalis, dan vena porta hepatica. Pada burung lengkung aorta yang berfungsi adalah sebelah kanan, sedangkan pada mamalia adalah yang sebelah kiri.

h. Sistem Saraf

Terdiri dari sistem saraf pusat yaitu otak dan sum-sum tulang belakang, sistem saraf periferia (Topi) yaitu saraf kranial dan saraf spinal, serta saraf otonom. Pada manusia saraf kranial terdapat 12 pasang sedangkan pada katak hanya 10 pasang.

i. Sistem Perkembangbiakan

Pada hewan betina di bangun oleh kelenjar-kelenjar kelamin betina yang di sebut ovarin yang di lengkapi dengan saluran telur. Pada hewan jantan kelenjar kelamin tersebut testis yang menghasilkan spermatozoa, sering di lengkapi dengan kelenjar-kelenjar pembantu seperti kelenjar prostata, kelenjar bulbo urethra, dan vasikula seminalis.

j. Sistem Endokrin

Fungsinya menghasilkan hormon yang membantu sistem koordinasi. Kelejar endokrin: hypophyse, kelenjar thyroid, kelenjar adrenal, kelenjar pankreas, kelenjar kelamin (Testis dan Ovarium) dan kelenjar opipyse.

BAB 5

METABOLISME

A. PENGERTIAN METABOLISME

Metabolisme adalah keseluruhan proses reaksi kimiawi yg terjadi di dalam sel hidup. Metabolisme disebut sebagai reaksi enzimatik, karena dalam proses metabolisme enzim sangat berperan penting, yaitu sebagai katalisator atau perangsang. Sehingga, dengan adanya enzim dalam reaksi, metabolisme akan semakin cepat berlangsung.

1. Enzim

Beberapa reaksi kimia dalam tubuh makhluk hidup terjadi sangat cepat. Hal ini terjadi karena adanya suatu zat yang membantu proses tersebut. Apabila zat ini tidak ada, maka proses tersebut berjalan lambat atau tidak berlangsung sama sekali. Zat tersebut adalah enzim atau fermentasi.

Enzim adalah biokatalisator, yang artinya dapat mempercepat reaksi-reaksi biologi tanpa mengalami perubahan struktur kimia, hal tersebut terjadi karena enzim itu hanya mempengaruhi reaksi dan tidak ikut bereaksi.

Struktur enzim dapat dibagi 2, yaitu:

- a. Koenzim, yaitu enzim yang bahan dasarnya adalah logam (Mo, Mg, Mn, Fe, Cu dan Zn) dan vitamin.
- b. Apoenzim, yaitu enzim yang bahan dasarnya adalah protein. Apoenzim ini merupakan bagian yg berupa protein yang biasanya bersifat termolabil atau tidak tahan dengan panas.

Kedua jenis struktur enzim yaitu koenzim dan apoenzim dapat di gabung sehingga menghasilkan holoenzim.

2. Cara Kerja Enzim

Banyak enzim dapat bekerja bolak-balik. Enzim dapat mengubah substrat menjadi hasil akhir. Sebaliknya enzim juga dapat mengembalikan hasil akhir menjadi substrat jika lingkungannya tidak berubah. Contohnya enzim lipase dapat berfungsi sebagai katalisator dalam perubahan lemak menjadi asam lemak dan gliserol. Enzim lipase dapat mengubah kembali gliserol dan asam lemak menjadi lipid atau lemak.

Enzim bekerja spesifik, artinya enzim mempunyai fungsi yang khusus. Untuk perubahan zat tertentu, diperlukan enzim tertentu. Jika enzimnya berbeda, maka hasilnya akan berbeda pula. Contohnya pada pemecahan rafinosa (suatu trisakarida) yang dilakukan oleh enzim sukrase, akan terurai menjadi melibiosa dan fruktosa. Akan tetapi, rafinosa yg di pecah oleh enzim emulsion akan terurai menjadi sukrosa dan galaktosa. Sistem kerja enzim ada 2 yaitu:

a. Kunci Gembok (*Lock and Key*)

Enzim dimisalkan gembok karena memiliki sebuah bagian kecil yang dapat berikatan dengan substrat. Bagian kecil itu disebut sebagai sisi aktif. Sustrat dimisalkan sebagai kunci karena dapat berikatan secara pas dengan sisi aktif enzim (Gembok).

b. Induksi Pas (*Induced Fit*)

Menurut cara kerja ini bagian sisi aktif enzim bersifat fleksibel terhadap substrat yang masuk. Apabila ada substrat yang msuk kebagian sisi aktif, maka bagian ini akan mengalami perubahan bentuk mengikuti bentuk substrat.

3. Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Kerja Enzim

Ada empat yang mempengaruhi kerja enzim yaitu temperatur (suhu), pH, konsentrasi dan inhibitor.

a. Temperatur

Karena enzim tersusun dari protein, maka enzim sangat peka terhadap temperatur. Temperatur yang terlalu tinggi dapat menyebabkan enzim mengalami denaturasi protein. Temperatur yang terlalu rendah dapat

menghambat reaksi. Pada umumnya, temperatur optimum enzim adalah 30°C. Kebanyakan enzim tidak menunjukkan reaksi jika suhu turun sampai sekitar 0 derajat celsius, namun enzim tidak rusak. Jika suhu normal kembali, maka enzim akan aktif kembali. Enzim tahan pada suhu rendah, namun dapat rusak di atas suhu 0 derajat

b. Perubahan pH

Enzim juga sangat terpengaruh oleh pH. Perubahan pH dapat mempengaruhi perubahan asam amino kunci pada sisi aktif bergabung dengan substratnya. pH yang dibutuhkan berbeda-beda, tergantung pada jenis enzimnya.

c. Konsentrasi Enzim dan Substrat

Agar reaksi berjalan optimum, maka perbandingan jumlah enzim dengan substrat harus sesuai. Jika enzim terlalu sedikit dan substrat terlalu banyak, maka reaksi akan berlangsung lambat dan bahkan ada substrat yg tidak terkatalisasi. Semakin banyak enzim, reaksi akan semakin cepat.

d. Inhibitor Enzim

Seringkali kerja enzim di hambat oleh suatu zat, yang disebut dengan inhibitor. Ada dua jenis inhibitor, yaitu inhibitor kompetitif (Substrat) dan zat penghambat berkompetisi untuk bergabung dengan sisi aktif, dan inhibitor nonkompetitif (sisi aktif enzim sudah berubah).

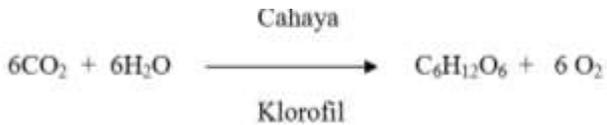
B. ANABOLISME

Anabolisme adalah proses pembentukan molekul yang kompleks dari molekul yang sederhana dengan menggunakan energi yang tinggi. Contoh reaksi anabolisme adalah fotosintesis.

1. Fotosintesis

Fotosintesis adalah proses penyusunan atau pembentukan zat organik (karbohidrat) dengan menggunakan energi cahaya atau foton. Fotosintesis juga merupakan proses pengubahan zat anorganik H₂O dan CO₂ oleh klorofil menjadi zat organik (karbohidrat) dengan pertolongan cahaya.

Proses fotosintesis dapat dinyatakan dengan persamaan reaksi kimia sebagai berikut:



Jan Ingenhousz (1799), membuktikan bahwa proses fotosintesis adanya pelepasan O₂ (oksigen). Hal ini dibuktikan dalam percobaannya menggunakan tanaman air *Hydrilla verticillata* di dalam gelas beaker di bawah corong terbalik yang di ujungnya diletakkan sebuah tabung reaksi. Organel sel yang berperan dalam proses fotosintesis adalah kloroplas. Organel tersebut berisi pigmen klorofil yang menyebabkan warna hijau pada tumbuhan. Di setiap sel terdapat 40-50 kloroplas. Di dalam kloroplas inilah penyerapan sinar oleh klorofil dimulai pada proses fotosintesis.

Kloroplas dibungkus oleh dua lapisan (membran). Membran dalam berupa suatu membran yang kompleks. Pada membran ini terdapat beberapa lapisan kantong yang rata disebut granum. Di dalam granum terdapat zat warna klorofil dan molekul-molekul yang membantu penangkapan energi sinar matahari. Di dalam seluruh granum terdapat larutan protein yang disebut dengan stroma.

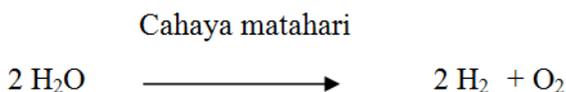
2. tahap- tahap fotosintesis

Proses fotosintesis yang terjadi melalui dua tahap yaitu reaksi terang dan reaksi gelap.

a. Reaksi Terang

Reaksi ini terjadi jika ada cahaya misalnya cahaya matahari. Selama tahap ini klorofil di dalam membran granum menyerap cahaya merah dan nila yang memiliki gelombang panjang. Energi di tangkap oleh klorofil dan digunakan untuk memecah molekul air. Pemecahan inilah yg disebut dengan fotolisis. Fotolisis mengakibatkan molekul air pecah menjadi hidrogen dan oksigen

Reaksi fotolisis dapat ditulis sebagai berikut:



Bahwa O₂ hasil fotosintesis ini berasal dari peristiwa fotolisis telah di buktikan dengan isotop O-18 oleh S. Ruben dan M.D. Kamen serta Robert Hill (ahli kimia inggris). Reaksi terang disebut juga sebagai reaksi Hill H₂ yang terlepas ditampung oleh koenzim NADP⁺. Dalam hal ini NADP⁺ bertindak sebagai akseptor H₂. Bentuknya berubah menjadi NADPH. Oksigen (O₂) tetap dalam keadaan bebas. Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut:



NADP (*Nikotinamida adenin dinukleotida fosfat*) merupakan koenzim yang berperan dalam kegiatan oksidasi reduksi dan banyak terdapat dalam sel hidup selama proses tersebut dihasilkan ATP. Sintesis ATP dalam kloroplas ini disebut fotofosforilasi.

3. Fotosistem

Secara alami, di dalam sel daun terdapat tilakoid. Pada membran tilakoid terdapat klorofil. Klorofil bersama protein dan molekul organik lainnya tersusun membentuk fotosistem.

Fotosistem memiliki kompleks antena, yaitu pengumpul cahaya yang tersusun atas beberapa ratus klorofil a, klorofil b dan molekul karotenoid. Ketika molekul antena menyerap cahaya (foton), energinya disalurkan dari satu molekul pigmen lain sehingga energi itu menemukan klorofil di daerah fotosistem. Daerah fotosistem atau pusat reaksi adalah tempat terjadinya reaksi kimia pertama fotosintesis yang digerakkan cahaya.

Dalam membran tilakoid terdapat dua fotosistem yang bekerja secara bersama dalam reaksi terang fotosintesis. Kedua jenis fotosistem ini adalah fotosistem I dan fotosistem II. Masing-masing fotosistem memiliki pusat reaksi yang khas, yaitu suatu jenis akseptor elektron primer tertentu yang berdekatan dengan molekul klorofil a yang terkait dengan protein spesifik. Fotosistem I disebut sebagai P700 karena pigmen ini paling banyak menyerap cahaya yang memiliki panjang gelombang 700 nm (bagian spektrum yang sangat merah). Fotosistem II disebut P680 karena spektrum absorpsinya memiliki puncak pada 680 nm.

Selama reaksi terang fotosintesis, terdapat dua rute untuk aliran elektron, yaitu nonsiklik dan siklik

a. Aliran elektron nonsiklik

Aliran elektron nonsiklik merupakan rute fosforilasi yang utama aliran ini menghasilkan ATP dan NADPH dalam jumlah yang hampir sama.

b. Aliran elektron siklik

Aliran elektron siklik merupakan hubungan yang singkat, aliran melalui fotosistem I, tetapi tidak menggunakan fotosistem II. Aliran siklik tidak ada produksi NADPH dan tidak ada pelepasan oksigen, tetapi menghasilkan ATP.

c. Reaksi Gelap

Blackman adalah ilmuwan yang membuktikan bahwa reduksi CO₂ menjadi CH₂O berlangsung tanpa cahaya. Reaksi gelap itu berlangsung siang hari pada stroma. Reaksi gelap disebut juga sebagai reaksi Blackman atau reduksi CO₂. Jika reaksi terang (Hill) digabung dengan reaksi gelap (Blackman) maka reaksinya sebagai berikut:



ATAU



Hasil akhir merupakan senyawa organik glukosa (C₆H₁₂O₆) dan oksigen (O₂).

4. Kemosintesis

Selain peristiwa fotosintesis, ada pula peristiwa asimilasi dengan zat kimia sebagai sumber energinya, yang disebut sebagai Kemosintesis. Organisme yang mengalami kemosintesis disebut sebagai organisme kemosintetik atau kemoautotrof. Organisme kemoautotrof ini juga menggunakan CO₂ sebagai sumber karbonnya. Namun, energi untuk melakukan proses asimilasi berasal dari energi kimia, bukan energi cahaya. Energi ini diperoleh dari hasil oksidasi senyawa anorganik yang diperoleh dari lingkungannya, misalnya sulfida, nitrogen, sulfur, besi, amonia, dan nitrit.

