

MODUL SAKTI UTBK

SBMPTN

BIOLOGI

RINGKASAN SUPERLENGKAP
FULL RUMUS SAKTI
HAFALAN SUPERCEPAT

BIOLOGI

Bab 1

Metode Ilmiah dan Ruang Lingkup Biologi

A. Metode Ilmiah

Metode ilmiah merupakan langkah-langkah atau tahap-tahap kerja secara sistematis yang dilakukan oleh para ilmuwan dalam melakukan penelitian.

Tahapan-tahapan dalam metode ilmiah, yaitu:

1. Merumuskan masalah
2. Melakukan observasi (pengamatan)
3. Merumuskan hipotesis
4. Melakukan eksperimen
5. Menganalisis data hasil eksperimen
6. Menarik kesimpulan

B. Ruang Lingkup Biologi

Istilah biologi berasal dari bahasa Yunani, yaitu *bios* (hidup) dan *logos* (ilmu). Secara istilah, ilmu biologi didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari segala sesuatu yang berkaitan dengan makhluk hidup.

Ilmu biologi memiliki beberapa cabang ilmu pengetahuan sebagaimana yang terdapat pada tabel di bawah ini.

No	Cabang Ilmu Biologi	Bidang yang Dipelajari
1.	Mikrobiologi	Mikroorganisme
2.	Bakteriologi	Bakteri
3.	Virologi	Virus
4.	Ornitologi	Burung
5.	Entomologi	Serangga
6.	Mikologi	Jamur

7.	Mamologi	Mamalia
8.	Zoologi	Dunia hewan
9.	Botani	Dunia tumbuhan
10.	Sitologi	Sel
11.	Histologi	Jaringan tubuh
12.	Anatomi	Struktur tubuh bagian dalam pada makhluk hidup
13.	Fisiologi	Fungsi alat tubuh organisme
14.	Embriologi	Perkembangan embrio
15.	Ekologi	Hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya
16.	Endokrinologi	Hormon
17.	Organologi	Organ
18.	Bioteknologi	Aplikasi penerapan proses biologi secara terpadu
19.	Genetika	Pewarisan sifat
20.	Taksonomi	Pengelompokan makhluk hidup
21.	Enzimologi	Enzim
22.	Algologi	Alga
23.	Agronomi	Tanaman budidaya
24.	Epidemiologi	Penularan penyakit
25.	Ontogeni	Perkembangan makhluk hidup dari zigot menjadi dewasa
26.	Patologi	Penyakit dan pengaruhnya bagi manusia
27.	Imunologi	Sistem kekebalan (imun) tubuh
28.	Malakologi	Molusca (keong, cumi-cumi, dan lain-lain)

C. Objek Kajian Biologi

Biologi sebagai ilmu pengetahuan, memiliki beberapa objek kajian yang meliputi manusia, hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme, baik yang terlihat oleh mata telanjang maupun dengan bantuan alat (mikroskop).

Tingkatan organisasi dalam kehidupan, yaitu:

Sel - Jaringan - Organ - Sistem organ - Individu - Populasi - Komunitas - Ekosistem - Bioma

Objek yang menjadi kajian ilmu biologi dibagi menjadi beberapa tingkat, yaitu:

1. **Objek tingkat molekul**
Beberapa molekul yang dikaji pada ilmu biologi, yaitu protein, karbohidrat, lipid (lemak), dan asam nukleat.
2. **Objek tingkat sel**
Sel adalah unit struktural dan fungsional terkecil dari makhluk hidup.
3. **Objek tingkat jaringan**
Jaringan terbentuk dari kumpulan sel-sel yang memiliki fungsi dan bentuk yang sama.
Contoh: (jaringan pada tumbuhan) jaringan parenkim, jaringan bunga karang, dan jaringan pengangkut.
Contoh: (jaringan pada hewan) jaringan otot, jaringan epitel, dan lain-lain.
4. **Objek tingkat organ**
Organ terbentuk dari beberapa jaringan yang memiliki fungsi tertentu.
Contoh: jantung, hati, dan ginjal pada hewan, serta akar, batang, dan daun pada tumbuhan.
5. **Objek tingkat sistem organ**
Sistem organ tersusun atas beberapa organ yang saling bekerja dan berinteraksi secara sinergis.
Contoh: sistem pencernaan, sistem pernapasan, sistem peredaran darah, dan sistem gerak.
6. **Objek tingkat individu**
Kumpulan dari beberapa sistem organ dengan fungsi tertentu akan membentuk suatu individu.
Contoh: manusia, hewan, dan tumbuhan.
7. **Objek tingkat populasi**
Populasi didefinisikan sebagai kumpulan individu yang sejenis yang menempati suatu daerah tertentu dan dalam waktu tertentu.
Contoh: sekelompok burung merpati, dan rimbunan pohon cemara.
8. **Objek tingkat komunitas**
Komunitas adalah kumpulan beberapa populasi yang menempati suatu daerah tertentu.
Contoh: dalam suatu kebun terdapat populasi lebah, populasi pohon rambutan, dan populasi burung pipit.
9. **Objek tingkat ekosistem**
Ekosistem merupakan kesatuan antara komunitas dengan lingkungan tempat hidupnya, serta hubungan timbal balik yang ada di dalamnya.
Contoh: ekosistem hutan, ekosistem pantai, dan ekosistem danau.
10. **Objek tingkat Bioma**
Bioma didefinisikan sebagai kumpulan berbagai ekosistem yang membentuk kesatuan ekosistem dunia (global).

D. Peranan Biologi dalam Kehidupan

Beberapa peranan dan pemanfaatan ilmu biologi beserta cabang ilmunya dalam kehidupan, yaitu:

1. Penggunaan mikroorganisme untuk industri makanan (**bioteknologi**).
Contoh: pembuatan tempe dari kedelai oleh bakteri *Rhizopus sp.*, dan pembuatan tape dari singkong atau ketan oleh *Saccharomyces cereviceae*.
2. Perkawinan silang pada tumbuhan dapat menghasilkan produksi buah yang lebih banyak (**botani**).

3. Penemuan beberapa vaksin yang dipakai untuk menambah kekebalan tubuh terhadap beberapa penyakit (**imunologi**).

E. Teori AS

a. Teori Abiogenesis

Teori abiogenesis merupakan teori yang menerangkan bahwa makhluk hidup berasal dari benda mati yang penciptaannya terjadi secara spontan.

Pencetus teori ini ialah **Aristoteles**. Ia mengatakan bahwa "*Belatung berasal dari daging yang sudah busuk*".

Ilmuwan yang mendukung teori ini, yaitu:

1. **Antonie van Leuwenhook**
2. **John Needham**,

Ia mengatakan, "*Bakteri berasal dari air kaldu*".

b. Teori Biogenesis

Teori biogenesis merupakan teori yang menyatakan bahwa makhluk hidup yang ada saat ini berasal dari makhluk hidup pada masa sebelumnya.

Pencetus teori ini adalah seorang ilmuwan bernama **Louis Pasteur**, dengan teorinya "*Omne vivum ex ovo, omne ovum ex vivo*" (Kehidupan terjadi berasal dari telur, dan telur berasal dari makhluk hidup).

Beberapa ilmuwan yang mendukung teori ini, yaitu:

1. **Fransisco Redy**, bereksperimen dengan media daging.
2. **Lazzaro Spalanzani**, bereksperimen dengan menggunakan air kaldu.

Teori biogenesis berhasil menumbangkan teori sebelumnya, yaitu abiogenesis dengan dilakukannya percobaan "*Air Kaldu dan Tabung Leher Angsa*" oleh Louis Pasteur.

c. Teori Neoabiogenesis

- Teori ini menerangkan bahwa kehidupan pertama kali berasal dari senyawa organik.
- Teori ini timbul dari dua orang ilmuwan, yaitu Harold Urey dan Oparin.

- **Harold Urey** menyatakan *Teori Evolusi Kimia*, yaitu bahwa kehidupan pertama kali diduga terjadi di atmosfer (didukung oleh **Stanley Miller** melalui percobaannya).
- **Oparin** mengemukakan teorinya yang diberi nama "*Teori Biologi Evolusi*", menyatakan bahwa kehidupan pertama kali diduga terjadi di lautan (didukung oleh **Haldane** dalam bukunya yang berjudul "*The Origin of Life*").

F. EVOLUSI

a. Teori-teori Evolusi

1. Teori Lamarck (1809)

Mengemukakan bahwa sifat fenotipe (sifat yang dapat terlihat, seperti bentuk wajah, warna kulit, dan lain-lain) dapat diperoleh dari lingkungan dan diwariskan secara genetik.

Contoh: jerapah mempunyai leher yang panjang karena jerapah secara terus-menerus menjulur ke atas untuk menggapai makanan.

2. Teori Weissman

Mengemukakan bahwa perubahan organ tubuh yang disebabkan oleh lingkungan tidak memengaruhi keturunannya.

Contoh: tikus yang tidak mempunyai ekor karena ekornya dipotong ternyata tidak diwariskan pada keturunannya.

3. Teori Charles Darwin/Teori Evolusi Darwin (1809—1882)

Mengemukakan bahwa evolusi disebabkan oleh proses seleksi alam.

Teori Darwin melalui seleksi alam mencakup tiga hal, yaitu:

- Seleksi alam terjadi karena adanya keberhasilan pada reproduksi organisme.
- Seleksi alam terbentuk dari interaksi antara lingkungan dengan variasi yang dimiliki oleh organisme.
- Produk seleksi alam merupakan adaptasi organisme terhadap lingkungannya.

b. Bukti Adanya Evolusi

1. Fakta langsung adanya evolusi

- Adanya variasi di antara makhluk hidup.
- Adanya fosil.

2. Fakta tidak langsung adanya evolusi

- Homolog (kesamaan) pola perkembangan embriologi.
- Adanya kajian biogeografi (penyebaran makhluk hidup) dan palaeontologi (asal-usul makhluk hidup).

c. Proses Terbentuknya Spesies Baru

1. **Isolasi geografi:** apabila batas wilayah tidak dilewati, populasi tidak akan bertemu dengan populasi lain sehingga perkawinan secara alamiah tidak akan terjadi.
2. **Isolasi reproduksi:** menyangkut adanya keberhasilan suatu pembuahan dan keberhasilan organisme baru pascapembuahan.

d. Syarat Terjadinya Evolusi

1. Adanya perubahan lingkungan.
2. Adanya relung (tempat hidup dan interaksi suatu organisme) yang kosong.
3. Adanya keanekaragaman suatu kelompok organisme.

e. Hukum Hardy-Weinberg

Menyatakan bahwa frekuensi alel dan genotipe suatu populasi selalu konstan dari generasi ke generasi dengan kondisi tertentu, yang meliputi:

1. Ukuran populasi cukup besar.
2. Populasi terisolasi.
3. Jumlah mutasi gen dalam alel seimbang.
4. Perkawinan acak.
5. Kemampuan reproduksi antar-individu sama.

Persamaan Hardy-Weinberg

Karena hanya ada dua alel, kombinasi frekuensi keseluruhan adalah:

$$(p + q) = 1$$

Kombinasi alel yang muncul secara acak, yaitu:

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$
$$AA + 2Aa + aa = 1$$

p = frekuensi alel dominan di dalam populasi.

q = frekuensi alel resesif di dalam populasi.

Bab 2

Keanekaragaman Hayati dan Klasifikasi

A. Keanekaragaman Hayati

Keanekaragaman hayati didefinisikan sebagai keragaman makhluk hidup dalam hal variasi gen, jenis, dan ekosistem dalam suatu lingkungan.

a. Jenis Keanekaragaman Hayati

Keanekaragaman hayati terbagi menjadi tiga tingkatan, yaitu:

1. **Keanekaragaman tingkat gen**, yaitu keanekaragaman yang terjadi sebagai akibat dari variasi genetik dalam satu spesies.

Contoh: Keanekaragaman warna mahkota bunga pada tanaman mawar, yaitu ada tanaman mawar merah, putih, kuning, dan ungu.

2. **Keanekaragaman tingkat jenis (spesies)**, yaitu keanekaragaman variasi bentuk dan penampakan yang dimiliki oleh spesies satu dengan yang lainnya dalam suatu lingkungan.

Contoh: Keanekaragaman jenis pada penampakan buah nangka (*Artocarpus heterophyllus*) dan cempedak (*Artocarpus cempedens*) yang merupakan satu famili.

3. **Keanekaragaman tingkat ekosistem**, yaitu keanekaragaman yang terjadi sebagai akibat adanya interaksi antara makhluk hidup penyusun suatu daerah dengan lingkungannya.

Contoh: Ekosistem padang rumput dengan hutan hujan tropis.

b. Pelestarian Keanekaragaman Hayati

Pelestarian terhadap keanekaragaman hayati di Indonesia digolongkan menjadi dua, yaitu:

1. **Pelestarian in situ**, yaitu usaha pelestarian terhadap makhluk hidup yang dilakukan di habitat aslinya.