5. Sintesis Lemak

Lemak dapat disintesis dari karbohidrat dan protein, karena dalam metabolisme, ketiga zat tersebut bertemu di dalam daur Krebs. Sebagian besar pertemuannya berlangsung melalui pintu gerbang utama siklus (daur) Krebs, yaitu Asetil Ko-enzim A. Akibatnya, ketiga macam senyawa tadi dapat saling mengisi sebagai bahan pembentuk semua zat tersebut. Lemak dapat dibentuk dari protein dan karbohidrat, karbohidrat dapat dibentuk dari lemak dan protein dan seterusnya.

6. Sintesis Protein

Sintesis protein yang berlangsung di dalam sel, melibatkan DNA, RNA dan Ribosom. Penggabungan molekul-molekul asam amino dalam jumlah besar akan membentuk molekul polipeptida. Pada dasarnya protein adalah suatu polipeptida.

Setiap sel dari organisme mampu untuk mensintesis protein-protein tertentu yang sesuai dengan keperluannya. Sintesis protein dalam sel dapat terjadi karena pada inti sel terdapat suatu zat (substansi) yang berperan penting sebagai "Pengatur sintesis protein". Substansi-substansi tersebut adalah DNA dan RNA.

C. KATABOLISME

Katabolisme disebut pula dengan istilah desimilasi, karena dalam proses ini energi yang tersimpan ditimbulkan kembali atau dibongkar untuk menyelenggarakan proses kehidupan. Proses katabolisme khususnya katabolisme karbohidrat dalam sel hidup, yaitu respirasi sel. Respirasi sel menyangkut proses enzimatik di dalam sel, dimana molekul karbohidrat, asam lemak, dan asam amino diuraikan menjadi karbon dioksida dan air dengan konversi energi biologis yang sangat bermanfaat.

Pada sel eukariot, glikolisis berlangsung disitoplasma, sedangkan siklus krebs berlangsung dimitokondria. Oleh karena itu, sel harus mentranspor dua molekul NADH yang di hasilkan pada Respirasi Aerob dan Respirasi Anaerob glikolisis menyebrangi membran mitokondria. Untuk transpor satu molekul NADH melewati membran mitokondria diperlukan: 1 ATP, sehingga untuk 2 molekul NADH diperlukan 2 ATP. Dengan demikian, jumlah ATP yang dihasilkan dari glikolisis berkurang 2.

Jadi, jumlah total ATP dari respirasi aerobik adalah $38 - 2 = 36$ ATP (Raven et al. 2005).

1. Keterkaitan Proses Anabolisme dan Katabolisme

Reaksi pada katabolisme adalah reaksi penguraian yang memecah molekul dan cenderung melepaskan energi. Reaksi pada anabolisme cenderung memerlukan energi. Bisa dikatakan bahwa katabolisme memicu anabolisme karena katabolisme menyebabkan sintesis ATP yang digunakan untuk anabolisme. Di dalam kloroplas, energi dari sinar matahari di simpan lalu diubah menjadi molekul glukosa. Di dalam mitokondria, energi yang telah diubah menjadi glukosa dibongkar kembali untuk digunakan lagi dalam keperluan proses-proses dalam sel. Oksigen yang dihasilkan dalam kloroplas dapat digunakan oleh mitokondria selama proses pembongkaran glukosa. Sejalan dengan itu, karbon dioksida dan air yang di produksi dalam mitokondria dapat digunakan oleh kloroplas sebagai bahan dasar fotosintesis. Dalam proses respirasi dihasilkan senyawa antara lain bahan dasar proses anabolisme, misalnya asam oksaloasetat dan PGAL (fosfogliseraldehida). Senyawa asam tersebut akan dipecah secara enzimatik dan menghasilkan CO₂ yang kemudian masuk melalui daur Calvin-Benson.

2. Energi Dalam Proses Katabolisme dan Anabolisme

Dalam katabolisme gula dihasilkan 38 ATP (380 Kalori). Jadi sebanyak 55% energi dimanfaatkan untuk proses metabolisme, sedangkan sisanya berubah menjadi energi panas.

Dalam proses anabolisme (fotosintesis), energi yang masuk pada daun kira- kira 2% saja yang dimanfaatkan. Sebagian energi yang diterima oleh tumbuhan digunakan untuk penguapan, atau dipancarkan kembali, atau untuk keperluan-keperluan lain.

Pada umumnya kecepatan rata-rata fotosintesis (Anabolisme karbohidrat) adalah 8-12 kali kecepatan respirasi (Katabolisme gula). Jika kecepatan respirasi sama dengan kecepatan fotosintesis, maka semua glukosa yang dihasilkan oleh fotosintesis akan habis untuk respirasi.

BAB 6

INTERAKSI ANTAR ORGANISME DENGAN LINGKUNGAN

A. PENGERTIAN EKOLOGI

Ada beberapa definisi ekologi yaitu antara lain:

1. Ekologi ialah cabang biologi yang mempelajari hubungan timbal balik manusia dengan lingkungannya.
2. Ekologi ialah studi ilmiah tentang interaksi yang menentukan penyebaran dan kepadatan makhluk hidup.
3. Ekologi ialah biologi lingkungan.

Dalam ilmu lingkungan seperti halnya ekologi, makhluk hidup (Organisme), di pelajari dalam unit populasi. Populasi adalah sekelompok individu-individu makhluk hidup yang sejenis yang hidup dalam suatu lingkungan tertentu. Basis dari ekologi adalah ekosistem. Ekologi mengkaji berbagai proses dalam bentuk interaksi yang terjadi di dalam ekosistem.

Ekosistem merupakan kumpulan dari bermacam-macam dari alam tersebut; contoh hewan, tumbuhan, lingkungan, dan yang terakhir manusia.

Ekologi merupakan cabang ilmu yang masih relatif baru, yang baru muncul pada tahun 70-an. Akan tetapi, ekologi mempunyai pengaruh yang besar terhadap cabang biologinya. Ekologi adalah ilmu yang mempelajari interaksi antara organisme dengan lingkungannya dan yang lainnya.

Berasal dari kata Yunani “*oikos*” (habitat) dan “*logos*” (ilmu). Ekologi berarti ilmu yang mempelajari baik interaksi antar makhluk hidup maupun interaksi antara makhluk hidup dan lingkungannya. Istilah ekologi pertama kali dikemukakan oleh Ernest Haeckel (1834-1914). Dalam ekologi makhluk hidup dipelajari sebagai kesatuan atau sistem dengan lingkungannya.

Ekosistem mampu memelihara dan mengatur diri sendiri seperti halnya komponen penyusunnya yaitu organisme dan populasi. Dengan demikian, ekosistem dapat dianggap suatu kibernetik di alam. Namun manusia cenderung mengganggu sistem pengendalian alamiah ini.

B. ORGANISASI KEHIDUPAN

Akibat terjadinya saling interaksi antar organisasi maka terjadilah tingkatan-tingkatan organisasi kehidupan. Dari yang terendah hingga yang tertinggi, yaitu individu, populasi, komunitas, ekosistem, bioma, dan yang tertinggi adalah biosfer.

1. Individu

Individu adalah sebutan untuk makhluk hidup tunggal, misalnya satu pohon mangga, seekor ikan mas, dan seekor kambing. Sifat individu tunggal adalah tampak pada proses kehidupan makhluk hidup. Proses hidup itu terjadi terpisah dan berbeda dalam tiap-tiap individu. Dalam berbagai hal kita sering mengalami kesulitan untuk memberikan batasan tentang pengertian individu tersebut. Misalnya, dalam serumpun tanaman, seekor sapi.



Gambar 1. Contoh gambar individu

2. Populasi

Populasi sendiri merupakan kelompok yang terdiri atas spesies sejenis atau sama dan mendiami suatu habitat. Habitat merupakan tempat hidup suatu makhluk hidup.

Di dalam suatu populasi terjadi interaksi atau hubungan antar spesiesnya. Hal tersebut dilakukan guna menjalankan fungsi hidupnya, misalnya berkembang biak, melakukan perkawinan, dan untuk perlindungan satu sama lainnya. Contoh organisasi tingkat populasi adalah sekumpulan banteng.



Gambar 2. Contoh gambar populasi

3. Komunitas

Antara populasi jenis yang satu dengan lainnya yang hidup berdampingan saling berinteraksi. Seluruh populasi yang menempati suatu daerah yang dikenal dengan komunitas. Karena komunitas terdiri dari seluruh populasi, maka komunitas dapat juga disebut sebagai komponen biotik dari suatu daerah. Misalnya dalam ekosistem sawah, disana terdapat komunitas tanaman padi, rumput, cacing, ulat, dan belalang yang merupakan komunitas tanaman padi, rumput, cacing, ulat, dan belalang yang merupakan komponen biotik.

4. Ekosistem

Tingkatan organisasi yang lebih tinggi dari komunitas adalah ekosistem. Suatu kawasan alam yang di dalamnya tercakup unsur makhluk hidup (Biotik) dan benda mati (Abiotik) dimana antara unsur-unsur tersebut terjadi hubungan timbal balik.

Ekosistem merupakan satuan fungsional dasar dalam ekologi, mengingat bahwa di dalamnya tercakup organisme dan lingkungan abiotik yang satu terhadap yang lain saling mempengaruhi. Ekosistem merupakan

benda nyata dan mempunyai ukuran beraneka, bergantung pada tingkat organisasinya. Contohnya: ekosistem kolam, misalnya, memiliki organisasi yang sederhana daripada ekosistem danau.



Gambar 3. Contoh gambar ekosistem

5. Bioma

Beberapa ekosistem akan membentuk bioma. Bioma adalah komunitas ekologi regional yang utama pada suatu areal alamiah yang luas dan ditandai oleh vegetasi dan iklim yang khas. Berbeda iklim berberbagai daerah di permukaan bumi ini, baik secara latitude maupun longitude akan menyebabkan terbentuknya kelompok-kelompok vegetasi yang berbeda pula. Beberapa macam bioma antara lain: bioma hutan hujan tropis, hutan gugur, padang rumput, gurun, dan bioma tundra.

6. Biosfer

Biosfer adalah kesatuan ekosistem yang ada pada di alam semesta ini. Biosfer untuk memungkinkan berlangsungnya sistem pendayagunaan energi dari daur ulang materi. Sistem ini berjalan oleh pada oleh adanya energi matahari kedalam sistem biosfer dan selanjutnya kembali ke ruang angkasa.

C. KOMPONEN EKOSISTEM

Suatu daerah dapat disebut ekosistem kalau daerah itu dihuni oleh makhluk hidup. Dengan demikian, komponen ekosistem terdiri atas makhluk atau benda mati.

1. Komponen Biotik

Komponen biotik adalah komponen ekosistem yang terdiri atas makhluk hidup, seperti manusia, hewan, tumbuhan, serta mikroorganisme.

Dengan demikian, komponen ekosistem terdiri atas makhluk hidup dan benda mati.

2. Komponen Abiotik

Komponen abiotik adalah komponen yang terdiri atas benda-benda tidak hidup seperti tanah, air, udara, cahaya, suhu, serta keadaan yang terbentuk sebagai hasil interaksi dari berbagai benda tidak hidup. Misalnya, kelembapan, arus angin, derajat, keasaman, iklim, topografi, dan arus air.

D. TIPE-TIPE EKOSISTEM

Ekosistem-ekosistem yang tersebar di seluruh permukaan bumi mempunyai tipe-tipe yang sangat bervariasi. Untuk menentukan tipe suatu ekosistem digunakan ciri yang mudah diamati, yaitu ciri komunitasnya yang menonjol. Pada ekosistem darat, penentu tipe ekosistem didasarkan pada komunitas vegetasinya, sebab dari interaksi antara tumbuhan, hewan, dan lingkungannya, wujud vegetasi merupakan penampakan luar yang paling menonjol. Oleh sebab itu, pada areal yang lingkungan fisiknya berbeda akan ditemukan vegetasi yang berbeda.

Di bumi Indonesia terdapat tiga kelompok ekosistem utama, yaitu sebagai berikut:

1. Ekosistem Laut

Ekosistem laut merupakan areal paling luas di antara ekosistem-ekosistem utama lainnya. Kelompoknya ini mencakup ekosistem laut dalam, pantai pasir dangkal atau litoral, serta daerah pasang surut.

a. Ekosistem Laut Dalam

Ekosistem laut dalam merupakan ekosistem laut yang tidak terjangkau oleh sinar matahari. Oleh sebab itu, pada ekosistem ini tidak mungkin hidup produsen yang fotoautotrof. Karena terbatasnya sumber materi dan energi, maka keanekaragaman jenis makhluk hidup pada ekosistem laut dalam paling rendah dibandingkan ekosistem laut lainnya.

b. Ekosistem Pantai Pasir Dangkal

Ekosistem ini terletak di pantai yang tergenang air laut, kecuali pada saat surut rendah. Daerahnya terbuka, jauh dari pengaruh air sungai

besar atau terdapat di antara dua dinding batu terjal. Pantai pasir dangkal banyak terdapat di pantai utara Jawa, Bali, Sumbawa, dan Sulawesi. Vegetasi yang dominan antara lain rumput laut dan ganggang.

2. Ekosistem Darat

Sebelum manusia merajai permukaan bumi ini, sebagian besar ekosistem darat merupakan ekosistem alam. Alam darat Indonesia secara garis besarnya dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu dataran rendah, dataran tinggi/pegunungan, dan daerah gunung. Kondisi fisik ketiga wilayah tersebut berbeda sehingga jenis organisme yang mampu beradaptasi kepada daerah itu juga berbeda.