Contoh: cagar alam, taman nasional, dan hutan lindung.

2. **Pelestarian eks situ**, yaitu usaha pelestarian yang dilakukan dengan memindahkan makhluk hidup dari habitat aslinya.

Contoh: kebun binatang, kebun botani, dan taman safari.

B. Klasifikasi Makhluk Hidup

Klasifikasi merupakan suatu proses penggolongan makhluk hidup secara sistematis menurut aturan tertentu untuk memudahkan kita dalam mempelajari ciri-ciri dan sifat suatu makhluk hidup.

a. Tujuan dan Manfaat Mempelajari

Klasifikasi

Tujuan klasifikasi terhadap makhluk hidup, yaitu:

1. Untuk mengelompokkan makhluk hidup berdasarkan persamaan ciri-ciri yang dimiliki.
2. Untuk mendeskripsikan ciri-ciri makhluk hidup sehingga dapat diketahui perbedaan yang dimiliki antara makhluk hidup satu dengan makhluk hidup lainnya.

3. Untuk mengetahui hubungan kekerabatan antarmakhluk hidup.
4. Memberi nama makhluk hidup spesies baru yang baru diketahui.

Berdasarkan tujuan tersebut maka sistem klasifikasi pada makhluk hidup memiliki beberapa manfaat, yaitu:

1. Memudahkan kita dalam mempelajari makhluk hidup yang sangat beraneka ragam.
2. Agar hubungan kekerabatan antarmakhluk hidup dapat diketahui.

b. Dasar-dasar Klasifikasi

Beberapa hal yang menjadi dasar pada sistem klasifikasi makhluk hidup, yaitu:

1. Berdasarkan persamaan
2. Berdasarkan perbedaan
3. Berdasarkan ciri morfologi dan anatomi
4. Berdasarkan ciri biokimia
5. Berdasarkan manfaat

c. Tahapan dalam Klasifikasi

Terdapat tiga tahap yang harus dilalui ketika ingin melakukan pengklasifikasian terhadap makhluk hidup, yaitu:

1. Melakukan proses identifikasi dan pengamatan terhadap sifat makhluk hidup.
2. Mengelompokkan makhluk hidup berdasarkan ciri-ciri dan sifat yang diamati.
3. Memberikan nama pada makhluk hidup jenis baru dengan maksud untuk mempermudah dalam pengenalan dan dapat membedakan dengan makhluk hidup lainnya.

d. Macam-macam Klasifikasi

1. **Klasifikasi sistem alami**, yaitu klasifikasi yang didasarkan pada sifat morfologi, fisiologi, dan anatomi yang dimiliki oleh makhluk hidup. **Contoh:** kambing, sapi dan kerbau diklasifikasikan ke dalam golongan hewan berkaki empat (morfologi).

2. **Klasifikasi sistem buatan**, yaitu klasifikasi yang didasarkan pada ciri morfologi yang mudah diamati dari makhluk hidup.

Contoh: pada klasifikasi tumbuhan terdiri atas herba, pohon, dan semak.

3. **Klasifikasi sistem filogenik**, yaitu jenis klasifikasi yang didasarkan pada sejarah evolusi makhluk hidup dan hubungan kekerabatan antara takson satu dengan yang lainnya. **Contoh:** hubungan kekerabatan antara orang utan dan gorila.

e. Sistem Tata Nama Makhluk Hidup

Sistem pemberian nama pada makhluk hidup yang terdiri atas dua bagian nama disebut sistem tata nama ganda atau dikenal dengan *Binomial nomenclature*.

Sistem ini diperkenalkan oleh **Carolus Linnaeus** (1707-1778). Hierarki taksonomi yang diperkenalkan oleh Carolus Linnaeus tersusun atas takson (tingkatan) dari tingkat tinggi ke tingkat rendah, yaitu:

Kingdom – Divisio (tumbuhan)/Filum (hewan) – Kelas – Ordo – Familia – Genus – Spesies

Aturan pada sistem tata nama *Binomial nomenclature*, yaitu:

1. Terdiri atas dua kata bahasa latin atau dilatinkan.
2. Kata pertama diawali dengan huruf besar merupakan nama **genus**, kata kedua diawali dengan huruf kecil merupakan penunjuk **spesies** (*epitheton specificum*).
3. Tulisan harus bercetak miring jika dicetak (ketik komputer) atau digarisbawahi jika ditulis tangan.

Contoh: *Rhinoceros sondaicus* (badak bercula satu) g ketik komputer

Elaeis oleifera (kelapa sawit) g tulis tangan

f. Perkembangan Sistem Klasifikasi

1. **Sistem Dua Kingdom** (Aristoteles, tahun 1800). Pengelompokan makhluk hidup

dengan sistem ini terdiri atas kingdom *Plantae* (tumbuhan) dan kingdom *Animalia* (hewan).

2. **Sistem Tiga Kingdom** (Ernest Haeckel, tahun 1866). Sistem tiga kingdom terdiri atas kingdom *Protista*, kingdom *Plantae*, dan kingdom *Animalia*.
3. **Sistem Empat Kingdom** (E. Chatton, tahun 1959). Sistem empat kingdom terdiri atas *Monera*, *Protista*, *Plantae*, dan *Animalia*.

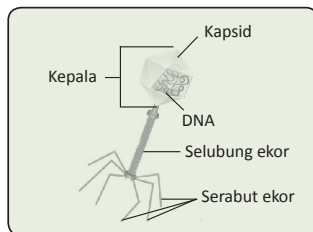
4. **Sistem Lima Kingdom** (Robert Whittaker, tahun 1969). Sistem lima kingdom terdiri atas kingdom *Monera*, kingdom *Protista*, kingdom *Fungi*, kingdom *Plantae*, dan kingdom *Animalia*.

5. **Sistem Enam Kingdom** (Salomon, tahun 1999-2002). Sistem enam kingdom terdiri atas kingdom *Virus*, kingdom *Protista*, kingdom *Monera*, kingdom *Fungi*, kingdom *Plantae*, dan kingdom *Animalia*.

A. Ciri-ciri Virus

1. Virus memiliki ukuran yang sangat kecil, yaitu antara 25—300 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$).
2. Virus hanya memiliki satu jenis asam nukleat (DNA atau RNA) yang diselubungi oleh kapsid (selubung protein).
3. Virus hanya dapat hidup dan berkembang biak pada sel hidup (parasit intraseluler obligat).
4. Tubuh virus bukan berupa sel sehingga tidak memiliki inti sel, membran plasma, dan sitoplasma.
5. Tubuh virus memiliki berbagai bentuk (batang, bulat, silindris, dan bentuk T).
6. Virus merupakan makhluk metaorganisme, yaitu bentuk peralihan antara benda mati (memiliki sifat dapat dikristalkan) dan makhluk hidup (dapat berkembang biak).

B. Struktur Tubuh Virus



Meskipun virus memiliki ukuran dan bentuk yang berbeda-beda, tapi struktur tubuhnya sama, yaitu terdiri atas:

1. **Kapsid**, yaitu lapisan pembungkus DNA atau RNA pada virus. Kapsid terdapat pada bagian kepala virus.

2. **Kapsomer**, yaitu bagian pada virus yang mengandung sedikit protein dan akan saling bergabung membentuk kapsid.
3. **Sel pembungkus**, yaitu bagian yang melapisi DNA atau RNA. Sel ini mengandung lipoprotein (lipid dan protein) yang merupakan membran plasma dan berasal dari sel inang virus.
4. **Selubung dan serabut ekor**, yaitu bagian yang digunakan oleh virus untuk melekatkan tubuhnya ke sel inang.

C. Klasifikasi Virus

Pengelompokkan jenis virus didasarkan pada beberapa hal, yaitu:

a. Berdasarkan organisme yang diserang, virus tergolong menjadi tiga, yaitu:

- **Bakteriofage**
Bakteriofage merupakan virus yang menyerang sel bakteri.
Contoh: virus T2, T4, dan T6.
- **Virus tumbuhan**
Virus yang menyerang sel tumbuhan, yaitu:
 1. *Tobacco Mosaic Virus* (TMV) penyebab mosaik (bercak kuning) pada tembakau.
 2. *Citrus Vein Phloem Degeneration* (CVPD) penyebab penyakit pada jeruk.
 3. Virus tungro penyebab penyakit pada tanaman padi.
- **Virus hewan**
Virus yang menyerang sel hewan, yaitu:
 1. Poliooma penyebab tumor

2. *Rous Sarcoma Virus* (RSV) penyebab kanker pada ayam
3. *Rhabdovirus* penyebab rabies pada anjing dan kuda.

b. Berdasarkan susunan asam nukleat, virus diklasifikasikan menjadi lima, yaitu:

1. **Virus dengan DNA pita tunggal (ssDNA)**
Contoh: *Parvovirus* harus melakukan infeksi bersama dengan *Adenovirus* agar bisa tumbuh.
2. **Virus dengan DNA pita ganda (dsDNA)**
Contoh: *Adenovirus*, penyebab penyakit pada saluran pernapasan.
3. **Virus dengan RNA pita tunggal (ssRNA positif)**
Pada virus ini ssRNA berperan sebagai mRNA (pembawa pesan kode gen RNA).
Contoh: *Picornavirus*, yaitu virus yang menyebabkan penyakit polio.
4. **RNA pita tunggal (ssRNA negatif)**
Pada virus ini ssRNA sebagai cetakan mRNA
Contoh: *Rhabdovirus* penyebab rabies.
5. **RNA pita ganda (dsRNA)**
Contoh: *Reovirus*, penyebab penyakit diare.
Keterangan:
ss = *single stranded*/rantai tunggal
ds = *double stranded*/rantai ganda.

D. Bakteriofage

- Bakteriofage merupakan kesatuan biologis paling sederhana yang mampu mereplikasi dirinya (menggandakan diri menjadi lebih banyak).
- Tubuh bakteriofage tersusun atas kepala, ekor, dan serabut ekor. Ekor fage berfungsi sebagai alat penginfeksi ke sel inang.
- Proses infeksi bakteriofage pada sel bakteri juga digunakan oleh virus untuk berkembang biak. Proses ini terdiri atas dua tipe, yaitu litik (virulen) dan lisogenik.

E. Perkembangbiakan Virus

Untuk berkembang biak, virus harus menginfeksi sel inangnya. Proses reproduksi virus terdiri atas dua tipe, yaitu tipe litik dan lisogenik.

a. Siklus Litik

Pada siklus litik, replikasi genom virus menyebabkan kematian pada sel inang. Virus yang hanya dapat bereplikasi melalui siklus litik (lisis) disebut dengan virus *virulen*.

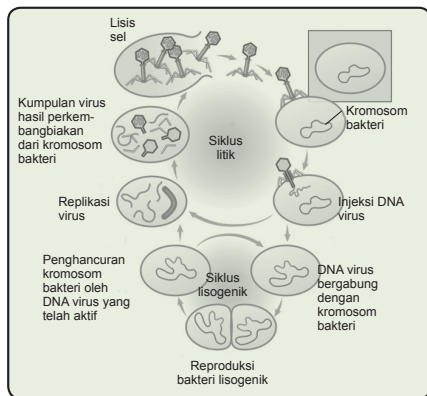
Siklus litik terdiri atas dua fase, yaitu:

1. **Fase adsorpsi**, diawali dengan menempelnya ujung ekor virus pada dinding sel bakteri, kemudian enzim lisozim dikeluarkan untuk melubangi dinding sel inang.
2. **Fase injeksi (penetrasi)**, yaitu dimasukkannya DNA atau RNA virus ke dalam sel inang. Kepala dan ekor virus tetap tertinggal di luar sel dan akan terlepas serta tidak berfungsi ketika injeksi DNA telah dilakukan.
3. **Fase sintesis**, yaitu DNA virus yang mengandung enzim lisozim akan menghancurkan DNA bakteri, kemudian mereplikasi diri, melakukan sintesis protein hingga membentuk bagian-bagian kapsid, seperti kepala, ekor, dan serabut ekor.
4. **Fase perakitan**, yaitu bagian-bagian kapsid virus yang awalnya terpisah selanjutnya dirakit menjadi kapsid virus hingga terbentuk tubuh virus baru.
5. **Fase lisis**, yaitu hancurnya sel inang (lisis) dan melepaskan virus-virus baru yang akan menginfeksi sel inang lainnya, begitu seterusnya.

b. Siklus Lisogenik

- Siklus lisogenik merupakan siklus replikasi genom virus tanpa menghancurkan sel inang sehingga virus berintegrasi ke dalam kromosom bakteri atau sel inang.
- Fase awal yang dilalui oleh siklus lisogenik sama dengan siklus litik, yaitu melalui **fase adsorpsi** dan **fase injeksi**. Selanjutnya melalui fase-fase berikut ini, yaitu:
 1. **Fase penggabungan**, yaitu bergabungnya DNA virus dengan DNA bakteri. Dengan demikian, bakteri yang terinfeksi akan memiliki DNA virus.

2. **Fase pembelahan**, DNA virus yang bergabung dengan DNA bakteri menjadi tidak aktif (profage). Dengan demikian, jika DNA bakteri bereplikasi maka DNA virus yang tidak aktif tersebut akan ikut bereplikasi.
3. **Fase sintesis**, yaitu DNA virus yang telah aktif akan menghancurkan DNA bakteri dan memisahkan diri. Selanjutnya, DNA virus akan mensintesis protein sel inang sekaligus mereplikasikan diri.
4. **Fase perakitan**, yaitu kapsid yang terbentuk dari protein sel inang dirakit menjadi kapsid virus. Selanjutnya, DNA virus baru masuk ke dalam kapsid sehingga membentuk virus baru.
5. **Fase lisis**, yaitu terjadi lisis pada sel setelah terbentuk bakteri virus baru. Virus-virus yang terbentuk kemudian akan menyerang bakteri (sel inang) lain.



Gambar Siklus Reproduksi Virus

F. Peranan Virus dalam Kehidupan

a. Virus yang Menguntungkan

Terdapat beberapa jenis virus yang dikembangkan oleh peneliti karena memiliki beberapa manfaat tertentu bagi tubuh, antara lain:

1. **Sebagai antibakterial**, misalnya pada bakteri pengganggu produk pangan yang diawetkan.
2. **Untuk pembuatan insulin**, misalnya pada virus penyebab kanker dapat dicangkokkan gen-gen penghasil hormon insulin ke

dalam sel bakteri. Jadi, jika sel bakteri bereplikasi maka sekaligus memproduksi insulin.

3. Pada pembuatan vaksin, misalnya vaksin polio, vaksin campak, dan vaksin cacar.
4. Untuk membuat zat antitoksin.

b. Virus yang Merugikan

Beberapa virus yang menyebabkan timbulnya infeksi penyakit dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:

• Virus yang menyebabkan penyakit pada manusia

1. *Virus Avian influenza*, penyebab virus flu burung.
2. *Poliovirus*, yaitu virus penyebab penyakit polio.
3. *Virus Ebola*, yaitu virus yang menyebabkan penyakit ebola pada manusia.
4. *Human Immunodeficiency Virus (HIV)*, penyebab penyakit AIDS.
5. *Influenza virus*, menyebabkan penyakit flu pada manusia.

• Virus yang menyebabkan penyakit pada tumbuhan

1. *Tobacco Mosaic Virus (TMV)*, virus yang menyebabkan timbulnya bercak-bercak mozaik pada daun tembakau.
2. *Citrus Leprosis Virus (CLV)*, virus yang menyebabkan penyakit pada tanaman jeruk.
3. *Virus Tungro*, virus yang menyebabkan kekerdilan pada tanaman padi.

• Virus yang menyebabkan penyakit pada hewan

1. *Rhabdovirus*, virus yang menyebabkan penyakit rabies pada anjing, kucing, dan monyet.
2. *New Castle Disease (NCD)* atau virus tetelo.
3. *Adenovirus*, menyebabkan penyakit saluran pernapasan pada hewan.

Bab 4

Monera

- Monera (organisme prokariota) berasal dari bahasa Yunani. Monera artinya tunggal.
- **Ciri-ciri monera:**
 - a. Uniselular (bersel satu)
 - b. Tidak memiliki membran inti (prokariota)
- **Kingdom monera terdiri atas:**
 - a. *Eubacteria* (bakteri)
 - b. *Archaeobacteria* (archae)

A. Ciri-ciri Bakteri (*Eubacteria*)

1. Bersel tunggal (*uniselular*).
2. Inti selnya tidak memiliki membran inti (*prokariotik*).
3. Ukuran sel berkisar antara 1—5 mm (1 mm = 1/1000 mm).
4. Berkembang biak secara aseksual dengan membelah diri.
5. Hidup di berbagai lingkungan/habitat.
6. Beberapa jenis bakteri berperan penting pada proses penguraian zat-zat organik.
7. Bergerak dengan flagela atau pili.

B. Struktur Bakteri (*Eubacteria*)

a. Struktur Bagian Luar Sel

Bagian luar sel bakteri terdiri atas kapsul, dinding sel, dan membran plasma.

1. **Kapsul**, merupakan bagian paling luar berupa lapisan lendir. Kapsul berfungsi sebagai pelindung sel dan dapat digunakan sebagai cadangan makanan.
2. **Dinding sel**, berfungsi untuk melindungi dan memberi bentuk pada sel bakteri.

Dinding sel tersusun atas hemiselulosa dan senyawa peptidoglikan (protein dan asam amino).

3. **Membran sitoplasma**, tersusun atas lapisan lipoprotein (fosfolipid dan protein) yang bersifat permeabel dan berperan untuk mengatur keluar masuknya zat-zat di dalam sel bakteri.

b. Struktur Bagian dalam Sel

Bagian dalam sel bakteri terdiri atas DNA, mesosom, ribosom, plasmid, dan endospora.

1. **DNA**, merupakan materi inti genetik sebagai pembawa sifat pada makhluk hidup, khususnya bakteri.
2. **Mesosom**, merupakan bagian dari membran sitoplasma yang mengalami pelipatan. Mesosom berperan dalam sintesis dinding sel serta pada pembelahan nukleus (inti sel).
3. **Ribosom**, merupakan bagian dari organel sel yang berperan utama dalam proses sintesis protein di dalam sel.
4. **Plasmid**, berbentuk seperti cincin, terdapat di dalam sitoplasma, dan berfungsi sebagai alat pertahanan sel terhadap lingkungan yang ekstrim.
5. **Endospora**, merupakan spora/struktur yang berdinding tebal yang terbentuk saat kondisi lingkungan tidak menguntungkan bagi bakteri (panas, dingin, dan kering). Endospora akan kembali menjadi sel bakteri saat kondisi lingkungan membaik.

c. Flagela

Flagela merupakan alat gerak bakteri dengan bentuk seperti rambut dan tersusun atas senyawa protein yang bernama flagelin. Jumlah dan letak flagela dijadikan salah satu dasar penggolongan bakteri.

d. Pili (Fimbriae)

Pili memiliki bentuk seperti benang filamen dan banyak dimiliki oleh bakteri gram negatif. Ukurannya lebih kecil, pendek, dan lebih banyak dari flagela. Pili tidak berfungsi sebagai alat gerak melainkan sebagai gerbang masuknya bahan genetik selama berlangsungnya proses konjugasi.

C. Penggolongan Bakteri

Berikut adalah penggolongan bakteri yang didasarkan pada:

a. Berdasarkan Letak Flagela pada Sel Bakteri

1. **Monotrik**, yaitu bakteri yang hanya memiliki satu flagela pada salah satu ujung selnya.
2. **Lopotrik**, yaitu bakteri yang memiliki dua atau lebih flagela di salah satu ujung selnya.
3. **Amfitrik**, yaitu bakteri yang memiliki dua atau lebih flagela di kedua ujung selnya.
4. **Peritrik**, yaitu bakteri yang memiliki flagela di seluruh permukaan selnya.

b. Berdasarkan Bentuk Tubuh Bakteri

1. **Kokus (bulat)**, yaitu streptokokus (bakteri *S. thermophilus*), diplokokus (bakteri *D. pneumoniae*), dan stafilokokus (bakteri *S. aureus*).
2. **Basil (batang)**, yaitu monobasil (bakteri *E. coli*, *Salmonella typhi*) dan streptobasil (bakteri *Azotobacter* dan *Bacillus anthracis*).
3. **Vibrio (koma)**, misalnya pada bakteri *Vibrio cholerae* (penyebab penyakit kolera).
4. **Spirillum (spiral)**, misal pada bakteri *Treponema palidum*.

c. Berdasarkan Pewarnaan Gram

Uji pewarnaan gram yang dilakukan terhadap bakteri digunakan untuk mengetahui perbedaan struktur dinding sel. Terdapat dua jenis bakteri berdasarkan perbedaan pewarnaan gram, yaitu:

1. Bakteri gram positif

- Bakteri gram positif memberikan warna ungu pada pengecatan gram karena dinding peptidoglikannya tebal.
- Bakteri gram positif memiliki dinding sel yang lebih sederhana, namun lebih tebal dari dinding sel bakteri gram negatif, yaitu sekitar 20—25 nm.

Contoh: *Aerococcus*, *Leuconostoc*.

2. Bakteri gram negatif

- Dinding sel bakteri ini lebih tipis dari bakteri gram positif, yaitu sekitar 10—15 nm dengan kandungan peptidoglikan yang lebih sedikit, namun memiliki struktur yang lebih kompleks.
- Bakteri gram negatif memberikan pewarnaan merah saat diuji pengecatan gram karena dinding peptidoglikannya tipis dan selnya dilapisi oleh periplasma dan membran luar lipoprotein.
- Umumnya bakteri yang bersifat patogen merupakan jenis dari bakteri gram negatif.
- **Contoh:** *E. coli*, *Salmonella typhi*, *Enterobacter cloacae*, dan *Shigella*.

d. Berdasarkan Kebutuhan Oksigen

1. **Bakteri aerob obligat**, yaitu kelompok bakteri yang memerlukan gas oksigen dalam proses respirasinya.
Contoh: *Acitenobacter baumanii* (penyebab infeksi saluran pernapasan).
2. **Bakteri anaerob fakultatif**, yaitu bakteri yang membutuhkan gas oksigen, namun masih dapat hidup tanpanya.
Contoh: *Escherichia coli* (ditemukan pada usus manusia).

3. **Bakteri anaerob obligat**, yaitu bakteri yang tidak membutuhkan gas oksigen karena dapat merusak selnya.

Contoh: *Clostridium tetani* (bakteri penyebab tetanus).

4. **Bakteri anaerob aerotoleran**, yaitu bakteri yang tidak menggunakan oksigen, namun masih dapat hidup di tempat yang mengandung oksigen.

Contoh: *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus lactis* digunakan dalam industri pembuatan yoghurt dan keju.

5. **Bakteri mikroaerofilik**, yaitu jenis bakteri yang menggunakan oksigen untuk respirasi, tapi hanya dapat hidup dengan konsentrasi oksigen yang rendah.

Contoh: *Campylobacter fetus* (penyebab aborsi spontan pada hewan ternak).

e. Berdasarkan Cara Hidupnya

1. **Bakteri autotrof**, yaitu jenis bakteri yang dapat mensintesis makanannya sendiri dari zat anorganik menjadi zat organik. Bakteri ini dibedakan menjadi dua, yaitu:

- **Bakteri fotoautotrof**: sumber energi untuk proses sintesis makanan berasal dari cahaya (fotosintesis).

Contoh: bakteri sulfur hijau (*Chlorobium*), bakteri sulfur ungu (*Chromatium*), dan sianobakteria (*Anabaena*).

- **Bakteri kemoautotrof**, yaitu bakteri yang menggunakan senyawa kimia sebagai sumber energi yang dipakai untuk sintesis senyawa organik.

Contoh: *Thiobacillus*, bakteri nitrifikasi (*Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*).

2. **Bakteri heterotrof**, yaitu bakteri yang tidak dapat mensintesis makanan sendiri melainkan memanfaatkan bahan organik dari organisme lain. Bakteri heterotrof dibedakan menjadi dua, yaitu:

- **Parasit**, yaitu bakteri yang mengambil makanan dari organisme lain (inangnya) sehingga dapat merugikan inangnya.

Contoh: *Mycobacterium tuberculosis*.

- **Saprofit**, yaitu bakteri yang memperoleh makanan dari sisa-sisa organisme yang telah mati, seperti bangkai hewan dan sampah organik.

Contoh: *E. coli*.

f. Pembagian dalam Filum/Divisi

Bakteri dikelompokkan menjadi lima filum, yaitu:

1. **Proteobacteria**

Proteobacteria adalah kelompok terbesar bakteri. Proteobacteria sendiri dikelompokkan menjadi bakteri ungu yang bersifat fotoautotrof, proteobacteria kemoheterotrof, dan proteobacteria kemoautotrof. **Contoh:** bakteri *Escherichia coli*.

2. **Bakteri gram positif**

Pada kelompok bakteri gram positif, beberapa bakteri ada yang dapat melakukan fotosintesis (fotoautotrof), ada yang bersifat kemoheterotrof, dan ada juga yang membentuk endospora (struktur yang bersifat tahan terhadap panas) ketika lingkungan terdapat sedikit makanan. **Contoh:** bakteri *Bacillus sp.* dan *Clostridium sp.*

3. **Spirochetes**

Kelompok spirochetes bukan merupakan kelompok besar, tetapi keberadaannya dapat memengaruhi kehidupan manusia karena beberapa jenis bakteri ini dapat menyebabkan penyakit pada manusia. **Contoh:** *Treponema pallidum* (menyebabkan penyakit sifilis).