Berdasarkan kemampuan beradaptasi terhadap masing-masing daerah tersebut, di Indonesia terdapat tiga bentuk vegetasi utama yang paling penting untuk mengenal ekosistem darat alami, yaitu:

a. Vegetasi Daratan Rendah/Pamah

Vegetasi pamah merupakan vegetasi paling besar di antara vegetasi ekosistem darat lainnya. Daerah yang dikategorikan dataran rendah adalah yang memiliki ketinggian dari permukaan laut 0-300 m di atas permukaan laut. Vegetasi dataran rendah dibedakan menjadi beberapa kelompok, di antaranya adalah sebagai berikut:

- 1) Hutan bakau, vegetasi ini tumbuh berkembang dengan baik pada dan daerah rawa berair payau. Kenekaragaman jenis vegetasinya rendah, dengan komposisi yang beraneka ragam. Pada hutan bakau hidup berbagai jenis fauna. Ada yang menetap dan ada yang sementara. Berbagai hewan yang arboreal (hidup di pohon) memakan pucuk dan buah tumbuhan bakau, misalnya kera. Beberapa hewan lain, seperti kepiting, moluska, ular, dan udang hidup di dasar hutan.
- 2) Hutan tepi sungai, memiliki tanah yang subur, dalam, dan gembur, sehingga keanekaragaman vegetasinya cukup tinggi. Tipe hutan ini ditemukan pada daerah tebing berbatu. Vegetasinya terdiri atas tumbuhan berkayu dengan akar atau resofit, misalnya pohon tengkawang dan kayu ulin.
- 3) Hutan rawa gambut, merupakan hasil hancuran lumut fambu, sehingga tanahnya menjadi asam dan miskin hara. Daerahnya

cebung, tebal tanah gambutannya pada hutan gambut rendah. Hutan rawa gambut banyak terdapat di timur Sumatra, Kalimantan Timur, dan Kalimantan Barat.

- 4) Hutan sagu, berkembang pada daerah yang aliran air tawar teratur. Daerah ini terdiri atas hutan sagu murni dan hutan sagu campuran. Hutan sagu yang tumbuh pada air tawar yang teratur pohonnya tinggi, sedangkan sagu yang tumbuh pada rawa yang airnya payau, sering surut jauh sehingga mengalami kekeringan, tubuhnya akan kerdil. Hutan sagu banyak terdapat di rawa-rawa Maluku, dan Papua.

b. Vegetasi Dataran Tinggi

Pegunungan atau dataran tinggi adalah daerah yang mempunyai ketinggian 300-1.500 m dari permukaan laut. Ketinggian suatu daerah erat kaitnya dengan iklim suatu daerah, yang sangat menentukan jenis vegetasinya. Komunitas vegetasi yang berkembang di daerah pegunungan antara lain tumbuhan paku-pakuan yang menonjol, tumbuhan bunga, tumbuhan, membelit, serta tumbuhan lumut yang populasinya amat tinggi.

c. Vegetasi Monsum

Vegetasi monsum adalah komunitas vegetasi yang terdapat di daerah hutan musim. Ciri khas vegetasinya adalah menggugurkan daunnya pada musim kemarau dan daunnya tumbuh pada musim penghujan.

3. Ekosistem Buatan

Untuk memenuhi kebutuhannya, manusia melakukan berbagai usaha. Diantara usaha tersebut erat kaitannya dengan pengolahan lingkungan. Akibat dari usaha tersebut terbentuklah beberapa ekosistem buatan. Diantara ekosistem buatan yang penting adalah sebagai berikut:

- a. Waduk, merupakan DAM atau bendungan yang membentuk ekosistem baru berupa waduk atau danau buatan. Substrat dasar waduk itu umumnya berasal dari kebun, sawah, sungai, ladang, dan lahan lain yang kondisinya berbeda. Setelah terbentuknya ekosistem baru, yaitu waduk, lambat laun akan mengalami suksesi.
- b. Hutan Tanaman, adalah hutan yang sejenis vegetasinya di budidayakan manusia. Berbagai jenis tanaman yang di budidayakan

adalah jenis tanaman yang mempunyai nilai ekonomi tinggi, misalnya Jati, Pinus, Rasamala, Mahoni, Karet, dan Kepala sawit.

- c. Agro Ekosistem, adalah ekosistem buatan yang berupa daerah pertanian. Berbagai argo ekosistem yang dikembangkan di Indonesia, antara lain Sawah tadah hujan, sawah irigasi, sawah surjan (di daerah sering banjir) sawah rawa dan sawah pasang suru. Komunitas pada argo ekosistem biasanya bersifat monokultur, sehingga ekosistem ini mudah goyah tumbuhan karena tingkat keanekaragamannya rendah.

E. INTERAKSI INDIVIDU

1. Interaksi antar individu dalam populasi

Pada tumbuhan, kita akan mendapat banyak kesulitan untuk melakukan adanya interaksi antar individu didalam populasi. Sekilas diantara individu yang hidup dalam 1 kelompok hidup baik- baik saja, namun diantara mereka selalu terjadi interaksi. Pada hewan interaksi antar individu dalam komunitas lebih mudah untuk diamati. Sifat interaksi antar individu dalam populasi ada 2 macam yaitu, sebagai berikut:

a. Interaksi saling menguntungkan

Bentuk interaksi ini, misalnya pada proses perkembangbiakan. Pada beberapa jenis tumbuhan misalnya Jagung, tangkil, salak, dan lain-lain. Tanpa adanya individu yang berbunga berlainan, jenis tumbuhan ini tak akan mampu menghasilkan biji. Pada hewan yang berkelamin dua untuk berkembangbiak selalu membutuhkan pasangan. Jadi, untuk dapat berkembangbiak antar individu dalam populasi berinteraksi saling menguntungkan.

Pada hewan yang berkoloni antar individu hidup berkelompok, kompak, dan bersatu sehingga terjadi interaksi yang amat serasi. Lebah-lebah bersatu membuat sarang dan mencari madu, semut-semut bergotongroyong mengangkut makanannya. Rayap, burung, dan beberapa jenis hewan lainnya bergotong-royong membangun tempat tinggalnya.

b. Interaksi kompetisi

Individu-individu yang hidup dalam suatu areal memiliki tugas yang sama. Diantara individu tersebut juga memiliki kebutuhan yang sama pada

areal yang sama dan terbatas. Oleh karena itu, kebutuhan hidup tersebut hanya dapat diperoleh melalui persaingan atau kompetisi.

Persaingan tersebut tampak dalam berbagai kegiatan hidup, misalnya persaingan untuk mendapatkan air, mineral, energi, makanan, tempat hidup, maupun pasangan hidup. Persaingan akan semakin tajam bila populasi individu semakin meningkat.

2. Interaksi individu dalam komunitas

Interaksi individu juga terjadi antar individu lain jenis atau lain populasi. Misalnya, tumbuhan mangga dengan benalu, manusia dengan tumbuhan, manusia dengan hewan, hewan dengan tumbuhan, dan lain-lain.

Bentuk interaksi diantara individu lain jenis dapat berupa:

a. Interaksi simbiosis

Simbiosis adalah interaksi yang sangat erat antar individu lain jenis. Simbiosis dapat dibedakan menjadi beberapa macam, diantaranya adalah:

- 1) Simbiosis mutualisme, yaitu interaksi antar dua individu ataupun populasi yang saling menguntungkan. Misalnya, simbiosis antara jenis jamur tertentu dan jenis alga tertentu membentuk liken, bakteri *Rhizodium* yang hidup pada bintil-bintil akar tanaman berbuah polong, dan antara bunga dengan kupu-kupu. Simbiosis parasitisme, yaitu interaksi dua individu atau populasi dimana salah satu individu untung sedang simbiosis pasangannya rugi. Contohnya, antara lain benalu yang tumbuh pada ranting pohon mangga, cacing perut, cacing tambang yang hidup pada usus manusia.
- 2) Simbiosis komensalisme, yaitu interaksi antar individu atau populasi, dimana yang satu untung sedangkan individu atau populasi lainnya tidak untung dan juga tidak rugi. Contohnya, antara lain interaksi antara ikan remora kecil yang menempel pada penyusut atau ikan hiu.

b. Interaksi predasi

Predasi adalah interaksi antar individu ataupun populasi, dimana populasi yang satu memangsa populasi yang lainnya. Pemangsa disebut predator, sedangkan yang dimakan atau di memangsa disebut mangsa. Contohnya, rusa di memangsa cheeta. Interaksi predasi antar populasi ini

menyebabkan terjadinya fruktiasi populasi predator dan mangsa. Misalnya, populasi kelinci hutan dengan pemangsanya yaitu kucing hutan. Mula–mula kelinci hutan berkembangbiak karena kondisi hutan sangat menunjang untuk perkembangannya.

Saat itu populasi hewan pemangsanya yaitu kucing masih amat sedikit memungkinkan pertumbuhan kelinci meningkat. Kondisi ini menyebabkan meningkatnya daya dukung terhadap kehidupan kucing. Karen terjadilah dua populasi mendukung terhadap kehidupan kucing meningkat maka populasinya meningkat. Dampaknya produktivitas kelinci terganggu sehingga pertumbuhan populasi negatif. Dengan demikian, ketersediaan makanan kucing berkurang. Berkurangnya makanan menyebabkan populasi kucing menurun juga. Hal ini memungkinkan populasi kelinci meningkat lagi. Demikian seterusnya, sehingga terjadilah Fruktuasi pertumbuhan kedua populasi yang berinteraksi predasi tersebut.

c. Interaksi Kompetisi

Kompetisi atau persaingan terjadilah apabila dua populasi menempati habitat dan nisia yang sama. Bila dalam kompetisi tersebut ada salah satu pesaing yang kalah, pesaing yang kalah tersebut akan mati atau menyingkir dari areal tempat tinggalnya.

F. POLA-POLA INTERAKSI

Kebutuhan hidup organisme di peroleh dari lingkungannya, baik lingkungan biotik maupun abiotik. Sehubungan dengan itu, terjadilah hubungan timbal balik antara individu organisme dengan individu organisme lain atau individu dengan lingkungan abiotiknya. Dari hubungan timbal balik tersebut, terjadilah hubungan saling ketergantungan atau interdependensi antar komponen dalam suatu ekosistem.

Saling ketergantungan ini mencakup berbagai kebutuhan hidup. Misalnya, kebutuhan hidup akan berkembangbiak, makanan, mineral, energi, air, udara, dal lain-lain. Kebutuhan tersebut diperoleh dengan cara yang berbeda-beda. Ada yang diperoleh langsung dari udara, tanah, air, dengan memakan makhluk hidup lainnya. Adanya saling ketergantungan tersebut menyebabkan di dalam suatu ekosistem terjadi suatu rantai

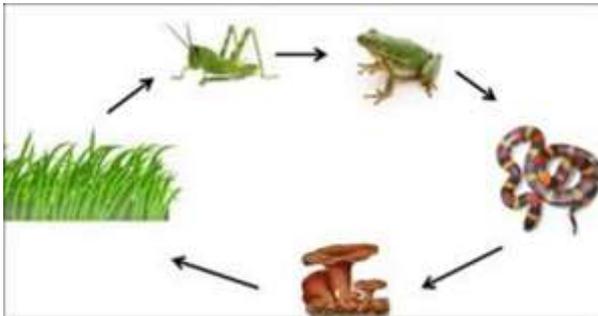
makanan, jaring-jaring makanan, aliran energi, aliran materi, dan terjadi siklus biogeokimia.

1. Rantai Makanan

Di dalam semesta ini hanya tumbuhan hijau yang mampu menyusun zat makanan. Zat tersebut berupa karbohidrat, disusun melalui proses yang disebut fotosintesis. Untuk fotosintesis ini, diperlukan energi cahaya matahari serta bahan CO₂ dan air. Secara langsung maupun tidak langsung, semua organisme heterotrofik bergantung pada tumbuhan, karena zat yang diperlukan diperoleh dengan memakan tumbuhan. Sedangkan organisme yang tidak memakan tumbuhan, zat makanannya diperoleh dengan memakan organisme lain. Dengan cara memakan dan dimakan tersebut maka terjadilah perpindahan zat atau materi serta energi melalui proses makan dan dimakan dengan urutan tertentu disebut rantai makanan.

Sebagai contoh, tanaman dimakan ulat. Selanjutnya ulat dimakan burung. Oleh karena itu, terjadilah aliran materi dan energi berturut-turut: tanaman → ulat → burung.

Tiap tingkat dari rantai makanan disebut tingkat trofi atau taraf trofi. Karena organisme pertama yang mampu menghasilkan zat makanan adalah tumbuhan maka tingkat trofi pertama selalu diduduki tumbuhan hijau atau produsen. Tingkat selanjutnya adalah tingkat trofi kedua, terdiri atas hewan pemakan tumbuhan, yang biasanya disebut konsumen primer. Hewan pemakan konsumen primer merupakan tingkat trofi ketiga, terdiri atas hewan-hewan karnivora.

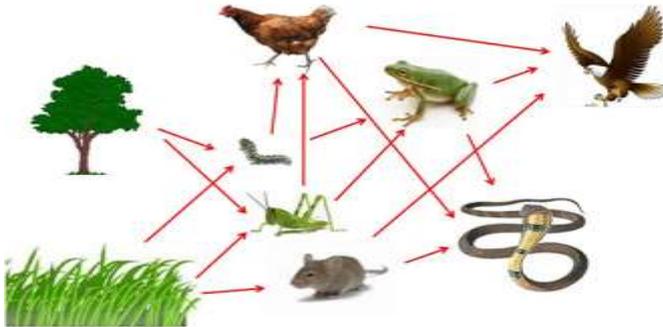


Gambar 4. Contoh Rantai Makanan

2. Jaring-Jaring Makanan

Pada hakikatnya, setiap makhluk hidup di dalam suatu ekosistem merupakan sumber materi dan energi bagi makhluk hidup lainnya. Dan suatu kenyataan bahwa setiap jenis makhluk tidak hanya memakan satu jenis makhluk hidup lainnya. Hal ini terutama pada makhluk pemakan segala atau omnivora, seperti manusia ayam dan lain-lain.

Ayam tidak hanya memakan biji jagung saja, tetapi juga memakan padi, cacing, belalang, jangkrik dan lain-lain. Sebaliknya, ayam tidak hanya dimakan musang saja, tetapi juga bisa dimakan oleh manusia, burung alap-alap, elang, dan lain-lain. Akibat dari semua itu maka di dalam suatu ekosistem, rantai-rantai makanan itu akan saling berhubungan satu sama lain sedemikian rupa sehingga membentuk seperti jaring-jaring. Itulah sebabnya maka disebut jaring-jaring makanan.



Gambar 5. Contoh Jaring-Jaring Makanan

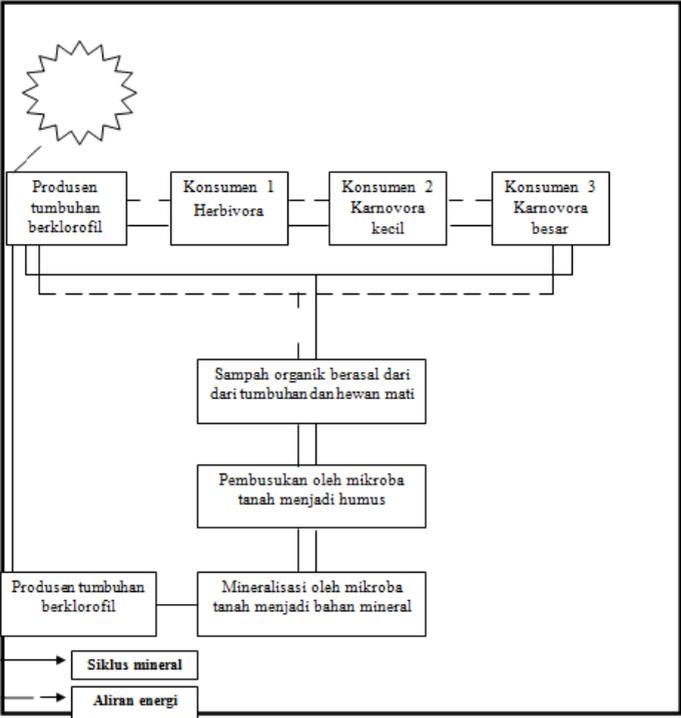
3. Aliran Materi dan Energi

Adanya peristiwa memakan dan dimakan antara komponen biotik didalam suatu ekosistem akan menyebabkan terjadinya perpindahan materi dan energi dari makhluk yang satu ke yang lain. Perpindahan materi atau zat dan energi dari makhluk yang satu ke makhluk yang lainnya disebut aliran materi dan aliran energi.

Sumber energi primer bagi semua kehidupan di planet bumi ini adalah energi cahaya matahari. Tak ada organisme selain tumbuhan yang dapat memanfaatkan energi cahaya matahari untuk aktivitas hidupnya. Di dalam tubuh, energi dapat berubah dari bentuk yang satu ke bentuk yang lainnya. Setelah digunakan oleh kehidupan, energi tak akan kembali ke matahari

lagi tetapi lepas ke alam bebas karena peristiwa radiasi dan tak dapat dimanfaatkan oleh kehidupan. Perpindahan energi didalam ekosistem disebut aliran energi. Transformasi energi hanya satu arah sehingga tidak memiliki siklus energi.

Berbeda dengan energi, materi memiliki siklus. Sumber materi primer adalah planet bumi ini. Setelah diserap oleh tumbuhan, materi (air dan CO2) akan diubah menjadi karbohidrat. Secara berturut-turut zat tersebut akan berpindah-pindah melalui tubuh organisme maka suatu ketika akan kembali ke bumi. Setelah mengalami berbagai proses, akan kembali menjadi air atau CO2 yang dapat dimanfaatkan kembali oleh tumbuhan, selanjutnya akan memasuki tubuh organisme lain. Jadi, materi memiliki siklus materi.



Gambar 6. Bagan daur materi dan aliran energi

4. Piramida Ekologi

Di dalam setiap ekosistem, setiap organisme akan menempati trofi tertentu. Tingkat trofi tersebut terdiri atas produsen, konsumen primer, konsumen sekunder, konsumen tersier dan seterusnya. Produsen selalu menempati tingkat pertama atau yang paling bawah. Herbivora menempati tingkat kedua, karnivora tingkat kedua, dan seterusnya. Kalau organisme yang terdapat pada berbagai tingkat trofi tersebut kita bandingkan maka akan tampak adanya diagram yang berbentuk piramida. Piramida ekologi sangat bermanfaat untuk memberikan gambaran yang jelas tentang hubungan antar organisme di dalam suatu ekosistem secara kuantitatif. Ada tiga macam piramid, yaitu:

a. Piramida Jumlah

Piramida jumlah menggambarkan hubungan kepadatan dan populasi di antara tingkat trofi. Dengan demikian, piramida jumlah adalah gambaran jumlah individu pada setiap tingkat trofi. Piramida ini diperkenalkan pertama kali oleh Elton pada tahun 1927. Diagram piramida jumlah didapat dengan menghitung organisme yang terdapat pada suatu areal, kemudian dikelompokkan menurut tingkat trofinya. Untuk mengilustrasikan piramida tersebut, jumlah organisme pada setiap tingkat trofi digambarkan dengan sebuah segi empat, yang luasnya di bandingkan jumlah individu organisme yang terdapat pada tingkatan trofi tersebut.

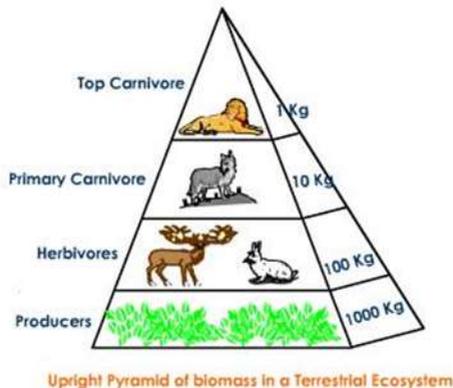


Gambar 7. Piramida Jumlah

b. Piramida Biomassa

Piramida biomassa adalah piramida ekologi yang mendasarkan pada berat atau massa kering total, nilai kalori, atau ukuran lain dari jumlah total organisme hidup dari masing-masing tingkat trofiknya. Idealnya, untuk mendapatkan massa organisme pada setiap taraf trofi dilakukan dengan mencatat jumlah seluruh individu dan menimbang berat kering per satuan volume atau arealnya. Karena cara ini amat sukar dan lama maka biasa dilakukan dengan penaksiran saja. Cara melakukan penaksiran adalah dengan menghitung jumlah individu pada setiap taraf trofi, selanjutnya menimbang berat individu yang mewakilinya.

Bentuk piramida Boimassa menunjukkan bahwa jumlah biomassa menurun pada tingkat trofi. Perhatikan gambar piramida biomassa! Bentuk piramida biomassa pada suatu tempat akan selalu mengalami perubahan, bergantungnya kepada perubahan berbagai faktor luarnya, misalnya iklim.



Gambar 8. Piramida Biomassa

c. Piramida Energi

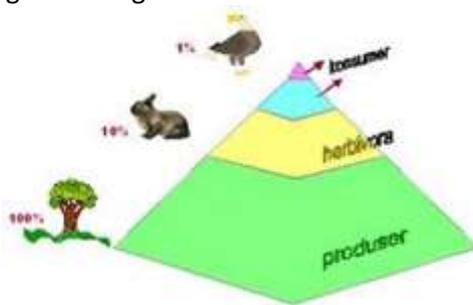
Piramida energi di tunjukkan dengan kecepatan aliran energi atau produktivitas pada taraf trofi suksesif. Piramida ini paling ideal dan mendasar untuk menunjukkan hubungan organisme pada setiap taraf trofi.

Pada piramida energi, tidak hanya jumlah total energi yang digunakan organisme pada setiap taraf trofi rantai makanan, tetapi juga menyangkut peranan berbagai organisme didalam transfer energi. Suatu produsen

mungkin biomasnya kecil, tetapi total energi yang diolah dan diberikan kepada konsumen mungkin lebih besar daripada produsen lain yang biomasnya lebih besar.

Di dalam penggunaan energi, makin tinggi tingkat trofiknya maka makin efisien. Namun, panas yang dilepaskan pada proses transfer energi menjadi lebih besar. Hilangnya panas pada proses respirasi juga makin meningkat dari organisme yang taraf trofiknya rendah ke taraf trofi yang lebih tinggi.

Piramida energi biasanya dinyatakan dalam kalori atau kilo kalori per satuan luas per tahun. Di bandingkan piramida ekologi lainnya, piramida energi paling berguna. Namun, untuk mendapatkan datanya paling rumit karena untuk memperoleh data harus dilakukan pengukuran, seperti luas, waktu, dan energi suatu organisme.



Gambar 9. Piramida energi

Penggunaan piramida energi jauh lebih menguntungkan bila dibandingkan dengan menggunakan piramida lain, kelebihanannya yaitu sebagai berikut.

- 1) Memperhitungkan kecepatan produksi. Setiap skala segi empat pada piramida energi akan memberikan gambaran berupa jumlah energi tiap satuan luas atau volume yang masuk ke taraf trofi dalam satuan waktu tertentu, misalnya per hari, per bulan, per tahun dan seterusnya.
- 2) Massa dua jenis organisme yang sama tidak selalu memiliki energi yang sama. Bila dianggap sama maka perbandingan berdasarkan biomassa akan keliru.

Tabel1. Kepadatan Biomassa dan Arus Energi Populasi Konsumen I

No	Konsumen I	Kepadatan Jumlah/m ²	Biomassa g/m ²	Arus Energi kJ/m ² /hr
1	Bakteri tanah	10	30.001	4,2
2	Kopepoda laut	10	32,0	10,5
2	Siput pasang surut	200	310,0	4,2
4	Belalang	10	1,0	1,7
5	Tikus padang	10	0,6	2,9
6	Kijang	10	1,1	2,1

- 3) Tidak ditemukan piramida terbalik dan dapat digunakan untuk membandingkan.
- 4) Pentingnya kedudukan populasi di dalam suatu ekosistem. Dengan memperhatikan Tabel 1 dapat diketahui arus energi dari konsumen I yang biomassa yang amat kecil, tetapi mempunyai keluaran energi atau arus energi yang cukup besar.
- 5) Masukkan energi matahari dapat ditambahkan sebagai segi empat tambahan pada dasar piramida.

G. SUKSESI EKOSISTEM

Komunitas sebagai suatu satuan yang dinamis, di dalamnya terdapat taraf trofi, daur materi, serta aliran energi. Salah satu ciri komunitas adalah selalu mengalami perubahan. Perubahan itu berlangsung sepanjang waktu. Kalau kita mengadakan pengamatan suatu komunitas secara berulang-ulang dalam kurun waktu tertentu maka hasil pengamatan itu selalu berbeda. Hal ini membuktikan bahwa komunitas selalu mengalami perubahan. Hal sama akan terjadi pada suatu lahan yang

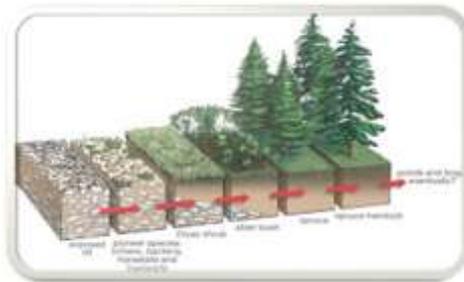
dibiarkan untuk jangka waktu tertentu. Lambat laun akan terjadi perubahan komposisi dan struktur kehidupan pada ekosistem tersebut. Proses perubahan komunitas yang berlangsung menuju kesatu arah secara teratur di sebut suksesi.

Suksesi pada suatu ekosistem terjadi karena adanya perubahan lingkungan fisik. Suksesi ekosistem itu akan berakhir kalau sudah mencapai klimaks. Dikatakan klimaks apabila telah mencapai hemeostatis, artinya komunitas tersebut telah mampu menjaga kestabilan kondisi internalnya. Suksesi terbagi 2 yaitu suksesi primer dan sekunder.

1. Suksesi Primer

Suksesi primer terjadi apabila suatu ekosistem berubah total, sehingga komunitas awal musnah. Keadaan semacam ini terjadi secara alami, misalnya gunung meletus dan tanah longsor. Komunitas baru akan berkembang secara teratur dan bertahap. Mula-mula terjadi invasi serbuan suatu organisme dari luar wilayah. Selanjutnya diikuti kolonisasi atau tumbuhnya organisme pada batuan yang gundul.

Tidak semua jenis organisme yang melakukan invasi ke dalam ekosistem yang berubah total itu dapat hidup. Organisme yang melakukan invasi awal dapat hidup dan tumbuh, sehingga kemungkinan untuk tumbuhnya disebut organisme/komunitas perintis atau pionir. Jenis organisme yang biasa menjadi pionir ini antara lain alga hijau biru dan lumut kerak.