4. **Chlamydias**

Kelompok chlamydias merupakan kelompok bakteri yang memiliki ukuran paling kecil. Chlamydias hanya dapat hidup sebagai parasit bagi sel-sel makhluk hidup lainnya. **Contoh:** *Chlamydia psittaci* (penyebab infeksi mata).

5. **Cyanobacteria (ganggang hijau-biru)**

Merupakan kelompok yang mengandung beberapa macam pigmen, seperti klorofil (hijau), fikosianin (biru), karotenoid (jingga), dan beberapa pigmen tambahan sehingga menyebabkan berwarna-warni. Adanya pigmen klorofil membuat bakteri ini mampu untuk melakukan fotosintesis **Contoh:**

- Ganggang hijau-biru bersel satu, **contoh:** *Gleocapsa*, *Chroococcus*.
- Ganggang hijau-biru bentuk koloni, **contoh:** *Polycythis*.
- Ganggang hijau-biru bentuk benang (filamen), **contoh:** *Nostoc*, *Oscillatoria*, *Anabaena*.

D. Reproduksi Bakteri

Reproduksi bakteri terjadi melalui dua cara, yaitu:

- Reproduksi aseksual (tak kawin)**, yaitu dengan cara membelah diri secara biner.
- Reproduksi seksual (kawin)**, terjadi melalui tiga cara, yaitu:
 1. **Konjugasi**, merupakan cara reproduksi dengan memindahkan materi genetik melalui kontak langsung antarbakteri.
 2. **Transformasi**, yaitu pemindahan satu gen/DNA bakteri ke sel bakteri lain melalui proses fisiologis.
 3. **Transduksi**, yaitu proses pemindahan materi genetik/DNA melalui perantara/infeksi virus.

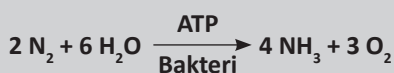
E. Peranan Bakteri

Dalam kehidupan, bakteri memiliki peranannya masing-masing, baik yang menguntungkan maupun yang merugikan.

a. Bakteri yang Menguntungkan

1. Bakteri pengikat nitrogen pada tanaman

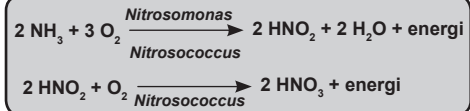
Beberapa bakteri berperan dalam mengikat gas nitrogen dari udara bebas, yaitu *Azotobacter vinelandii*, *Clostridium pasteurianum*, dan *Rhizobium leguminosarum* yang bersimbiosis dengan tanaman polong-polongan. Reaksi fiksasi N_2 , yaitu:



2. Bakteri nitrifikasi

Bakteri *Nitrosomonas* dan *Nitrosococcus*

mampu melakukan proses nitrifikasi, yaitu mengubah amonia (NH_3) menjadi nitrit (NO_2), sedangkan bakteri *Nitrobacter* mampu mengubah nitrit (NO_2) menjadi nitrat (NO_3). Reaksinya, yaitu:



3. Bakteri penghasil antibiotik

No	Bakteri	Jenis antibiotik
1	<i>Streptomyces griseus</i>	Streptomisin
2	<i>Streptomyces rimosus</i>	Terasiklin
3	<i>Streptomyces venezuelae</i>	Chloramphenicol
4	<i>Streptomyces aureofaciens</i>	Aureomisin
5	<i>Bacillus polymixa</i>	Polimiksin

4. Bakteri dalam industri makanan

No	Bakteri	Produk Makanan
1	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	Yoghurt
2	<i>Acetobacter xylinum</i>	Nata de coco
3	<i>Lactobacillus casei</i>	Yakult
4	<i>Streptococcus lactis</i>	Mentega
5	<i>Acetobacter sp.</i>	Asam cuka

b. Bakteri yang Merugikan

1. Bakteri penyebab penyakit pada manusia

No	Bakteri	Penyakit
1	<i>Clostridium tetani</i>	Tetanus
2	<i>Salmonella typhosa</i>	Tipus
3	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	TBC
4	<i>Diplococcus pneumoniae</i>	Radang paru-paru
5	<i>Shigella dysenteriae</i>	Disentri (pencernaan)

2. Bakteri penyebab penyakit pada hewan ternak

No	Bakteri	Penyakit
1	<i>Bacillus anthracis</i>	Antraks pada sapi

2	<i>Cytophaga columnaris</i>	Penyakit pada ikan
3	<i>Streptococcus agalactia</i>	Radang payudara sapi
4	<i>Actinomyces bovis</i>	Bengkak rahang pada sapi

3. Bakteri penyebab penyakit pada tanaman

No	Bakteri	Penyakit
1	<i>Xanthomonas oryzae</i>	Menyerang pucuk batang padi
2	<i>Xanthomonas campestris</i>	Menyerang tanaman kubis
3	<i>Pseudomonas solanacearum</i>	Daun layu pada terung-terungan
4	<i>Erwinia amylovora</i>	Penyakit busuk pada buah-buahan
5	<i>Xanthomonas citri</i>	Nekrosis pada tanaman jeruk

F. Archaeobacteria

- Memiliki ciri-ciri sebagai berikut:
 - Bersel satu
 - Hidup pada kondisi lingkungan yang ekstrim.
 - Dinding sel tidak mengandung peptidoglikan.
 - Sel belum memiliki membran inti (prokariotik), namun ribosomnya mirip dengan ribosom eukariotik.
 - Membran plasma mengandung lipid.
 - Rata-rata memiliki ukuran 0,1 mm—15 mm.
- Archaeobacteria digolongkan menjadi tiga, yaitu:
 - Metanobacteria**, merupakan bakteri yang bersifat hemoautotrof yang mampu menghasilkan gas metana (CH_4) dan tidak memerlukan oksigen (anaerob).
Contoh: bakteri *Succinomonas amylolytica* (hidup di saluran pencernaannya sapi).
 - Halobacterium**, yaitu jenis halofil yang hidup pada kondisi ekstrim dengan kadar garam yang tinggi, seperti di Laut Mati dan Great Salt Lake.
 - Thermoplasma**, ditemukan di dalam air asam yang berasal dari mata air belerang yang panas.

Istilah nama protista diambil dari bahasa Yunani, yaitu *protos* yang berarti pertama/mula-mula dan *kritos* yang artinya membuat/menyusun. Protista merupakan hewan bersel tunggal (*uniseluler*) yang hidup dengan membentuk koloni (berkelompok) di tempat yang lembap.

Banyak golongan protista yang mempunyai kemiripan ciri dan sifat seperti hewan, tumbuhan, atau jamur.

A. Protista Mirip Hewan (Protozoa)

a. Ciri-ciri Protozoa

- Bersel satu (*uniseluler*).
- Ukuran sel berkisar antara 3—1.000 mm.
- Sel memiliki membran inti (*eukariotik*).
- Tidak berdinding sel.
- Hidup di habitat yang basah/berair.
- Reproduksi secara aseksual dengan membelah diri (pembelahan biner).
- Pada lingkungan yang kurang baik, protozoa mempertahankan diri dengan membentuk kista.
- Alat gerak berupa kaki semu (*pseudopodia*), bulu cambuk (*flagela*), atau rambut getar (*silia*).

b. Jenis-jenis Protozoa

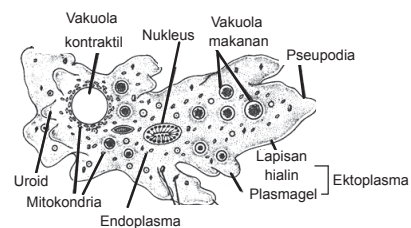
Berdasarkan alat geraknya, dibedakan menjadi 4:

1. Rhizopoda (*Sarcodina*)

Ciri-ciri:

- Bersel satu (*uniseluler*).
- Alat gerak berupa tonjolan sitoplasma yang disebut ***pseudopodia*** (kaki semu).
- Bentuk tubuh tidak tetap, terdiri atas ektoplasma dan endoplasma.
- Habitat di perairan yang mengandung banyak zat organik.
- Reproduksi secara aseksual dengan membelah diri.

Struktur tubuhnya, yaitu:

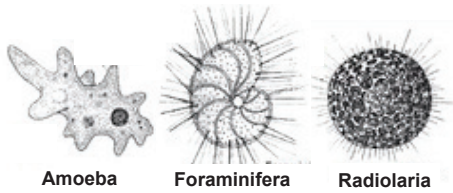


Struktur Tubuh Amoeba

Contoh:

- ***Amoeba***, beberapa hidup di lingkungan bebas, namun ada juga yang hidup di dalam tubuh manusia, seperti *Entamoeba dysenteriae*, *Entamoeba histolitica* (penyebab penyakit disentri), dan *Entamoeba coli*, yang membantu proses pembusukan sisa metabolisme.
- ***Foraminifera***, habitatnya di laut dan fosilnya dapat membentuk tanah globigirena yang berguna sebagai penunjuk sumber minyak bumi.

- **Radiolaria**, memiliki habitat di laut dan fosilnya tersusun atas silikat membentuk tanah radiolaria yang dimanfaatkan sebagai bahan penggosok.

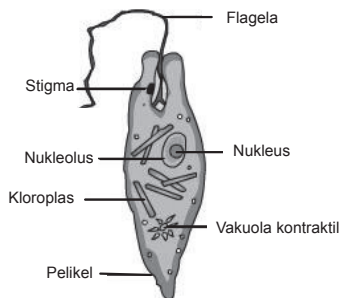


2. Flagelata (*Mastigophora*)

Ciri-ciri:

- Bersel satu (*uniseluler*).
- Bentuk sel tetap dan tidak punya rangka.
- Ukuran tubuh antara 35—60 mm.
- Umumnya berkloroplas.
- Alat gerak berupa *flagel*
- Kebanyakan hidup di air tawar.
- Bersifat autotrof dan memakan zat organik berupa larutan.
- Reproduksi secara aseksual dengan membelah diri secara memanjang.

Struktur tubuhnya, yaitu:



Contoh:

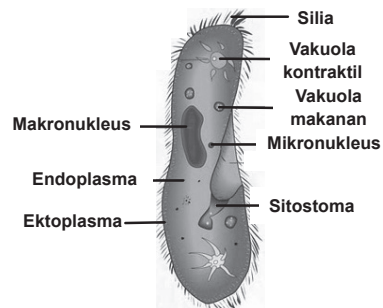
- *Euglena viridis*, *Volvox*, dan *Pandorina*, memiliki kloroplas sehingga berperan sebagai produsen dalam ekosistem perairan.
- *Trichonympha* dan *Myxotricha* yang hidup dalam usus rayap dan membantu rayap dalam mencerna kayu karena memiliki enzim selulosa.
- *Trypanosoma gambiense* yang hidup dalam kelenjar ludah lalat Tsetse (*Glossina palpalis*) yang menyebabkan penyakit "tidur".

3. Ciliata (*Ciliophora*)

Ciri-ciri:

- Bersel satu dengan bentuk tubuh tetap.
- Mempunyai celah mulut dan dilengkapi dengan anus sel.
- Memiliki dua buah inti sel, yaitu *makronukleus* (alat reproduksi aseksual) dan *mikronukleus* (alat reproduksi seksual).
- Pada dinding sel terdapat rambut getar (*silia*) sebagai alat gerak.
- Reproduksi secara seksual dengan konjugasi dan aseksual dengan membelah diri.
- Hidup di perairan tawar yang banyak mengandung zat organik.

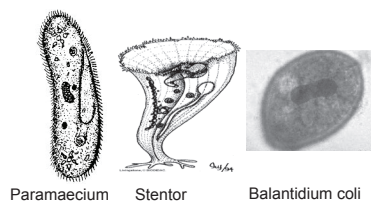
Struktur tubuhnya, yaitu:



Struktur Tubuh *Paramecium*

Contoh:

- *Paramecium caudatum*, bereproduksi secara aseksual dengan membelah diri dan seksual dengan konjugasi.
- *Stentor*, bentuk seperti terompet dengan tangkai yang melekat pada substrat.
- *Balantidium coli*, habitat pada kolon manusia dan dapat menimbulkan penyakit *balantidiosis* (disentri).



4. Sporozoa (*Apikompleksa*)

Ciri-ciri:

- Bersel satu.
- Dapat membentuk semacam spora dalam siklus hidupnya.
- Tidak mempunyai alat gerak.
- Parasit pada hewan dan manusia.
- Reproduksi secara aseksual dengan *schizogoni* (membelah diri dalam tubuh inang) atau *sporogoni* (membentuk spora dalam tubuh inang) dan secara seksual dengan peleburan dua gamet dalam tubuh nyamuk (inangnya).

Plasmodium merupakan contoh dari sporozoa yang hidup pada sel inangnya, yaitu nyamuk. Jenis-jenis *Plasmodium*, yaitu:

- *Plasmodium vivax*, penyebab malaria tertiana, masa sporulasi (gejala demam) setiap 2 x 24 jam.
- *Plasmodium falcifarum*, penyebab malaria tropika, masa sporulasi setiap 1—3 x 24 jam.
- *Plasmodium malariae*, penyebab malaria kuartana, masa sporulasi setiap 1—3 x 24 jam.
- *Plasmodium ovale*, penyebab malaria ovale tertiana (limpa).

B. Protista Mirip Tumbuhan (Alga)

a. Ciri-ciri Alga

- Ada yang *uniseluler* dan *multiseluler*.
- Dinding sel tersusun atas selulosa.
- Sel sudah memiliki membran inti (*eukariotik*).
- Struktur tubuh seperti tumbuhan talus karena belum memiliki akar, batang, dan daun sejati.
- Memiliki pigmen warna, seperti klorofil, xantofil (kuning), karoten (keemasan), fikoeritrin (merah), fikosianin (biru), dan lain-lain.
- Dapat melakukan fotosintesis sehingga dikatakan bersifat fotoautotrof.

- Habitat di wilayah perairan dan di tempat yang lembap.
- Reproduksi secara aseksual dengan membelah diri (pada alga uniseluler) atau membentuk fragmentasi (pada alga multiseluler).

b. Jenis-jenis Alga

Berdasarkan warna pigmennya, ganggang diklasifikasikan menjadi lima kelompok, yaitu:

1. Alga hijau (*Chlorophyta*)

- Kandungan pigmen utama yang dimiliki oleh *Chlorophyta* adalah klorofil (hijau) dengan pigmen tambahan berupa karoten.
- Hidup di perairan (tawar maupun air laut), ada pula yang bersimbiosis dengan jamur membentuk *lichen*.
- Reproduksi secara **aseksual** (membelah diri, fragmentasi, dan spora) dan **seksual** (isogami, anisogami, dan oogami).
- **Contoh:** *Protococcus*, *Chlorella*, *Chlamydomonas*, *Spirogyra* (berfilamen), dan *Ulva lactuca* (berbentuk talus).

2. Alga cokelat (*Phaeophyta*)

- Kandungan pigmen utama yang dimiliki adalah fikosantin (pigmen cokelat).
- Reproduksi aseksual dengan fragmentasi, zoospora. Reproduksi seksual dengan oogami, sel telur dihasilkan oleh oogonia, dan sperma oleh anteridia.
- Pada dinding sel, selain selulosa terdapat asam alginat, pigmen fotosintesis aksesoris (tambahan) klorofil a dan c, xantofil, simpanan karbon karbohidrat.
- **Contoh:** *Laminaria sp.* (penghasil asam alginat yang dibutuhkan untuk produksi tekstil, makanan, dan kosmetik), *Sargassum*, *Fucus*, *Turbinaria decurrens*, dan *Macrocystis*.

3. Alga merah (*Rhodophyta*)

- Kandungan pigmen utama yang dimiliki adalah fikoeritrin (pigmen merah).
- Hampir semua jenis *rhodophyta* hidup di laut.
- Reproduksi secara aseksual melalui spora, seksual dengan oogami.
- **Contoh:** *Eucheuma spinosum* (bahan baku agar-agar)

4. Alga keemasan (*Chrysophyta*)

- Pigmen dominan yang dikandung adalah xantofil (pigmen keemasan), tidak memiliki pirenoid, dan memiliki kloroplas dengan ukuran kecil.
- Hidup di tempat berair (air tawar maupun air laut).
- Berkembang biak secara aseksual dengan membelah diri atau spora dan dengan seksual melalui penyatuan 2 gamet.
- **Contoh:** *Mischococcus*, *Synura*, dan *Navicula*.

5. Alga api (*Pyrrophyta*)

- Beberapa *Pyrrophyta* mampu memendarkan cahaya (karena adanya senyawa fosfor) sehingga bersifat fosforesensi. Fosforesensi menyebabkan laut tampak bercahaya pada malam hari, oleh karenanya alga ini disebut alga api.
- *Pyrrophyta* juga dapat menyebabkan peristiwa *ride tide* (air laut berwarna merah kecokelatan). Dari peristiwa ini, alga menghasilkan racun yang dapat membunuh ikan dan hewan laut di sekitarnya.
- Memiliki kandungan pigmen berupa xantofil, dinosantin, fikobilin, dan klorofil.

- *Pyrrophyta* merupakan jenis alga yang uniseluler dan dapat melakukan fotosintesis.
- Reproduksi secara aseksual (membelah diri).
- **Contoh:** *Gymnodinium breve* (penghasil toksin bagi saraf).

C. Protista Mirip Jamur

a. Ciri-ciri

- Struktur tubuh berbentuk seperti lendir (fase asimilatif).
- Bergerak seperti amoeba (fase plasmodium).
- Digolongkan menjadi 2 jenis, yaitu *Oomycotina* dan *Myxomycotina*.

b. Jenis-jenis Jamur Protista

1. *Oomycotina* (jamur air)

- Bersel banyak (*multiseluler*) dan berinti banyak.
- Dinding sel tersusun atas selulosa dengan hifa tidak bersekat.
- Memiliki habitat di air tawar dan darat.
- **Contoh:** *Phytophthora infestan* (parasit pada kentang), dan *Phytium* (penyebab penyakit busuk pada kecambah berbagai tanaman).

2. *Myxomycotina* (jamur lendir)

- Disebut jamur lendir karena tubuhnya memiliki massa berlendir yang menyebar dalam daur hidupnya yang disebut dengan *plasmodium*.
- *Myxomycotina* merupakan predator fago-sit karena dapat memakan bakteri/hama.
- Bersifat heterotrof dengan tahapan makan mirip amoeba (amoeboid).
- **Contoh:** *Dictyostelium discoideum*, *Dinoflagelata*.

Fungi (Jamur)

A. Ciri-ciri Jamur (Fungi)

1. Bersel banyak (*multiseluler*), tetapi ada sebagian kecil yang bersel tunggal.
2. Inti sel sudah memiliki membran inti (*eukariotik*).
3. Tidak memiliki klorofil dan bersifat heterotrof, baik secara parasit maupun saprofit.
4. Dinding sel tersusun atas zat kitin, glukukan, dan manan.
5. Tubuh tersusun atas benang-benang halus yang disebut hifa.
6. Percabangan hifa membentuk jaringan miselium yang berfungsi untuk menyerap makanan.
7. Hidup di tempat yang kaya akan zat organik, lembap, dan kurang cahaya.
8. Reproduksi secara aseksual melalui pembelahan dan secara seksual melalui peleburan inti sel dari dua sel induk.
9. Tidak memiliki akar, batang, dan daun sejati.

B. Klasifikasi Jamur (Fungi)

Secara filogenik, jamur diklasifikasikan menjadi empat kelas, yaitu:

a. Zygomycota

- Tubuh *Zygomycota* tersusun atas hifa senositik yang tidak bersekat. Sekat hanya ditemukan pada hifa bagian tubuh yang membentuk alat reproduksi.
- *Zygomycota* memiliki tiga jenis hifa, yaitu *Stolon* (hifa yang menjalar di permukaan

substrat), *Rizoid* (hifa yang menembus ke dalam substrat), dan *Sporangiospor* (hifa yang menjulang ke atas membentuk *sporangium*).

- Ciri khas dari jamur jenis ini ada pada cara reproduksi seksualnya, yaitu melalui peleburan gamet yang membentuk *zigospora*. Sedangkan, reproduksi aseksualnya dengan sporangium.
- Contoh:
 1. *Rhizopus stolonifer*, pengurai bagian sisa organik pada tanaman ubi jalar dan dimanfaatkan pada proses pembuatan tempe.
 2. *Mucor mucedo*, hidup secara saprofit pada roti atau kotoran hewan.

b. Ascomycota

- Tubuh tersusun atas miselium dengan hifa yang bersekat (bersepta).
- Pada umumnya, hidup di lingkungan berair, bersifat parasit pada tumbuhan dan saprofit pada sampah.
- Ascomycota memiliki spora yang terdapat pada kantung-kantung penyimpanan yang disebut *askus* (*konidia*).
- Ciri khas pada jamur jenis *ascomycota* adalah pada reproduksi seksualnya membentuk askospora.
- Reproduksi aseksualnya dilakukan dengan membentuk konidium, tunas, dan fragmentasi.

- Jenis jamur *ascomycota* ada yang uniseluler, yaitu *Saccharomyces cereviceae* atau dikenal dengan ragi (*yeast*).
 - Berdasarkan bentuk askokarp yang dihasilkan, jamur *ascomycota* terbagi menjadi empat, yaitu:
 1. **Kleistotesium**, yaitu kelompok jamur *ascomycota* yang memiliki askokarp berbentuk bulat tertutup (ciri dari kelas *Plectomyces*). **Contoh:** jamur dari genus *Penicillium* dan *Aspergillus*.
 2. **Peritesium**, yaitu kelompok jamur yang memiliki askokarp berbentuk botol (ciri dari genus *Pyrenomyces*). **Contoh:** *Neurospora*, *Roselinia arcuata*, dan *Xylaria tabacina*.
 3. **Apotesium**, yaitu kelompok jamur *ascomycota* yang askokarpnya berbentuk seperti cawan atau mangkok. **Contoh:** *Peziza aurantia* (hidup sebagai saprofit di sampah), *Marshella esculenta* dan *Tuber sp.* yang dimanfaatkan sebagai makanan.
 4. **Askus telanjang**, yaitu golongan jamur *ascomycota* yang tidak memiliki askokarp (tidak membentuk badan buah) dan merupakan ciri dari kelas *Protoascomycetes*. **Contoh:** *Saccharomyces cereviceae*, *Candida albicans*, dan *Tricoderma*.
 - Contoh jamur jenis *ascomycota* beserta peranannya, yaitu:
 1. *Aspergillus oryzae*, sebagai pelunak adonan roti.
 2. *Penicillium notatum* dan *Penicillium chrysogenum* sebagai penghasil antibiotik penisilin.
 3. *Aspergillus wentii*, yang dimanfaatkan dalam pembuatan kecap.
 4. *Candida albicans*, penyebab penyakit *kandidiasis*, yaitu penyakit pada selaput lendir mulut vagina dan saluran pencernaan.
- c. Basidiomycota**
- Ciri umum jamur ini adalah hifanya bersekat dikariotik (setiap sel memiliki inti sel yang berpasangan).
 - Bentuk tubuh makroskopis sehingga dapat dilihat langsung, bentuk tubuh buahnya (basidiokarp) yang menyerupai payung dan terdiri atas batang dan tudung.
 - Bagian bawah tudung terdapat lembaran-lembaran bilah sebagai tempat terbentuknya basidium.
 - Reproduksi aseksual ditandai dengan pembentukan konidium. Sedangkan, fase reproduksi seksualnya dengan pembelahan basidiospora yang terbentuk pada basidium yang berbentuk ganda.
 - Sebagian besar jamur jenis ini dimanfaatkan sebagai makanan karena mengandung nilai gizi yang tinggi.
 - **Contoh:**
 1. Jamur merang (*Volvariella volvaceae*), hidup pada lingkungan dengan kelembapan tinggi dan dimanfaatkan sebagai bahan makanan.
 2. Jamur kuping (*Auricularia polytricha*), tubuh berwarna coklat kehitaman, hidup sebagai saprofit pada kayu lapuk, dan umumnya digunakan sebagai campuran sup.
 3. Jamur shitake, hidup pada batang kayu dan banyak dibudidayakan di Jepang dan Cina sebagai bahan makanan.
 4. *Puccinia graminis*, merupakan parasit pada rumput.
 5. *Ganoderma applanatum*, penyebab kerusakan pada kayu.
- d. Deuteromycota**
- Ciri umum jamur ini adalah hifa bersekat membentuk konidia dan belum diketahui fase reproduksinya sehingga sering disebut sebagai *fungi imperfecti* (jamur tidak sempurna).

- Hidup sebagai parasit. **Contoh:**
 1. *Tinea versicolor*, yaitu penyebab penyakit panu pada kulit.
 2. *Microsporium*, yaitu penyebab penyakit pada rambut dan kuku.
 3. *Epidermophyton floccosum*, yaitu penyebab penyakit pada kaki atlet.

C. Simbiosis Jamur (Fungi)

a. Lumut Kerak (Lichenes)

- Merupakan hasil simbiosis antara fungi (*Ascomycota* atau *Basidiomycota*) yang disebut mikobion dengan alga biru atau alga hijau yang disebut fikobion.
- Tumbuh pada pohon, di tanah, batu karang.
- Berperan sebagai organisme perintis dan sensitif terhadap polusi udara.
- Bereproduksi aseksual dengan cara fragmentasi atau *soredium* (beberapa sel ganggang yang terbungkus oleh hifa jamur). Bereproduksi seksual dengan menghasilkan askospora atau basidiospora. **Contoh:** *Physcia*, *Parmelia*.

b. Mikoriza

- Mikoriza merupakan bentuk simbiosis antara fungi dengan akar tanaman, yaitu tanaman pinus dan kacang-kacangan.
- Jamur yang membentuk mikoriza berasal dari golongan Zygomycota, Ascomycota, atau Basidiomycota.
- Terdapat dua jenis mikoriza, yaitu ektomikoriza yang terdapat pada akar pinus dan endomikoriza pada akar tanaman kacang-kacangan.
- Ektomikoriza memiliki hifa yang tidak dapat menembus ke dalam akar (korteks), tetapi hanya sampai pada lapisan epidermis.
- Endomikoriza memiliki hifa yang menembus akar sampai ke bagian korteks. Selain terdapat pada tanaman kacang-kacangan juga dapat hidup di akar anggrek dan sayuran, seperti kol.