Gambar 10. Contoh suksesi primer

2. Suksesi Sekunder

Suatu komunitas yang telah mencapai klimaks karena sesuatu dan lain hal dapat mengalami kerusakan. Misalnya karena penebangan oleh

manusia, angin ribut, kemarau panjang, banjir, dan lain-lain. Kerusakan ini tidak memusnahkan seluruh komunitas. Setelah itu akan secara lambat dan teratur, komunitasnya akan mengalami perubahan lagi. Perkembangan ekosistem setelah terjadi kerusakan disebut suksesi sekunder.

Kecepatan suksesi ekosistem dipengaruhi berbagai faktor, di antaranya, yaitu

- a. Luas komunitas asal yang rusak karena gangguan
- b. Jenis tumbuhan yang terdapat disekitar daerah yang terganggu
- c. Kehadiran pemencar biji benih
- d. Iklim, terutama arah dan kecepatan angin yang membantu menyebarkan biji, spora, dan benih, serta curah hujan
- e. Macam-macam substrat baru yang terbentuk
- f. Sifat-sifat jenis tumbuhan

Faktor abiotik yang sangat berperan dalam menentukan komposisi komunitas klimaks adalah musim. Ada dua hipotesis tentang komunitas klimaks, yaitu

- a. Hipotesis monoklimaks, menyatakan bahwa hanya satu komunitas klimaks akhirnya mungkin tercapai untuk daerah tertentu saja.
- b. Hipotesis poliklimaks, menyatakan bahwa klimaks selalu dipengaruhi oleh segala faktor fisik yang salah satunya mungkin dominan.



Gambar 11. Contoh suksesi sekunder

BAB 7

PEWARISAN SIFAT

A. PENGERTIAN KROMOSOM

Kromosom merupakan benang–benang halus yang berfungsi sebagai pembawa informasi genetik kepada keturunannya. Kromosom pada manusia dan makhluk hidup yang berkembangbiak secara seksual dapat dibedakan menjadi dua, yaitu sebagai berikut:

1. Autosom, yaitu kromosom yang mengatur sifat–sifat tubuh selain jenis kelamin.
2. Gonosom atau kromosom seks, yaitu kromosom yang khusus menentukan jenis kelamin.

Setiap spesies makhluk hidup memiliki kromosom yang khas dan tetap. Kromosom antara jenis yang satu dengan yang lain berbeda. Seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Jumlah Kromosom Beberapa Makhluk Hidup

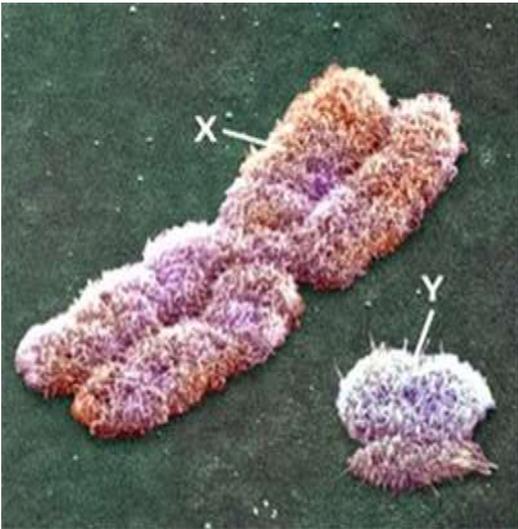
No	Jenis makhluk hidup	Jumlah kromosom ($2n$)
1	Manusia	46
2	Orang utan	48
3	Kelinci	44
4	Kucing	38

5	Tomat	24
6	Jagung	20
7	Buncis	14
8	Siamang	50
9	Marmut	60
10	Nyamuk	6
11	Lalat	12
12	Tikus	42
13	Kuda	60
14	Ayam	78
15	Padi	24
16	Bawang	16
17	Bakteri	1
18	Belalang	24

Beberapa jenis kromosom, yaitu:

1. Kromosom homolog, adalah kromosom yang berpasang–pasangan, selalu mempunyai bentuk, panjang, letak sentromer, dan struktur yang sama atau hampir sama. Pada tubuh manusia terdapat 46 kromosom, terdiri atas 23 kromosom berpasangan (homolog).
2. Kromosom diploid ($2n$), adalah dua perangkat kromosom. Kromosom diploid terjadi karena kromosom selalu berpasangan (homolog), maka didalam setiap inti sel tubuh terdapat dua set atau dua perangkat kromosom (diploid).
3. Kromosom haploid, adalah kromosom yang tidak memiliki pasangan atau hanya memiliki seperangkat kromosom.

Pada saat terjadi pembuahan, kromosom sel kelamin bergabung dalam zigot. Kromosom yang disumbangkan adalah kromosom haploid, kemudian kromosom haploid berpasangan membentuk kromosom homolog, kemudian zigot menjadi diploid. Selanjutnya zigot membelah secara mitosis berulang kali sehingga dihasilkan tubuh manusia seutuhnya. Pada masa pubertas kelenjar kelamin akan membentuk sel kelamin yang mengandung seperangkat kromosom (Haploid). Ada dua macam kromosom pada sel kelamin, yaitu kromosom X dan kromosom Y. Pada wanita kromosomnya adalah XX dan pada pria adalah XY.



Gambar 1. kromosom X dan Y

B. PENGERTIAN GEN

Istilah gen pertama kali ditemukan oleh W.Johanes. Gen adalah bagian kromosom yang mengendalikan ciri genetis suatu makhluk hidup. Gen bersifat menurun dari induk kepada anaknya dan memiliki fungsi sebagai berikut:

- 1. Mengatur perkembangan dan metabolisme individu.
- 2. Menyampaikan informasi genetik dari satu generasi ke generasi berikutnya.
- 3. Sebagai zarah tersendiri dalam kromosom.

Gen berperan untuk menentukan pewarisan sifat seperti rasa, warna, dan bentuk. Gen terdapat di dalam kromosom, dan menempati tempat-tempat tertentu yaitu di dalam lokus-lokus kromosom.

Susunan gen yang menentukan sifat-sifat suatu individu disebut genotipe. Kemudian genotipe akan memunculkan sifat-sifat fenotipe. Genotipe adalah sifat makhluk hidup yang tidak tampak sehingga tidak bisa diamati oleh indera. Sifat ini biasanya disimbolkan dengan sepasang huruf, misalnya gen rambut lurus disimbolkan dengan LL, gen warna merah disimbolkan dengan MM, gen buah bulat disimbolkan dengan BB, dan lain sebagainya.

Simbol genotipe hanya menggunakan huruf besar tetapi juga huruf kecil. Huruf besar berarti bersifat dominan, sedangkan huruf kecil berarti resesif. Misalnya TT berarti sifat tinggi, dan tt berarti sifat rendah. Sifat tinggi akan mendominasi sifat rendah sehingga dikawinkan menghasilkan keturunan yang bersifat tinggi (Tt). Contoh lain misalnya, sifat warna merah pada bunga dominan terhadap sifat warna putih sehingga warna merah disimbolkan dengan M dan warna putih disimbolkan dengan m.

Genotipe yang tersusun dari sifat dominan saja (AA) atau resesif saja (Aa) disebut homozigot. Sedangkan, genotipe yang tersusun dari sifat dominan dan resesif dan resesif (Aa) disebut Heterozigot. Fenotipe adalah sifat makhluk hidup yang tampak sehingga bisa diamati oleh alat indera. Misalnya rasa buah manis, rambut lurus, bentuk buah bulat, dan tinggi rendahnya badan. Fenotipe di tentukan oleh faktor genotipe dan lingkungan.

Tabel 2. Genotipe dan fenotipe pada buah yang memiliki rasa manis dominan.

Simbol	Genotipe	Fenotipe
MM	Dominan homozigot	Manis
Mm	Resesif homozigot	Asam
Mm	Heterozigot	Manis, karena M dominan

C. PERSILANGAN MONOHIBRID DAN DIHIBRID

Persilangan adalah proses penggabungan dua sifat yang berbeda dan diharapkan mendapatkan sifat yang baik bagi keturunannya. Orang yang pertama kali melakukan perkawinan silang ini dan menganalisisnya ialah *Gregor Mendel*. Ia mengambil beberapa jenis kacang ercis (*Pisum sativum*) untuk melakukan percobaan perkawinan silang yang dilakukannya, dengan alasan:

- a. Tanaman ini hidupnya tak lama (merupakan tanaman setahun), mudah tumbuh, dan mudah disilangkan.
- b. Memiliki bunga sempurna artinya dalam bunganya terdapat benang sari (alat kelamin jantan) dan putik (alat kelamin betina), sehingga biasanya terjadi penyerbukan sendiri.
- c. Tanaman ini memiliki tujuh sifat perbedaan yang menyolok, seperti batang tinggi lawan kerdil, bunga polongan berwarna hijau lawan kuning, bunga berwarna ungu lawan putih, bunganya terletak aksial (sepanjang batang) lawan terminal (pada ujung batang), biji yang masak berwarna hijau lawan kuning, permukaan biji licin lawan kerut, dan warna kulit biji abu abu lawan putih.

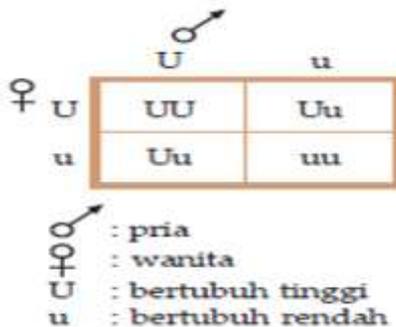
Dalam suatu persilangan perlu diketahui terlebih dahulu istilah-istilah yang digunakan. Istilah-istilah dalam persilangan dapat kita ketahui pada uraian berikut ini :

- a. Parental (P), artinya induk atau orang tua.
- b. Filial (F), artinya keturunan
 - a. Keturunan pertama (F1) = anak
 - b. Keturunan kedua (F2) = cucu
- c. Genotipe, artinya sifat menurun yang tidak tampak dari luar, disimbolkan dengan huruf.
Contoh: AA, Aa, aa, AABB, AaBB.
- d. Gamet, artinya sel kelamin dan berasal dari genotipe.
Contoh: genotipe Aa, gametnya A dan a.
- e. Fenotipe, artinya sifat menurun yang tampak dari luar.
Contoh: buah besar, buah kecil, rasa manis, rasa asam, batang panjang, dan batang pendek.

- f. Dominan, artinya sifat gen yang selalu nampak dan muncul, disimbolkan dengan huruf besar.
Contoh: AA, BB, dan CC
- g. Gen resesif, artinya sifat gen yang selalu tidak tampak, baru muncul apabila bersama-sama dengan gen resesif lainnya, disimbolkan dengan huruf kecil.
Contoh: aa, bb, dan cc
- h. Homozigot, artinya pasangan gen yang sifatnya sama.
Contoh: AA, aa, bb, BB, CC, cc
- i. Heterozigot, artinya pasangan gen yang tidak sama.
Contoh: Aa, Bb, Cc

1. Persilangan Monohibrid

Persilangan monohibrid adalah persilangan antara dua individu sejenis dengan memperhatikan satu sifat yang beda. Misalnya persilangan antara rambutan yang berbuah manis dengan rambutan berbuah masam, manusia yang berkulit putih dengan yang berkulit hitam, dan suami yang bertubuh tinggi dengan istri yang bertubuh rendah. Persilangan atara sesamanya dapat di gambarkan dalam bentuk diagram. Diagram tersebut dikenal sebagai diagram Punnett, seperti gambar dibawah ini.



Pada persilangan monohibrid terdapat tes cross dan sifat intermediet.

Tes Cross, Tes Cross adalah penyilangan individu yang ingin diketahui genotipenya dengan individu bergenotipe homozigot resesif.

Contoh: Jika tanaman bergenotipe BB disilangkan dengan tanaman bergenotipe bb (*Homozigot Resesif*), maka akan menghasilkan keturunan

yang bergenotipe Bb semuanya. Dengan B = bulat, b = keriput. Jadi, semua keturunan memiliki biji bulat.

P (induk) : BB × bb

Gamet : B dan b

F1 (keturunan ke-1)

	B
b	Bb

Genotipe F1 : Bb

Jadi, keturunan yang dihasilkan Bb.

Berdasarkan tes cross yang dilakukan oleh Mendel, bisa mengetahui bahwa sifat bulat (B) dominan terhadap sifat keriput (b) sehingga individu yang bergenotipe Bb mempunyai fenotipe bulat, dan genotipe individu yang berfenotipe bulat adalah BB dan Bb.

2. Persilangan Dihybrid

Persilangan dihibrid adalah persilangan dua individu sejenis yang memperhatikan dua sifat yang berbeda. Dalam persilangan dihibrid ini Mendel melakukan percobaan dengan menyilangkan kacang ercis galur murni yang mempunyai dua sifat beda, yaitu antara kacang ercis berbiji bulat berwarna kuning (BBKK) dengan kacang ercis berbiji keriput berwarna hijau (bbkk). Penurunan sifat dari kacang ercis berbiji bulat berwarna kuning (BBKK) dengan kacang ercis berbiji keriput berwarna hijau (bbkk).