Bab 7

Tumbuhan (Plantae)

A. Ciri-ciri Umum

Secara umum, tumbuhan memiliki ciri-ciri sebagai berikut, yaitu:

1. Memiliki klorofil sehingga bersifat autotrof.
2. Inti selnya sudah memiliki membran inti (*eukariotik*).
3. Sel tubuh memiliki dinding sel yang berbahan selulosa.
4. Tidak memiliki alat gerak aktif.

B. Klasifikasi Tumbuhan

Berdasarkan ada atau tidak adanya jaringan pembuluh, tumbuhan digolongkan menjadi dua jenis, yaitu tumbuhan berpembuluh dan tumbuhan tidak berpembuluh.

Perbedaan cirinya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tumbuhan Tidak Berpembuluh	Tumbuhan Berpembuluh
Akar, batang, dan daun belum bisa dibedakan	Sudah memiliki akar, batang, dan daun sejati
Tidak memiliki jaringan pengangkut	Sudah memiliki berkas pembuluh pengangkut
Air dan zat-zat diangkut ke seluruh bagian sel secara difusi atau osmosis	Air diangkut dari akar menuju daun oleh pembuluh xilem dan zat makanan diangkut oleh pembuluh floem
Contoh: Lumut (Byrophyta)	Contoh: Tumbuhan paku (<i>Pteridophyta</i>) dan tumbuhan berbiji (<i>Spermatophyta</i>)

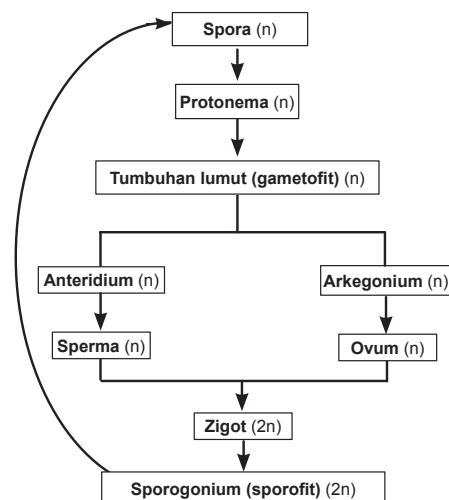
a. Tumbuhan Lumut (Bryophyta)

Ciri-ciri tumbuhan lumut

1. Multiseluler, berklorofil, dan bersifat fotoautotrof.
2. Akar, batang, dan daun belum bisa dibedakan.
3. Merupakan tumbuhan peralihan antara tumbuhan talus (lembaran) dan tumbuhan berkormus (*cormophyta*).
4. Tidak memiliki jaringan pembuluh.
5. Habitat di tempat lembap atau basah.
6. Memiliki siklus pergiliran keturunan (*metagenesis*).
7. Mengalami dua fase kehidupan, yaitu fase gametofit dan fase saprofit.

Siklus reproduksi lumut

Dalam perkembangbiakannya, lumut mengalami siklus pergiliran keturunan yang dikenal dengan istilah *metagenesis*, yaitu:



Siklus Pergiliran Keturunan Tumbuhan Lumut

Klasifikasi tumbuhan lumut

Menurut bentuk tubuhnya, lumut dapat digolongkan menjadi tiga, yaitu:

1. **Lumut hati (*Hepaticae*)**, berbentuk lembaran (talus), rizoidnya tidak bercabang dan terdapat di bawah tangkai atau talusnya. Umumnya hidup di tebing-tebing yang lembap. **Contoh:** *Marchantia polymorpha*, *Ricciocarpus sp.*
2. **Lumut daun (*Bryophyta*)**, banyak ditemukan di tempat yang basah atau lembap, berbatang semu, dan terdapat daun yang bersusun spiral. Pada pangkal batang terdapat rizoid yang bercabang dan bersekat dan berfungsi sebagai akar. **Contoh:** *Polytrichum juniperinum* dan *Pogonatum cirratum*.
3. **Lumut tanduk (*Anthocerotophyta*)**, memiliki sporofit yang membentuk kapsul memanjang mirip seperti tanduk hewan.
Contoh: *Anthoceros leavis*.

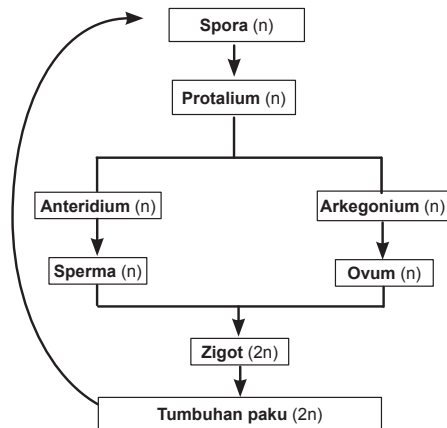
b. Tumbuhan Paku (*Pteridophyta*)

Ciri-ciri tumbuhan paku

1. Sudah memiliki akar, batang, dan daun sejati.
2. Memiliki berkas pembuluh angkut.
3. Terdiri atas dua fase generasi, yaitu sporofit (menghasilkan spora) dan gametofit (menghasilkan sel kelamin).
4. Fase sporofit memiliki sifat lebih dominan dari fase gametofit.
5. Berdasarkan fungsinya, daun tumbuhan paku dibedakan menjadi daun tropofil (untuk fotosintesis) dan daun sporofil (penghasil spora).
6. Berdasarkan bentuknya, daun tumbuhan paku dibedakan menjadi daun mikofil (daun kecil) dan daun makrofil (daun besar).
7. Habitat ada yang di darat, di perairan, dan ada yang hidupnya menempel.

Siklus reproduksi tumbuhan paku

Sama dengan lumut, tumbuhan paku juga mengalami siklus pergiliran keturunan pada perkembangbiakannya, yaitu:



Siklus Pergiliran Keturunan Tumbuhan Paku

Klasifikasi tumbuhan paku

Berdasarkan jenis spora yang dihasilkan, tumbuhan paku diklasifikasikan menjadi tiga:

1. **Paku homospora**, yaitu tumbuhan paku yang hanya menghasilkan satu jenis spora. **Contoh:** *Adiantum cuneatum* (suplir), *Lycopsidea* (paku kawat).
2. **Paku heterospora**, yaitu paku yang menghasilkan dua jenis spora yang berbeda, yaitu mikrospora (jantan) dan makrospora (betina). **Contoh:** *Selaginella* (paku rane), *Marsilea crenata* (semanggi).
3. **Paku peralihan**, yaitu paku yang menghasilkan spora dengan bentuk dan ukuran yang sama. Jenis ini dianggap sebagai bentuk peralihan antara paku homospora dan heterospora. **Contoh:** *Equisetum debile* (paku ekor kuda).

Sedangkan, menurut penggolongan dalam taksonomi, tumbuhan paku dibagi ke dalam beberapa divisi, yaitu:

1. **Paku kawat (*Lycophyta*)**, memiliki ciri-ciri berdaun kecil, tidak bertangkai, batang menyerupai kawat dengan akar yang bercabang. Sporangium terdapat pada sisi

daun yang berkumpul membentuk kerucut yang disebut *strobilus*.

Contoh: *Lycopodium clavatum*, *Lycopodium sp.* (paku tanduk rusa), dan *Selaginella sp.*

2. **Paku ekor kuda (*Sphenophyta*)**, yaitu jenis paku yang berdaun kecil seperti selaput dan tersusun melingkar. Batangnya mirip daun cemara, berongga, dan tumbuh tegak. Umumnya jenis paku ini hidup di dataran tinggi.

Contoh: *Equisetum debile* (paku ekor kuda).

3. **Paku purba (*Psilophyta*)**, sebagian besar jenisnya telah punah. Tumbuhan paku ini belum memiliki daun dan akar, batangnya bercabang menggarpu dengan sporangium terdapat pada ujung cabangnya, dan telah memiliki berkas pengangkut.

Contoh: *Psilotum nodum*, *Rhynia major*.

4. **Paku sejati (*Pterophyta*)**, merupakan jenis paku yang banyak dijumpai, umumnya disebut pakis. Tumbuhan ini berdaun lebar dan mudah menggulung. Sporangium terdapat pada sporofil.

Contoh: *Azolla pinnata* (paku sampan), *Marsilea crenata* (semanggi), *Adiantum cuneatum* (suplir), dan *Asplenium nidus* (paku sarang burung).

c. **Tumbuhan Berbiji (*Spermatophyta*)**

Ciri-ciri tumbuhan berbiji

1. Merupakan organisme fotoautotrof.
2. Memiliki akar, batang, daun, dan bunga.
3. Merupakan tumbuhan heterospora.
4. Bentuk tubuh tumbuhan bervariasi, seperti pohon, perdu, semak, dan herba.
5. Berkembang biak melalui proses penyerbukan dan pembuahan yang menghasilkan biji.

Klasifikasi tumbuhan berbiji

Berdasarkan letak bijinya, tumbuhan berbiji diklasifikasikan menjadi dua, yaitu:

1. **Tumbuhan biji terbuka (*Gymnospermae*)**

Ciri-ciri tumbuhan *Gymnospermae*

- Daun sempit, tegak, dan kaku.
- Umumnya berakar tunggang.
- Bakal biji tidak terlindungi daging buah.
- Bentuk tubuh tumbuhan ada yang berupa semak, perdu, atau pohon.
- Tidak memiliki bunga yang sesungguhnya, melainkan berbentuk strobilus.
- Pembuahan terjadi secara tunggal.

Klasifikasi *Gymnospermae*

Tumbuhan biji terbuka diklasifikasikan ke dalam empat kelas, yaitu:

- ***Cycadinae***, memiliki ciri khas, yaitu batangnya tidak bercabang, daunnya berbentuk pita dengan tulang daun yang menyirip. Jenis ini memiliki strobilus jantan yang halus dan kecil. Sedangkan, strobilus betina lebih besar dan berkayu.

Contoh: pakis haji (*Cycas rumpii*).

- ***Gnetinae***, memiliki strobilus tunggal yang tersusun majemuk, daun berhadapan atau melingkar.

Contoh: melinjo (*Gnetum gnemon*).

- ***Coniferae***, memiliki batang yang tegak, lurus, dan bercabang, daunnya berbentuk jarum. Strobilus berbentuk kerucut, terdiri dari strobilus jantan (berupa sisik) dan strobilus betina (menghasilkan bakal biji).

Contoh: pinus (*Pinus merkusii*), dan damar (*Agathis alba*).

- ***Ginkgoinae***, berupa pohon besar dengan daun lebar berbentuk seperti kipas. Tumbuhan ini meranggas saat musim panas, dan umumnya digunakan sebagai bahan obat-obatan dan kosmetik.

Contoh: *Ginkgo biloba* (ginkgo).

2. Tumbuhan berbiji tertutup (*Angiospermae*)

Ciri ciri *Angiospermae*

- Berdaun lebar, tunggal, dan majemuk.
- Bakal biji terlindung oleh daging buah.
- Akar tunggang atau serabut.
- Pembuahan terjadi secara ganda.
- Memiliki bunga sebagai alat perkembangbiakan (benang sari sebagai alat kelamin jantan dan putik sebagai alat kelamin betina).

Klasifikasi *Angiospermae*

Berdasarkan jumlah keping bijinya, tumbuhan *angiospermae* dibedakan menjadi dua, yaitu:

- **Monokotil (berkeping satu).** Beberapa famili yang tergolong ke dalam monokotil, antara lain:
 - *Liliaceae*.
Contoh: *Lilium duchartrei* (lili).
 - *Amaryllidaceae*.
Contoh: *Agave cantala* (kantala) dan *Agave sisalana* (sisal).
 - *Poaceae*.
Contoh: *Zea mays* (jagung), *Oryza sativa* (padi).
 - *Zingiberaceae*.
Contoh: *Zingiber officinale* (jahe), *Curcuma domestica* (kunyit), dan *Kaempferia galanga* (kencur).
 - *Musaceae*.
Contoh: *Musa paradisiaca* (pisang).
 - *Orchidaceae*.
Contoh: *Phalaenopsis amabilis* (anggrek bulan).
 - *Arecaceae*.
Contoh: *Cocos nucifera* (kelapa), *Arenga pinata* (aren), dan *Areca catechu* (pinang).
 - *Areceae*.
Contoh: *Colocasia esculenta* (talas).
- **Dikotil (berkeping dua).**
Beberapa famili yang tergolong ke dalam monokotil, antara lain:

- *Euphorbiaceae* (jarak-jarakan).
Contoh: *Manihot utilisima* (ubi kayu).
- *Moraceae*.
Contoh: *Ficus benjamina* (beringin).
- *Papilionaceae* (polong-polongan).
Contoh: *Vigna cinesis* (kacang panjang), *Arachis hypogea* (kacang tanah).
- *Mimosaceae*.
Contoh: *Mimosa pudica* (daun si kejut).
- *Malvaceae*.
Contoh: *Gossypium sp.* (kapas).
- *Bombacaceae*.
Contoh: *Durio zibethinus* (durian).
- *Rutaceae*. **Contoh:** *Citrus nobilis* (jeruk keprok).
- *Caesalpiniaceae*. **Contoh:** *Tamarindus indica* (asam).
- *Myrtaceae*. **Contoh:** *Eugenia aromatica* (cengkeh).

Berikut merupakan tabel yang memuat perbedaan dari tumbuhan monokotil dan dikotil.

Tabel Perbedaan Tumbuhan Monokotil dan Dikotil

Bagian	Monokotil	Dikotil
Akar	Serabut	Tunggang
Batang	Beruas dan berbuku, tidak bercabang	Tidak beruas dan berbuku; bercabang-cabang.
Tulang Daun	Sejajar atau melengkung	Menyirip atau menjari
Keping Biji	Satu	Dua
Perhiasan Bunga	Mahkota bunga berjumlah 3 atau kelipatannya	Mahkota bunga berjumlah 2, 4, 5, atau kelipatannya
Berkas Pembuluh	Tersebar pada batang	tersusun dalam lingkaran pada batang

Bab 8

Hewan (Animalia)

Ciri-ciri umum hewan

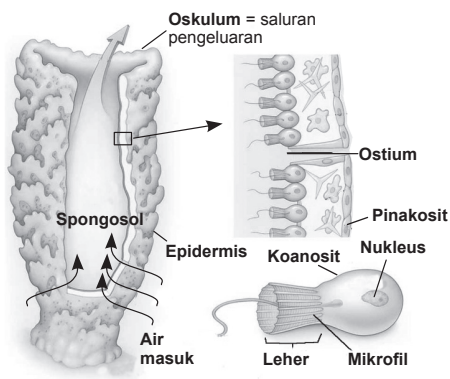
- Organisme multiseluler dan eukariotik (inti sel sudah memiliki membran inti).
- Kemoheterotrof.
- Sel-selnya tidak memiliki dinding sel.
- Sebagian besar bereproduksi secara seksual.
- Berdasarkan keberadaan tulang belakang, hewan dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu:

A. Avertebrata

Avertebrata adalah kelompok hewan yang tidak memiliki tulang belakang. Avertebrata dikelompokkan menjadi delapan filum, yaitu:

a. Porifera

Nama *porifera* berasal dari bahasa latin, *porus* yang berarti lubang kecil dan *ferre* yang berarti membawa atau mengandung.



Ciri-ciri Porifera

1. Hewan diploblastik (memiliki dua lapisan tubuh, yaitu ektoderm dan endoderm).
2. Terdapat pori-pori atau rongga pada tubuhnya yang disebut *spongiosol* sebagai jalan masuk air yang membawa makanan.
3. Memiliki tiga buah saluran air, yaitu *askon*, *sikon*, dan *leukon*.
4. Belum memiliki jaringan (*parazoa*).
5. Lapisan tubuh bagian luar tersusun oleh sel-sel epidermis berbentuk pipih dan berdinding tebal yang disebut *pinakosit* (sebagai kulit luar) dan sel-sel koanosit (lapisan dalam) yang berbentuk seperti corong berflagela.
6. Habitat di perairan terutama di air laut.
7. Sistem reproduksi ada dua, yaitu:
 - Reproduksi aseksual, dilakukan dengan pembentukan kuncup tunas dan *gemmae* (tunas internal).
 - Reproduksi seksual, yaitu melalui proses fertilisasi yang dilakukan dengan pembentukan *arkeosit* yang mengandung sperma dan ovum.

Klasifikasi porifera

Berdasarkan zat penyusun spikula (rangka), hewan porifera diklasifikasikan menjadi tiga kelas, yaitu:

1. Calcarea

Calcarea merupakan jenis porifera yang memiliki spikula yang terbuat dari zat kapur (kalsium karbonat). Umumnya hidup di air laut yang dangkal. **Contoh:** *Grantia*, *Leucosolenia*, *Scypha*, dan *Clathrina*.

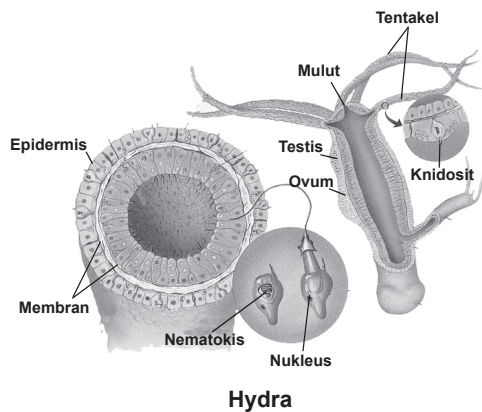
2. Hexactinellida

Jenis porifera ini memiliki spikula yang terbuat dari zat kersik (silikat). Hidup di laut bagian dalam. **Contoh:** *Euplectella*, *Pheronema sp.*

3. Demospongiae

Demospongiae memiliki spikula yang terbuat dari zat kersik dan protein (spongin) atau hanya spongin saja. Tubuhnya lunak (tidak memiliki skeleton) dan hidup di laut yang dangkal. **Contoh:** *Euspongia officinalis* (spons mandi), *Spongilla*, dan *Haliclona*.

b. Coelenterata (Hewan Berongga)



Nama *coelenterata* berasal dari bahasa Yunani, yaitu *coelos* yang berarti rongga dan *enteron* yang berarti usus.

Ciri-ciri coelenterata

1. Tubuh simetri radial dan diploblastik.
2. Rongga tubuh berfungsi sebagai usus.
3. Memiliki tentakel yang berfungsi untuk menangkap atau melumpuhkan mangsa.
4. Pada tentakel dilengkapi dengan sel *knidoblast/knidosit* yang mengandung sel penyengat (nematokis).
5. Pengambilan gas O_2 dan gas CO_2 dilakukan secara difusi (sistem respirasi).
6. Habitat di perairan (air tawar/laut).
7. Tubuh mengalami metagenesis menjadi dua tipe, yaitu:
 - Tipe *polip*, yaitu tipe tubuh yang hidupnya tak bebas atau menempel pada substrat tertentu.

- Tipe *medusa* (seperti payung), yaitu tipe yang dapat hidup bebas (dapat berenang).

8. Sistem reproduksinya, yaitu:

- Reproduksi asexual, melalui pembentukan tunas/kuncup yang menempel pada hewan induknya.
- Reproduksi seksual melalui fertilisasi eksternal, yaitu dengan penyatuan sperma dengan sel telur hingga membentuk zigot.

Klasifikasi coelenterata

Coelenterata diklasifikasikan menjadi tiga kelas, yaitu:

1. Hydrozoa

Umumnya berbentuk polip, baik berkoloni maupun tidak. Beberapa ada yang berbentuk medusa. Di dalam koloni, terdapat dua jenis polip, yaitu polip bertentakel dan tanpa tentakel. **Contoh:** *Hydra*, *Obelia*, dan *Physalia*.

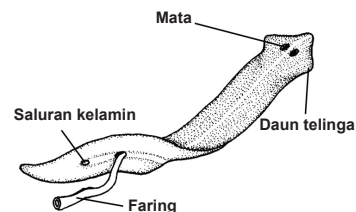
2. Scyphozoa

Fase medusa lebih dominan dari fase polip, tetapi ada juga yang berbentuk polip. **Contoh:** *Cyanea* dan *Chrysaora fruttescens*.

3. Anthozoa

Hanya memiliki bentuk polip dengan ukuran yang lebih besar daripada dua jenis yang lain. Bentuk tubuh menyerupai bunga dan merupakan pembentuk anemon laut atau terumbu karang. **Contoh:** *Tubastera*, *Turbinaria*, dan *Urticina*.

c. Platyhelminthes (Cacing Pipih)



Ciri-ciri platyhelminthes

1. Tubuh bilateral simetris dengan bentuk, hewan triploblastik (lapisan ektoderm, mesoderm, dan endoderm).

2. Tidak memiliki rongga tubuh (aselomata).
3. Tidak memiliki sistem sirkulasi.
4. Proses respirasi dilakukan secara difusi oleh seluruh tubuh.
5. Sistem ekskresi menggunakan sel api (*flame cell*).
6. Sistem saraf berupa sistem tangga tali yang terdiri atas ganglion (simpul saraf) dan sepasang tali saraf.
7. Berkembang biak dengan dua cara:
 - Aseksual, dengan fragmentasi (membelah diri).
 - Seksual, yaitu dengan perkawinan silang antarindividu, karena bersifat hermafrodit (memiliki dua alat kelamin).

Klasifikasi plathyhelminthes

Anggota plathyhelminthes diklasifikasikan menjadi empat kelas, yaitu:

1. Turbellaria (cacing rambut getar)

Jenis cacing ini merupakan cacing yang hidup bebas dan bergerak dengan bulu getar.

Contoh: *Planaria*.

2. Trematoda (cacing isap)

Seluruh spesies cacing dari kelas ini bersifat parasit, baik pada hewan ternak maupun pada manusia. Tubuh dibungkus dengan kutikula untuk menjaga tubuhnya agar tidak tercerna oleh inangnya.

Contoh:

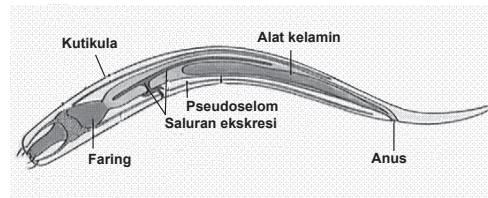
- *Fasciola hepatica* (cacing hati pada ternak).
- *Clonorchis sinensis* (cacing hati pada manusia).

3. Cestoda (cacing pita)

Cacing ini tidak memiliki alat pencernaan, tubuhnya beruas-ruas (disebut *proglotid*), dan setiap proglotid mengandung alat reproduksi, ekskresi, serta mampu menyerap sari makanan dari inangnya.

Contoh: *Taenia saginata* (cacing pita pada sapi) dan *Taenia solium* (cacing pita pada babi).

d. Nematelminthes (Cacing Gilig)



Ciri-ciri nemathelminthes

1. Tubuh triploblastik dan berbentuk bulat panjang.
2. Disebut sebagai hewan *pseudoselomata* karena memiliki rongga semu.
3. Tubuh simetri bilateral.
4. Sistem respirasi melalui permukaan tubuh.
5. Memiliki kutikula yang berfungsi untuk melindungi diri dari enzim pencernaan inang.
6. Memiliki alat ekskresi berupa sel glanduler.
7. Hampir semua jenis cacing dalam filum ini bersifat parasit dan menyebabkan penyakit pada manusia.
8. Sistem reproduksinya, yaitu:
 - Umumnya *nemathelminthes* bereproduksi secara seksual dengan fertilisasi internal.
 - Organ kelamin jantan dan betina terpisah pada individu yang berbeda.

Klasifikasi nemathelminthes

Beberapa jenis cacing yang tergolong ke dalam filum nemathelminthes, yaitu:

1. ***Ascaris lumbricoides*** (cacing perut), hidup di dalam usus manusia dan mengisap sari makanan yang ada di dalam usus.
2. ***Wuchereria bancrofti*** (cacing rambut), penyebab penyakit kaki gajah pada manusia, larvanya disebarkan melalui gigitan nyamuk.
3. ***Ancylostoma duodenale*** (cacing tambang), hidup di dalam usus manusia dan memiliki alat pengait untuk mencengkeram dan mengisap darah.
4. ***Enterobius vermicularis*** (cacing kremi), penyebab timbulnya rasa gatal terus-menerus di sekitar dubur.

e. Annelida

Annelida berasal dari kata *annulus* yang berarti cincin.

Ciri-ciri annelida

1. Hewan triploblastik, selomata (sudah terdapat selom sejati).
2. Tubuh bersegmen (disebut *metameri*) memiliki sistem saraf, pencernaan, reproduksi, dan sistem ekskresi.
3. Tiap segmen tubuhnya dibatasi oleh sekat yang disebut septa.
4. Organ-organ ekskresi terdiri atas nefridia (saluran), nefrostom (corong), dan nefrotor (pori tempat keluarnya kotoran).
5. Memiliki sistem peredaran darah tertutup, dan sistem saraf tangga tali.
6. Reproduksi secara seksual melalui fertilisasi dan secara aseksual melalui proses fragmentasi.
7. Meskipun termasuk hewan hemafrodit (berkelamin ganda), proses pembuahan tetap harus dilakukan oleh dua individu dengan saling memberikan sperma yang disimpan di dalam *reseptakulum seminalis*.