P (induk) : BBKK × bbkk

Gamet : BK dan bk

F1 (keturunan ke-1):

	BK
bk	BbKk

Genotipe F1 : BbKk

Fenotipe F1 : Biji bulat dan berwarna kuning
 Jika genotipe dari F1 disilangkan sesamanya, maka hasilnya adalah:
 P (induk) : BbKk × BbKk
 Gamet : BK, Bk, bK, bk dan BK, Bk, bK, bk
 F2 (keturunan ke-2)

	BK	Bk	bK	bk
BK	BBKK	BBKk	BbKK	BbKk
Bk	BBKk	BBkk	BbKk	Bbkk
bK	BbKK	BbKk	bbKK	bbKk
bk	BbKk	Bbkk	bbKk	bbkk

Genotipe F2 : BBKK, BBkk, bbKK, bbkk, 2BBKk, 2BbKK, 4BbKk, 2Bbkk, 2bbKk
 Fenotipe F2 : Biji bulat dan berwarna kuning, biji bulat berwarna hijau, biji keriput berwarna kuning, biji keriput berwarna hijau.

D. PENERAPAN PEWARISAN SIFAT

1. Penerapan Pewarisan Sifat pada Tumbuhan dan Hewan

Pewarisan sifat pada tumbuhan dan hewan dimanfaatkan oleh manusia untuk mendapatkan bibit unggul. Sifat unggul adalah sifat-sifat yang baik yang ada pada organisme, dipandang dari sudut kebutuhan manusia. Sifat-sifat unggul tersebut umumnya dilihat dari fenotip organisme tersebut.

a. Sifat-sifat unggul pada hewan

Sifat-sifat unggul yang terdapat pada hewan adalah:

- Tidak mudah terserang penyakit.
- Pemeliharaannya mudah.
- Pada jenis hewan pedaging menghasilkan daging dengan mutu baik.

- Pada unggas petelur dihasilkan telur yang banyak dengan mutu baik.
 - Umur pendek, tapi cepat diperoleh hasil sehingga mengurangi biaya pemeliharaan.
 - Mudah dan cepat dikembangbiakkan.
 - Dapat menyesuaikan dengan lingkungan yang tidak menguntungkan.
- b. Sifat-sifat unggul pada tanaman
- Sifat-sifat unggul yang terdapat pada tanaman adalah:
- Tidak mudah terserang hama dan penyakit tanaman.
 - Pemeliharaannya mudah.
 - Mudah tumbuh dikondisi yang tidak menguntungkan.
 - Mempunyai umur pendek dan cepat dipanen.
 - Batang, ranting dapat tumbuh dengan kokoh.
 - Dapat menghasilkan buah yang bermutu tinggi (rasa manis, besar, banyak, tidak berbiji).
 - Mudah untuk dikembangbiakkan.

Persilangan antar individu yang memiliki sifat unggul mempunyai harapan dihasilkan keturunan yang dapat mewarisi sifat unggul dari induk. Namun, ada kelemahan dari persilangan antara individu dengan melihat sifat unggul dari sudut fenotipnya, yaitu adanya kemungkinan muncul sifat yang tidak baik yang dibawa oleh gen resesif. Biasanya, gen resesif muncul bila gen resesif dari induk bertemu.

2. Pewarisan Sifat pada Manusia

Sifat manusia diturunkan kepada keturunannya dengan mengikuti pola pewarisan tertentu.

a. Cacat atau Penyakit Menurun

Penyakit-penyakit menurun yang terdapat pada manusia, yaitu hemofili, kebutakan, dan buta warna. Penyakit tersebut tidak menular dan menurun. Dalam keadaan homozigot, penyakit menurun baru muncul karena penyakit menurun bersifat resesif.

Albino, adalah penyakit dengan memiliki ciri-ciri rambut dan kulitnya berwarna putih bahkan bulu matanya juga berwarna putih. Itu disebabkan

karena penderita albino tidak memiliki pigmen berwarna melanin. Pigmen melanin dihasilkan oleh enzim pembentuk melanin. Sedangkan, orang albino tidak dapat menghasilkan enzim melanin. Enzim melanin diproduksi berdasarkan perintah gen melanin. Jadi, penderita albino, gen melaninnya tidak dapat memerintah untuk memproduksi enzim. Gen Albino tidak terletak pada kromosom kelamin, melainkan orang albino pada autosom. Oleh karena itu, penderita albino dapat berjenis kelamin laki-laki atau perempuan.

Buta warna, penderita buta warna tidak dapat melihat warna tertentu karena tidak dapat menangkap panjang gelombang cahaya tertentu. Buta warna dibedakan menjadi 2 tipe. Yang pertama adalah tipe protan, yaitu apabila tidak dapat membedakan warna hijau karena bagian mata yang sensitif terhadap warna hijau tersebut rusak. Kedua adalah tipe deutan, yaitu apabila yang rusak adalah bagian mata yang sensitif terhadap warna merah. Tipe deutan ini yang paling sering terjadi. Buta warna disebabkan oleh gen resesif *c* (*Color Blind*) pada kromosom X.

Hemofili, adalah penyakit keturunan pada manusia yang menyebabkan darah sukar membeku ketika terjadi luka, disebabkan tidak adanya faktor pembeku darah hemofili diwariskan melalui kromosom X dengan gen bersifat resesif terhadap gen normal (H). Gen H dan gen h tersebut terpaut pada kromosom X. Hemofili akan muncul jika gen h tidak bersama gen H. Sehingga pria yang menderita hemofili akan memiliki kromosom seks dengan genotipe XhY. Wanita hemofili tidak dijumpai karena bersifat letal (mati dalam kandungan). Waktu yang diperlukan oleh seorang penderita hemofilia untuk pembekuan darah adalah 50 menit sampai 2 jam. Sehingga, akan mengakibatkan pendarahan atau kematian.

Gangguan mental, salah satu contoh bentuk gangguan mental adalah idiot, yang ditentukan oleh gen resesif homozigot (gg) seperti albino. Penderita ini mempunyai ciri-ciri, yaitu: wajahnya menunjukkan kebodohan, refleksnya lambat, kulit dan rambutnya kekurangan pigmen, umurnya tidak berumur panjang, dan tidak mampu menghasilkan keturunan atau mandul.

Brachydactily, adalah keadaan seseorang yang mempunyai jari-jari pendek atau tidak normal. Hal ini terjadi karena pendeknya tulang-tulang pada ujung jari dan tumbuh menjadi satu. Kelainan ini disebabkan oleh

gen dominan B. Orang yang normal akan mempunyai genotipe homozigot resesif (bb). Genotipe homozigot dominan (BB) menyebabkan individu letal.

Polydactily, yaitu keadaan seseorang yang mempunyai kelebihan (tambahan) jari pada tangan atau kaki. Jadi jumlah jari kaki atau tangannya lebih dari lima. Polydactily disebabkan oleh adanya gen dominan homozigot (PP).

b. Golongan darah

1) Golongan darah sistem ABO

Golongan darah manusia dalam sistem ABO ditentukan oleh ada tidaknya antigen (*Aglutinogen*) dan antibodi (*Aglutinin*) dalam sel darah.

Berikut adalah tabel dari aglutinogen dan aglutinin pada golongan darah:

Golongan Darah	Aglutinogen	Aglutinin
A	A	P
B	B	A
AB	AB	-
O	-	a . P

Contoh: perkawinan antara laki – laki yang bergolongan darah AB dengan perempuan yang bergolongan darah O, kemungkinan golongan darah anaknya adalah sebagai berikut:

P : AB >< O

Genotipe : I^AI^B >< I^OI^O

Gamet : I^A I^O
I^B

F1 : I^AI^O = 50% golongan darah A

I^BI^O = 50% golongan darah B

Jadi, anak-anaknya memiliki kemungkinan bergolongan darah A (50%) dan bergolongan darah B (50%).

Golongan darah	Antigen dalam eritrosit	Genotipe
M	M	$L^M L^M$
N	N	$L^N L^N$
MN	MN	$L^M L^N$

2) Golongan darah sistem AMN

K. Landsteiner dan F. Levine menemukan antigen baru yang diberi nama antigen M dan antigen N. Sel darah merah mengandung salah satu antigen tersebut. Pengelempokannya ada tiga macam, yaitu: M, N dan MN.

Persilangan antara golongan darah M dan golongan darah MN, maka dihasilkan sebagai berikut:

P : M \times MN
 Genotipe : $I^M I^M$ $I^M I^N$
 Gamet : I^M I^M dan I^N
 F1 : $I^M I^N$ = golongan darah M
 $I^M I^N$ = golongan darah MN

3) Golongan darah Rhesus

Golongan darah ini dipengaruhi oleh ada tidaknya faktor rhesus (*Antigen Rh*) pada sel darah seseorang. Seseorang yang mengandung antigen Rh pada eritrositnya disebut Rh+ (*Rhesus positif*). Sedangkan, yang tidak mempunyai antigen rhesus disebut Rh- (*rhesus negatif*). Seseorang yang mengandung antigen rhesus pada darah merahnya (Rh+) tidak dapat membentuk antibodi yang melawan antigen Rh-. Antibodi terhadap rhesus akan terbentuk pada orang yang bergolongan darah Rh-. Jadi, jika orang bergolongan darah Rh- diberi transfusi darah dari orang bergolongan darah Rh+, maka pada darah penerima tersebut akan membentuk antibodi yang melawan antigen rhesus.

BAB 8

PERUBAHAN MAKHLUK HIDUP DARI MASA KE MASA

A. ADAPTASI

Adaptasi adalah kemampuan makhluk hidup untuk menyesuaikan diri dengan lingkungan hidupnya. Ada beberapa cara penyesuaian diri yang dapat dilakukan, yaitu dengan cara penyesuaian bentuk organ tubuh, penyesuaian kerja organ tubuh, dan tingkah laku dalam menanggapi perubahan lingkungan. Dari pengertian adaptasi tersebut, ada tiga macam bentuk adaptasi, yaitu:

1. Adaptasi Fisiologi

Adaptasi fisiologi adalah penyesuaian diri makhluk hidup melalui fungsi kerja organ-organ tubuh supaya bisa bertahan hidup. Adaptasi ini berlangsung di dalam tubuh sehingga sulit untuk diamati.

Ikan air laut menghasilkan urine yang lebih pekat dibandingkan dengan ikan sungai. Ikan air laut menghasilkan urine lebih pekat dibandingkan dengan ikan sungai. Hal ini dikarenakan kadar garam air laut. Lebih tinggi dari pada kadar garam air tawar. Tingginya kadar garam menyebabkan ikan kekurangan air sehingga ikan harus banyak minum. Akibatnya, kadar garam dalam darahnya menjadi tinggi sehingga untuk mengurangi kepekatan cairan dalam tubuhnya, ikan mengeluarkan urine yang pekat. Kekebalan serangga terhadap insektisida akan meningkat (menjadi kebal) karena penggunaan insektisida secara terusmenerus.

Hewan-hewan herbivora beradaptasi terhadap makanan secara fisiologis. Sapi, kambing, kerbau, dan domba merupakan hewan herbivora yang dapat mencerna zat makanan di dalam lambung. Rayap dan *Teredo navalis* yang hidup di kayu galangan kapal dapat mencerna kayu dengan bantuan enzim selulose.

Selain hewan, manusia dan tumbuhan dapat beradaptasi dengan lingkungannya secara fisiologi. Tubuh manusia mampu menambah jumlah sel darah merah apabila berada di pegunungan yang lebih tinggi. Hal tersebut dapat mengikat oksigen lebih banyak untuk mencukupi kebutuhan sel-sel tubuh. Mata manusia dapat menyesuaikan dengan intensitas cahaya yang diterimanya. Ketika di tempat gelap, maka pupil kita akan membuka lebar. Sebaliknya di tempat yang terang, pupil kita akan menyempit. Melebar atau menyempitnya pupil mata adalah upaya untuk mengatur intensitas cahaya.

Jumlah sel darah merah orang yang hidup di daerah pantai lebih sedikit dibandingkan orang yang tinggal di daerah pegunungan. Hal ini disebabkan karena tekanan parsial oksigen di daerah pantai lebih besar dibandingkan daerah pegunungan. Jika tekanan parsial oksigen rendah, maka dibutuhkan lebih banyak sel darah merah untuk mengikat oksigen. Tekanan parsial oksigen adalah perbandingan kadar oksigen di udara dibandingkan dengan kadar gas lain di udara.

2. Adaptasi Tingkah Laku

Adaptasi tingkah laku adalah penyesuaian diri terhadap lingkungan dengan mengubah tingkah laku supaya dapat mempertahankan kelangsungan hidupnya. Adaptasi tingkah laku dapat berupa hasil belajar maupun insting/naluri sejak lahir. Terdapat dua macam tingkah laku, yaitu sebagai berikut.

- a. Tingkah laku sosial, untuk hewan yang hidup berkelompok.
- b. Tingkah laku untuk perlindungan. Contohnya babi hutan akan menggali lubang persembunyian dengan kukunya ketika melihat singa, trenggiling akan menggulung tubuhnya bila bertemu musuh. Contoh lain adalah kamuflase, misalnya pada bunglon dan gurita.

3. Adaptasi Morfologi

Adaptasi morfologi adalah penyesuaian makhluk hidup melalui perubahan bentuk organ tubuh yang berlangsung sangat lama untuk kelangsungan hidupnya. Adaptasi ini sangat mudah dikenali dan mudah di amati karena tampak dari luar.

Meskipun hewan dapat bergerak bebas, hewan juga melakukan beragam adaptasi morfologi untuk menyesuaikan dengan tempat hidup dan jenis makanannya. Adaptasi morfologi berupa penyesuaian tubuh hewan seperti ukuran dan bentuk gigi, penutup tubuh, dan alat gerak hewan. Gigi di sesuaikan dengan jenis makanannya, sehingga gigi hewan pemakan daging berbeda dengan hewan pemakan tumbuhan. Penutup tubuh seperti rambut, duri, sisik, dan bulu yang tumbuh dari kulit disesuaikan dengan kondisi lingkungannya sehingga dapat membantu hewan untuk tetap bertahan hidup.

B. PROSES TERJADINYA EVOLUSI

Evolusi merupakan proses perubahan makhluk hidup secara lambat dalam waktu yang sangat lama, sehingga berkembang menjadi berbagai spesies baru yang lebih lengkap struktur tubuhnya. Menurut teori evolusi, makhluk hidup yang sekarang berbeda dengan makhluk hidup jaman dahulu. Nenek moyang makhluk hidup sekarang yang bentuk dan strukturnya (mungkin) berbeda mengalami perubahan-perubahan baik struktur maupun genetik dalam waktu yang sangat lama, sehingga bentuknya jauh menyimpang dari struktur aslinya dan akhirnya menghasilkan berbagai macam spesies yang ada sekarang. Jadi tumbuhan dan hewan yang ada sekarang bukanlah makhluk hidup yang pertamakali berada di bumi, tetapi berasal dari makhluk hidup di masa lampau.

Ada dua macam evolusi, yaitu evolusi progresif dan evolusi regresif. Evolusi progresif merupakan proses evolusi yang menuju kemungkinan dapat bertahan hidup sehingga menghasilkan spesies baru. Evolusi regresif merupakan evolusi menuju kemungkinan mengalami kepunahan.

1. Teori Evolusi Menurut Jean Baptiste de Lamarck

Menurut Lamarck, bagian tubuh makhluk hidup dapat berubah baik ciri, sifat, dan karakternya karena pengaruh lingkungan hidupnya. Jika

bagian tubuh dari makhluk hidup selalu atau sering digunakan, maka bagian tersebut makin lama dapat berubah sehingga sesuai untuk digunakan pada lingkungan tersebut. Sebaliknya, bagian tubuh yang tidak pernah atau jarang digunakan lagi makin lama akan menghilang (*Rudimenter*). Bagian tubuh yang telah mengalami perubahan dan sudah sesuai dengan lingkungannya dikatakan bagian yang telah beradaptasi pada lingkungan. Bagian yang telah beradaptasi tersebut memiliki ciri atau karakter yang berbeda dengan aslinya. Bagian ini dinamakan ciri atau karakter atau sifat perolehan. Sifat perolehan tersebut akan diwariskan kepada keturunannya dari generasi ke generasi. Demikianlah seterusnya sehingga suatu saat nanti muncul makhluk hidup yang lebih maju daripada moyangnya. Teori yang dikemukakan Lamarck tersebut dikenal dengan '*Use and Disuse*'.

Pendapat Lamarck mengenai panjang leher jerapah:

Lamarck mengambil contoh mengenai panjang leher jerapah. Menurut nenek moyang jerapah dahulu berleher pendek. Pada suatu ketika terjadilah bencana kekeringan sedemikian rupa sehingga jerapah hanya dapat memperoleh makanan dengan mengambil daun-daun yang ada di pepohonan. Karena sering mengambil daun-daun dipohon untuk dimakan, akibatnya leher jerapah tertarik, makin lama makin panjang. Akhirnya sifat perolehan yang baru yaitu leher panjang diwariskan pada generasi-generasi berikutnya sehingga jerapah sekarang berleher panjang.

2. Teori Evolusi Menurut Charles Darwin

Charles Darwin adalah seorang naturalis berkebangsaan Inggris. Ia menyatakan bahwa evolusi berlangsung karena adanya proses seleksi alam (*Natural Selection*). Yang dimaksud seleksi alam adalah: proses pemilihan yang dilakukan oleh alam terhadap variasi makhluk hidup di dalamnya. Hanya makhluk hidup yang memiliki variasi sesuai dengan lingkungan yang bisa bertahan hidup, sedang yang tidak sesuai akan punah. Organisme yang bisa hidup inilah yang selanjutnya akan mewariskan sifat-sifat yang sesuai dengan lingkungan pada generasi berikutnya.



Gambar 1. Pendapat Darwin mengenai panjang leher jerapah

Sebagai pembandingan dengan teori Lamarck, panjang leher jerapah dapat dijelaskan dengan teori Darwin sebagai berikut. Nenek moyang jerapah punya variasi panjang leher, ada yang berleher pendek dan ada yang berleher panjang.

Karena terjadi bencana kekeringan, lingkungan pun berubah dan berlangsunglah proses seleksi alam. Jerapah berleher pendek tidak dapat mencari makan dengan menjangkau daun-daun di pohon sehingga tidak bisa bertahan hidup. Sebaliknya jerapah berleher panjang tetap dapat memperoleh makanan dari daun-daun di pohon sehingga dapat bertahan hidup. Karena mampu bertahan hidup maka jerapah tersebut mampu berbiak dan mewariskan sifat adaptif yaitu leher panjang pada generasi berikut. Itulah sebabnya semua jerapah sekarang berleher panjang.

Pada akhirnya Darwin menulis bukunya "*On the Origin of Species by Means of Natural Selection*" yang berisi dua hal pokok:

- a. Spesies yang ada sekarang ini berasal dari spesies yang hidup di masa lampau, dan
- b. Evolusi terjadi melalui proses seleksi alam.

3. Teori Evolusi Menurut August Weismann

Untuk membuktikan apakah lingkungan menyebabkan perubahan sifat yang menurun (teori Lamarck) Weismann melakukan percobaan dengan memotong ekor tikus, lalu mereka dikawinkan. Ternyata anak tikus yang lahir tetap berekor panjang. Lalu anak tikus tersebut dipotong lagi ekornya dan dikawinkan lagi, ternyata keturunan selanjutnya tetap berekor panjang. Langkah itu dilakukan sampai dengan 21 generasi dan keturunan yang lahir ternyata tetap berekor panjang.

Dari apa yang dilakukan, Weismann mengambil kesimpulan bahwa perubahan sel tubuh karena pengaruh lingkungan tidak akan diwariskan kepada keturunannya. Evolusi adalah proses yang menyangkut seleksi alam terhadap faktor genetika. Individu yang memiliki variasi genetik yang sesuai dengan lingkungan yang akan lestari dan memiliki kesempatan mewariskan gen yang adaptif pada generasi berikut.

C. BUKTI-BUKTI ADANYA EVOLUSI

Evolusi dapat dilihat dari dua segi yaitu sebagai proses historis dan cara bagaimana proses itu terjadi. Sebagai proses historis evolusi itu telah dipastikan secara menyeluruh dan lengkap sebagaimana yang telah dipastikan oleh ilmu tentang suatu kenyataan mengenai masa lalu yang tidak dapat disaksikan oleh mata. Hal ini berarti bahwa evolusi itu ada dan merupakan suatu kenyataan yang telah terjadi. Berikut ini merupakan bukti-bukti evolusi yang ada.

1. Adanya variasi antar individu dalam satu keturunan

Di dunia ini tidak pernah dijumpai dua individu yang identik sama, bahkan anak kembar sekalipun pasti punya suatu perbedaan. Demikian pula individu yang termasuk dalam satu spesies. Misalnya perbedaan warna, ukuran, berat, kebiasaan, dan lain-lain. Jadi antar individu dalam satu spesies pun terdapat variasi. Variasi adalah segala macam perbedaan yang terdapat antar individu dalam satu spesies. Hal ini dapat terjadi karena pengaruh berbagai faktor seperti suhu, tanah, makanan, dan habitat.

Perhatikan bahwa dalam satu keturunan pun akan selalu memunculkan variasi. Ini disebabkan karena pada perkawinan selalu terjadi rekombinasi gen. Seleksi yang dilakukan bertahun-tahun terhadap suatu spesies akan menyebabkan munculnya spesies baru yang berbeda dengan moyangnya. Oleh karena itu adanya variasi merupakan bahan dasar terjadinya evolusi yang menuju ke arah terbentuknya spesies baru.

2. Pengaruh penyebaran geografis

Makhluk hidup yang berasal dari satu spesies yang hidup pada satu tempat setelah mengalami penyebaran ke tempat lain sifatnya dapat berubah. Perubahan itu terjadi karena di tempat yang baru makhluk hidup

tersebut harus beradaptasi demi kelestariannya. Selanjutnya, adaptasi bertahun-tahun yang dilakukan akan menyebabkan semakin banyaknya penyimpangan sifat bila dibandingkan dengan makhluk hidup semula. Dua tempat yang dipisahkan oleh pegunungan yang tinggi atau samudera yang luas mempunyai flora dan fauna yang berbeda sama sekali. Perbedaan susunan flora dan fauna di kedua tempat itu antara lain disebabkan adanya isolasi geografis.

Perkembangan variasi paruh burung Finch. Terjadi karena terseleksi secara alami oleh jenis makanan yang berbeda. Contohnya adalah mengenai bentuk paruh burung Finch yang ditemukan Darwin di kepulauan Galapagos. Dari pengamatannya tampak burung-burung Finch tersebut memiliki bentuk paruh dan ukuran yang berbeda, dan menunjukkan mempunyai hubungan dengan burung Finch yang ada di Amerika Selatan. Mungkin karena sesuatu hal burung itu bermigrasi ke Galapagos. Mereka menemukan lingkungan yang baru yang berbeda dengan lingkungan hidup moyangnya. Burung itu kemudian berkembangbiak dan keturunannya yang mempunyai sifat sesuai dengan lingkungan akan bertahan hidup, sedang yang tidak akan mati. Karena lingkungan yang berbeda, burung-burung itu menyesuaikan diri dengan jenis makanan yang ada di Galapagos. Akhirnya terbentuklah 14 spesies burung Finch yang berbeda dalam bentuk dan ukuran paruhnya.

3. Ditemukannya fosil di berbagai lapisan batuan bumi

Fosil adalah sisa tumbuhan atau hewan yang telah membatu atau jejak-jejak yang tercetak pada batuan. Darwin menyatakan bahwa fosil yang ditemukan pada lapisan batuan muda berbeda dengan fosil yang terdapat pada lapisan batuan yang lebih tua, dan menunjukkan suatu bentuk perkembangan. Dari sekian banyak fosil yang ditemukan, yang paling lengkap dan dapat digunakan sebagai petunjuk adanya evolusi adalah fosil kuda yang ditemukan oleh Marsh dan Osborn. Dari studi yang dilakukan dapat dicatat beberapa perubahan dari nenek moyang kuda (*Eohippus*) yang hidup 58 juta tahun yang lalu menuju ke bentuk kuda modern sekarang (*Equus*), yaitu:

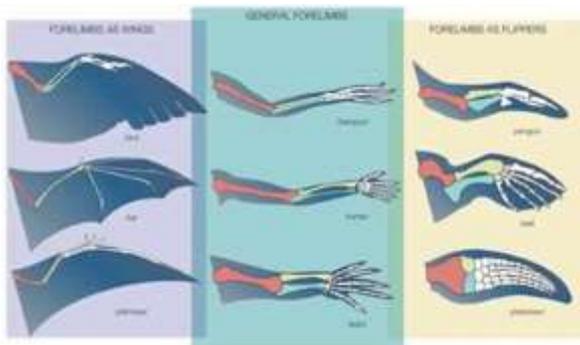
- a. Tubuh bertambah besar, dari sebesar kucing hingga sebesar kuda sekarang.

- b. Leher makin panjang, kepala makin besar, jarak antara ujung mulut hingga bagian mata menjadi makin jauh.
- c. Perubahan dari geraham depan dan belakang dari bentuk yang sesuai untuk makan daun menjadi bentuk yang sesuai untuk makan rumput.
- d. Bertambah panjangnya anggota tubuh hingga dapat dipakai untuk berlari cepat, tetapi bersamaan dengan itu kemampuan rotasi tubuh menurun.
- e. Adanya reduksi jari kaki dari lima menjadi satu, yaitu jari ketiga yang selanjutnya memanjang, kemudian disokong teracak.

Untuk menetapkan umur fosil dapat dilakukan dengan dua cara: secara langsung dan tak langsung. Secara langsung dengan menetapkan umur batuan tempat fosil ditemukan. Cara yang ini kurang valid. Secara tak langsung dengan carbon dating menggunakan isotop C14. Cara yang kedua ini lebih valid.

4. Adanya homologi organ pada berbagai jenis makhluk hidup

Organ-organ berbagai makhluk hidup yang mempunyai bentuk asal sama dan kemudian berubah struktur sehingga fungsinya berbeda disebut organ yang homolog. Homologi organ menunjukkan tingkat kekerabatan makhluk yang bersangkutan. Makin banyak organ yang homolog kemungkinan kekerabatannya makin dekat, yang artinya nenek moyangnya mungkin sama.



Gambar 2. Homologi organ

Contohnya: tangan manusia berfungsi untuk memegang adalah homolog dengan sirip depan paus yang digunakan untuk berenang, atau sayap kelelawar yang berguna untuk terbang homolog dengan tungkai depan kucing yang berguna untuk berjalan.

Lawan dari homolog adalah organ yang analog, yaitu organ-organ dari berbagai makhluk hidup yang fungsinya sama tanpa memperhatikan bentuk asalnya. Bisa juga diartikan organ-organ tubuh dari berbagai makhluk hidup yang fungsinya sama tetapi bentuk asalnya berbeda.

5. Studi perbandingan embriologi

Perkembangan embrio berbagai spesies yang termasuk kelas *vertebrata* menunjukkan adanya persamaan pada fase tertentu yakni pada fase morulla, blastula, dan gastrula/awal embrio. Hal ini menunjukkan adanya hubungan kekerabatan di antara hewan-hewan sesama vertebrata, yang mungkin pula mereka memiliki satu nenek moyang.



Gambar 3. Perbandingan Perkembangan Embrio pada Ikan, Ayam, Babi, dan Manusia

Ernst Haeckel menyatakan dalam hukum Rekapitulasi yang dikemukakannya bahwa ontogeni suatu organisme merupakan rekapitulasi (ulangan singkat) dari filogeni. Ontogeni adalah sejarah perkembangan individu mulai zigot sampai dewasa. Filogeni adalah sejarah perkembangan makhluk hidup dari bentuk sederhana sampai dengan bentuk yang paling sempurna (Evolusi).

6. Studi perbandingan biokimia

Bila membandingkan makhluk hidup pada tingkat biokimia, ternyata hasilnya mendukung teori evolusi. Sebagai contoh, Hb manusia lebih mirip dengan simpanse atau gorilla daripada dengan anjing atau cacing tanah. Tingkat kemiripan ini menunjukkan manusia lebih dekat kekerabatannya dengan simpanse atau gorilla daripada dengan anjing atau cacing tanah.

D. MEKANISME EVOLUSI

Evolusi pada makhluk hidup terjadi antara lain karena adanya:

- a. Variasi genetik
- b. Seleksi alam

Variasi genetik terjadi oleh dua sebab utama, yaitu:

- a. Adanya mutasi gen
- b. Adanya rekombinasi gen-gen dalam satu keturunan. Rekombinasi gen terjadi karena gen-gen berpasangan secara bebas pada waktu pembentukan gamet.

1. Mutasi Gen

Mutasi gen menyebabkan terjadinya penyimpangan sifat-sifat individu dari sifat yang normal. Terjadinya mutasi ini ada yang di pengaruhi oleh faktor luar, dan ada juga yang di pengaruhi oleh faktor dalam (Rekombinasi gen-gen). Mutasi gen yang tidak dipengaruhi oleh faktor luar mempunyai 2 sifat, yaitu:

- a. Jarang terjadi, sebab tidak setiap rekombinasi gen menyebabkan mutasi.
- b. Kebanyakan tidak menguntungkan.

Sekalipun demikian, mutasi ini tetap merupakan salah satu mekanisme evolusi yang sangat penting, termasuk dalam hal

pembentukan spesies baru dengan sifat-sifat yang lebih baik. Jadi jika mutasi kita tinjau selama periode evolusi dari suatu spesies, maka tetap akan mendapatkan angka mutasi yang besar.

Hal ini terjadi karena:

- a. Setiap gamet mengandung beribu-ribu gen.
- b. Setiap individu mampu menghasilkan beribu-ribu bahkan berjuta-juta gamet dalam satu generasi.
- c. Jumlah generasi yang dihasilkan oleh suatu spesies selama kurun waktu spesies itu ada banyak sekali.

Berdasarkan hal tersebut maka angka laju mutasi pada setiap spesies dapat diketahui. Angka laju mutasi adalah angka yang menunjukkan berapakah jumlah gen yang bermutasi dari seluruh gamet yang dihasilkan oleh satu individu dari suatu spesies.

2. Frekuensi Gen Dalam Populasi

Frekuensi gen adalah perbandingan antara gen yang satu dengan gen lainnya di dalam suatu populasi. Misal suatu populasi mempunyai gen dominan A dan gen resesif a. Kedua gen tersebut sama-sama adaptif. Maka generasi yang bergenotif AA, Aa maupun aa mempunyai daya fertilitas dan viabilitas yang sama.

Misalnya populasi tersebut di mulai dengan 50% AA jantan dan 50% aa betina, maka dalam generasi (F1) semua populasi bergenotif Aa.

Apabila dilakukan perkawinan F1 dengan F1 maka frekuensi genotif F2 adalah =

$$25 AA : 50 Aa : 25 aa \quad \text{atau} \quad \frac{1}{4} AA : \frac{1}{2} Aa : \frac{1}{4} aa$$

Berdasarkan perhitungan tersebut maka frekuensi keseimbangan genotif F2 adalah hasil kali frekuensi gen dari masing-masing induknya, yaitu:

$$(A + a)(A + a) = AA + 2 Aa + aa$$
$$A^2 + 2 Aa + a^2$$

Demikian pula pada generasi F3 tetap seperti pada F2 yaitu 1 : 2 : 1. Jadi apabila setiap individu dari berbagai kesempatan melakukan perkawinan yang sama dan berlangsung secara acak, serta setiap genotif mempunyai variabilitas yang sama maka perbandingan antara genotif

yang satu dengan yang lainnya dari generasi ke generasi adalah tetap sama.

E. HUKUM HARDY-WEINBERG

Hardy nama lengkapnya Godfrey Harold Hardy adalah seorang ahli matematika Inggris dan Weinberg yang nama lengkapnya Wilhelm Weinberg adalah seorang dokter dari Jerman. Mereka secara terpisah menemukan hubungan matematika dari frekuensi gen dalam populasi, yang kemudian dikenal sebagai Hukum Hardy-Weinberg. Frekuensi gen dalam populasi adalah perbandingan alel gen tersebut dalam populasi.

Hukum Hardy-Weinberg menyatakan bahwa frekuensi gen dan genotip dalam suatu populasi akan berada pada keadaan yang tetap atau konstan (sama) dari generasi ke generasi apabila memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Genotip-genotip yang ada memiliki viabilitas (kemampuan hidup) dan fertilitas yang sama.
2. Perkawinan antara genotip terjadi secara acak (random).
3. Tidak ada mutasi dari gen satu ke gen yang lain atau sebaliknya.
4. Populasi harus cukup besar.
5. Tidak terjadi migrasi antar populasi.
6. Tidak terjadi seleksi alam

Apabila frekuensi gen yang satu dinyatakan dengan simbol p dan alelnya dengan simbol q , maka secara matematika hukum tersebut dinyatakan sebagai berikut:

$p + q = 1$ atau sama dengan 100%	dimana:	pp	= alel yang homozigot dominan
$(p + q) = 1$ atau sama dengan 100%		$2pq$	= alel yang heterozigot
$p^2 + 2pq + q^2 = 1$ atau sama dengan 100%		qq	= alel yang homozigot resesif
$pp + 2pq + qq = 1$ atau sama dengan 100%			

Contoh penggunaan hukum ini adalah sebagai berikut:

1. Bila dalam suatu populasi masyarakat terdapat perasa kertas PTC 64% sedangkan bukan perasa PTC (tt) 36%,
 - a. Berapa frekuensi gen perasa (T) dan gen bukan perasa (t) dalam populasi tersebut?
 - b. Berapakah rasio genotifnya?

Jawab:

a. Gen bukan perasa PTC = $tt = 36\%$

$$tt = 36\% \text{ maka } t = \sqrt{0,36} = 0,6$$

$$T + t = 1$$

$$T = 1 - 0,6 = 0,4$$

$$\text{Frekuensi gen } T = 0,4 = 40\%$$

$$\text{Frekuensi gen } t = 0,6 = 60\%$$

b. $TT = (0,4)^2 = 0,16 = 16\%$

$$Tt = 2Tt = 2 \times 0,4 \times 0,6 = 0,48 = 48\%$$

$$Tt = (0,6)^2 \times 2 = 0,36 = 36\%$$

Jadi perbandingan genotif $TT : Tt : tt = 16 : 48 : 36$

2. Dalam masyarakat A yang berpenduduk 10.000 orang terdapat 4 orang albino. Berapa orang pembawa sifat albino pada masyarakat tersebut?

Jawab:

a. Orang albino = $aa = \frac{4}{10.000} = 0,0004$

$$a = \sqrt{0,0004} = 0,02$$

$$A + a = 1$$

$$A = 1 - 0,02 = 0,98$$

Jadi frekuensi gen $A = 0,98$ dan $a = 0,02$

b. Orang pembawa sifat albino (Aa)

$$Aa = 2Aa = 2 \times 0,98 \times 0,02 = 0,0392 = 3,92\%$$

Berarti dalam populasi 10.000 orang terdapat carrier albino sebanyak $10.000 \times 0,0392 = 392$ orang

F. PERUBAHAN PERBANDINGAN FREKUENSI GEN

Hukum Hardy-Weinberg tidak selalu menghasilkan angka perbandingan yang tetap dari generasi ke generasi. Ini berarti dalam populasi frekuensi gen dapat mengalami perubahan.

Faktor yang menyebabkan perubahan frekuensi gen adalah:

1. Mutasi

Terjadinya mutasi pada satu atau beberapa gen akan mengakibatkan adanya perubahan kesetimbangan gen-gen

2. Seleksi alam

Apabila gen A memiliki viabilitas lebih rendah dari gen a , atau gen A memiliki mempunyai daya fertilitas lebih baik dari gen a , maka jumlah individu dengan gen A dalam populasi itu akan bertambah, sedangkan individu dengan gen a akan berkurang.

Contoh untuk mutasi gen sekaligus seleksi alam adalah: Di danau buatan AS, selain katak normal (A) di temukan pula katak berkaki banyak dan mandul (a). Jika populasi dari katak (Aa) saling mengadakan

perkawinan, berapakah perbandingan genotip AA : Aa : aa dalam populasi tersebut pada generasi berikutnya bila diketahui:

- Keturunan dari populasi asal terdiri atas : 27 individu AA, 54 individu Aa, dan 27 aa
- Jumlah perkawinan yang terjadi adalah 45
- Jumlah individu yang dihasilkan dari setiap perkawinan adalah 10 individu.

Jawab:

Perbandingan genotip keturunan populasi asal adalah 27 AA : 54 Aa : 27 aa
= 1 : 2 : 1

Perbandingan antara individu yang subur (normal) dengan mandul adalah (AA + Aa) : aa = (27 + 54) : 27 = 81 : 27 = 3 : 1

Berarti dari seluruh individu yang normal (subur) terdiri atas 1/3 bergenotip AA dan 2/3 Aa. Oleh karena itu kemungkinan terjadinya perkawinan antara induk-induk tersebut adalah:

Karena jumlah perkawinan adalah 45 maka jumlah perkawinan antara:

$$AA \times AA = 1/9 \times 45 = 5$$

$$AA \times Aa = 2/9 \times 45 = 10$$

$$Aa \times AA = 2/9 \times 45 = 10$$

$$Aa \times Aa = 4/9 \times 45 = 20$$

Setiap perkawinan menghasilkan 10 individu untuk masing-masing genotip:

Jadi perbandingan genotip AA : Aa : aa = 20 : 20 : 50 = 4 : 4 : 1

3. Migrasi (Emigrasi dan Imigrasi)

Migrasi menyebabkan frekuensi gen akan berubah. Contoh: *Xylopa nobilis* (kumbang) antara daerah manado dengan Kepulauan Sangihe. Kumbang-kumbang di dua daerah tersebut menunjukkan perbedaan genetika. Karena sesuatu hal, kumbang kayu di pulau sangihe bermigrasi ke manado. Pada kumbang tersebut terjadi interhibridisasi sehingga terjadi perubahan frekuensi gen pada generasi selanjutnya.

4. Rekombinasi dan Seleksi

Rekombinasi merupakan penggabungan gen-gen melalui perkawinan silang. Genotip rekombinan tidak sama dengan induknya. Sehubungan

dengan itu rekombinasi gen menimbulkan perubahan gen pada generasi berikutnya.

5. Perubahan alam sekitar

Perubahan alam sekitar dan adanya mekanisme isolasi dapat menyebabkan populasi dari spesies terpisah, akhirnya berkembang menjadi spesies-spesies baru.

DAFTAR PUSTAKA

- Campbell, N. A, J. B, Reece, and L. G, Mitchell. 2002. *Biologi Edisi Kelima*. Jakarta: Erlangga.
- Gunawan, Totok dkk. 2004. *Fakta dan Konsep Geografi*. Jakarta: Ganeca Exact.
- Kimball. W. John. 2009. *Biologi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Stansfield, William, 2006. *Biologi Molekuler dan Sel*. Jakarta: Erlangga.
- Waluyo, L. 2005. *Evolusi Organik*. UMM Press. Malang.

BIOLOGI DASAR

Biologi Dasar merupakan salah satu mata kuliah wajib di Program Studi Pendidikan Biologi. Buku ini mempunyai kelebihan dari buku yang lainnya karena membahas segala pokok permasalahan atau pembahasan dari dasar; sehingga buku ini cocok digunakan sebagai pegangan mahasiswa biologi. Mata kuliah sebagai mata kuliah dasar sebelum mahasiswa mengampu mata kuliah yang lebih tinggi. Biologi dasar merupakan mata kuliah yang berisikan mengenai struktur dan fungsi sel, komposisi kimia organisme, keanekaragaman makhluk hidup, struktur organisasi tubuh, metabolisme, interaksi antar organisme dengan lingkungan, pewarisan sifat, dan perubahan makhluk hidup dari masa ke masa. Buku ini mengkaji materi secara meluas sehingga menambah wawasan lebih untuk pembaca serta materinya dibahas terperinci. Buku ini direkomendasikan agar kita lebih mudah memahami materi biologi dasar.



Penerbit

widina

www.penerbitwidina.com

ISBN 978-623-6608-14-2



9

786236

608142