Klasifikasi annelida

Filum annelida diklasifikasikan menjadi tiga kelas, yaitu:

1. Polychaeta

Pada tubuh cacing ini dijumpai banyak rambut dan tiap segmen tubuhnya dilengkapi dengan *parapodia* (semacam kaki yang terdapat pada sisi kanan dan kiri tubuhnya).

Contoh: *Nereis virens*, *Eunice viridis* (cacing wawo), dan *Lysidice oele* (cacing palolo).

2. Oligochaeta

Cacing ini memiliki rambut yang sedikit, tidak memiliki mata dan parapodia. Hidup di darat atau perairan tawar dan bersifat hemaprodit (memiliki ovarium dan testis).

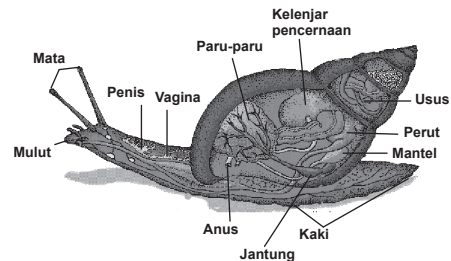
Contoh: cacing tanah (*Pheretima*, *Lumbricus terrestris*).

3. Hirudinea

Anggota cacing ini tidak memiliki rambut, parapodia, dan septa. Termasuk cacing penghisap darah.

Contoh: lintah (*Hirudo medicinalis*), pacet (*Haemadipsa javanica*).

f. Mollusca (Hewan Lunak)



Ciri-ciri mollusca

1. Tubuh triploblastik selomata dan simetri bilateral.
2. Tubuh terdiri atas tiga komponen, yaitu kaki berotot untuk pergerakan, *massa visceral* (bagian tubuh lunak yang mengandung organ internal), dan *mantel* (untuk melindungi massa visceral dan mensekresikan bahan baku cangkang).
3. Sebagian besar dilindungi oleh cangkang yang tersusun atas zat kapur.
4. Sudah memiliki alat pencernaan yang lengkap.
5. Memiliki lidah bergigi (*radula*) yang berfungsi untuk melumat makanan.
6. Sistem reproduksi, yaitu:
 - *Mollusca* berkembang biak dengan fertilisasi internal.
 - Beberapa hewan mollusca ada yang memiliki kelamin ganda (hemaprodit), namun ada pula yang kelaminnya terpisah.

Klasifikasi mollusca

Mollusca terbagi menjadi lima kelas, yaitu:

1. Ambhineura

Mollusca kelas ini memiliki cangkang seperti susunan genting, hidupnya melekat di dasar perairan, mulutnya dilengkapi dengan lidah parut (*radula*). **Contoh:** *Chiton*.

2. Bivalvia

- Bentuk tubuh simetris radial dan dilindungi oleh cangkang yang setangkup.
- Bernapas dengan insang yang berlapis-lapis (*Lamelibranchiata*)
- Dari celah cangkangnya keluar kaki yang pipih seperti mata kapak sehingga disebut juga *Pelecypoda*.
- Cangkang kerang terdiri atas tiga lapisan, yaitu periostrakum, prismatic, dan nakreas.
- **Contoh:** kerang.

3. Gastropoda

Gastropoda menggunakan otot perut sebagai alat gerak, termasuk hewan hermaprodit.

Contoh: *Achatina fulica* (bekicot), *Lymnaea* (siput),

4. Cephalopoda

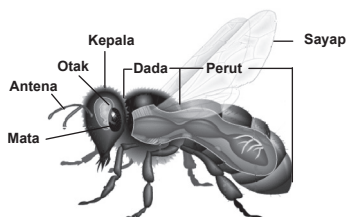
Hewan ini menggunakan kepala sebagai alat gerak (*cephale* = kepala dan *podos* = kaki) dan memiliki tentakel yang berfungsi sebagai pengisap. **Contoh:** *Nautilus*, *Loligo sp.* (cumi-cumi), *Octopus sp.* (gurita).

5. Scaphopoda

Scaphopoda memiliki cangkang berbentuk silinder yang kedua ujungnya terbuka. Hidupnya di laut dan terpendam di dalam pasir atau lumpur. **Contoh:** *Dentalium vulgare*.

Disebut *dentalium* karena cangkang cangkangnya menyerupai gigi-gigi (*dentis*). Apabila kita berjalan di pantai perlu hati-hati karena cangkangnya tajam dan dapat melukai kaki.

g. Arthropoda (Hewan Kaki Beruas-ruas)



Ciri-ciri arthropoda

1. Tubuh beruas-ruas, dan terbagi atas kepala (*caput*), dada (*thorax*) dan perut (*abdomen*).
2. Rangka luar (*eksoskeleton*) tersusun atas zat kitin dan pada waktu tertentu kulit akan mengalami pergantian (*ekdisis/molting*).
3. Memiliki organ sensoris mata, penciuman, dan antena untuk sentuhan dan penciuman.
4. Sistem peredaran darah terbuka dan darah tidak berwarna merah.
5. Alat respirasi berupa insang, trakea, dan paru-paru buku.
6. Alat ekskresi berupa kelenjar hijau dengan buluh malphigi.
7. Sistem reproduksinya, yaitu:
 - Secara seksual dilakukan melalui proses fertilisasi.
 - Secara aseksual dengan melakukan *parthenogenesis* (proses reproduksi terjadi tanpa fertilisasi) dan *paedogenesis* (reproduksi terjadi pada individu yang muda (larva)).

Klasifikasi arthropoda

Arthropoda diklasifikasikan menjadi empat, yaitu:

1. **Crustacea** (udang-udangan)
 - Memiliki dua pasang antena.
 - Tubuh terdiri atas *sefalotoraks* (kepala menyatu dengan dada) dan *abdomen*.
 - Bernapas pada daerah tipis pada kutikula, namun sebagian besar bernapas dengan insang.
 - Jenis kelamin sudah terpisah pada individu yang berbeda.
 - **Contoh:** *Penaeus* (udang windu), *Cambarus virilis* (udang air tawar), *Portunus sexdentatus* (kepiting), dan *Neptunus pelagicus* (rajungan).
2. **Myriapoda** (hewan berkaki banyak)
 - Tubuh hanya terdiri atas kepala, toraks, dan abdomen.
 - Pada kepala terdapat sepasang mata tunggal, sepasang alat peraba besar, dan peraba kecil yang beruas-ruas.

- Tiap ruas pada tubuhnya terdapat sepasang atau dua pasang kaki.
- Sistem pernapasannya menggunakan trakea yang bermuara pada lubang kecil yang disebut *spirakel*.
- Diklasifikasikan menjadi dua, yaitu Chilopoda (*Scolopendra subspinipes* (lipan)) dan Diplopoda (*Julus teristris* (luwing))

3. Arachnoidea

- Tubuh terdiri atas kepala dan abdomen dan sefalotoraks.
- Memiliki enam pasang anggota gerak, yakni *kalisera*, *pedipalpus* dan empat pasang kaki yang terdapat di sefalotoraks.
- Diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu *Scorpionida* (kalajengking), *Arachnida* (laba-laba), dan *Acarina* (caplak, tungau).

4. Insecta

- Tubuh tersusun atas kepala, dada, dan perut.
- Mulut dimodifikasi menjadi penggigit, pengisap, dan penelakan.
- Memiliki tiga pasang kaki dan disebut *hexapoda* (berkaki enam).
- Mengalami perubahan bentuk tubuh selama pertumbuhan yang disebut metamorfosis. Metamorfosis ada dua macam, yaitu metamorfosis sempurna (lebah dan kupu-kupu) dan metamorfosis tak sempurna (lalat, belalang, dan jangkrik).

h. Echinodermata (Hewan Berkulit Duri)

Ciri-ciri echinodermata

1. Tubuh tersusun atas tiga lapisan dan memiliki rongga tubuh (*triploblastik selomata*).
2. Bentuk tubuh simetri bilateral (larva) dan simetri radial (dewasa).

3. Kulit tubuh terbuat dari zat kitin sebagai rangka luar dan pada permukaan insang kulit terdapat duri.
4. Bergerak dengan kaki *ambulakral* atau kaki tabung, yaitu gerakannya terjadi dengan mengubah tekanan air yang diatur oleh sistem pembuluh air yang berkembang dari selom.
5. Sudah memiliki sistem pencernaan yang sempurna, kecuali bintang ular yang tidak memiliki anus.
6. Tidak memiliki sistem ekskresi.
7. Terdapat cincin saraf yang mengelilingi mulut sebagai sistem saraf dan memiliki lima cabang saraf radial pada masing-masing lengannya.
8. Sistem pernapasan menggunakan kulit berupa tonjolan dinding selom tipis dan dilindungi oleh silia.
9. Semua jenisnya merupakan hewan laut.
10. Sistem reproduksi terjadi secara seksual dengan proses fertilisasi (pembuahan) eksternal.

Klasifikasi echinodermata

1. Asteroidea (bintang laut)

- Bentuk tubuh menyerupai bintang, bagian bawah disebut permukaan *oral* yang memiliki mulut dan bagian atas disebut permukaan *adoral*.
- Pada permukaan tubuhnya terdapat duri pendek dan kaki tabung bertindak sebagai penyedot.
- **Contoh:** *Asteria forbesi* (bintang laut), *Linkia laevigata* (bintang laut biru), dan *Pentaceros* (bintang laut bertanduk).

2. Ophiuroidea (bintang mengular)

- Tubuh memiliki lima lengan yang bergerak menyerupai ular.
- Ciri khas dari kelas ini adalah *madreporit* (lubang masuknya air) terletak di bagian bawah dan tidak memiliki kaki tabung.

- *Ophiuroidea* tidak memiliki anus, jadi sisa makanan dimuntahkan melalui mulut.
 - **Contoh:** *Ophiothrix*.
3. **Crinoidea** (lilia laut)
- Hidupnya menempel pada substrat yang ada di laut.
 - Lengan berfungsi sebagai pemakan suspensi.
 - **Contoh:** *Antedon sp.*, *Holopus sp.*
4. **Echinoidea**
- Hewan ini tidak memiliki lengan, namun memiliki lima baris kaki tabung.
 - Bentuk tubuh bulat dan diliputi duri yang banyak.
 - **Contoh:** bulu babi (*Diadema*) dan landak laut (*Echinus*).
5. **Holothuroidea** (mentimun laut)
- Tidak memiliki duri dan memiliki lima baris kaki tabung.
 - **Contoh:** teripang (*Holothuria*).
2. **Cephalospidomorphi** (*lamprey*), memiliki karakteristik hidup di perairan tawar, mulut dikelilingi pengisap, ada fase larva, setelah dewasa menjadi parasit pada organisme lain.
- b. **Gnathostomata**
- Ciri-ciri *Gnathostomata***
Memiliki rahang bersendi dan dapat digerakkan ke atas dan ke bawah.
- Klasifikasi *Gnathostomata***
Berdasarkan keragaman cirinya, hewan *gnathostomata* terbagi menjadi enam kelas, yaitu:
1. **Chondrichthyes**
- Ciri-ciri:**
- Rangkanya tersusun atas tulang rawan.
 - Mulut berahang kuat dan terletak di bawah tubuh.
 - Bernapas dengan insang.
 - Memiliki indra yang berkembang dengan baik.
 - Fertilisasi terjadi secara internal dan bersifat ovipar juga ovovivipar.
- Contoh:** Ikan pari, hiu, dan chimaera.

B. Vertebrata

Merupakan kelompok hewan yang memiliki tulang belakang yang memanjang pada bagian dorsal, yaitu dari kepala hingga ekor.

Anggota dari subfilum vertebrata terdiri atas dua superkelas, yaitu:

a. **Agnatha**

Ciri-ciri *agnatha*

1. Tidak memiliki rahang.
2. Bentuk badan ramping dan panjang.
3. Habitat di perairan laut dan tawar.

Klasifikasi *agnatha*

Superkelas *agnatha* terbagi menjadi dua kelas, yaitu:

1. ***Mycini*** (*hagfish*), memiliki karakteristik hidup di perairan laut, pemakan bangkai hidup di laut, mulut dikelilingi tentakel pendek, dan pertumbuhannya tidak melalui fase larva.

2. **Osteichthyes**

Ciri-ciri:

- Rangka tersusun atas tulang keras yang mengandung matriks kalsium fosfat.
- Mulut terletak di bagian depan tubuh.
- Terdapat celah insang di tiap sisi kepala.
- Fertilisasi terjadi secara eksternal dan bersifat ovipar.
- Habitat di perairan tawar.

Klasifikasi *osteichthyes*, terdapat dua subkelas, yaitu:

- ***Actinopterygi*** (ikan bersirip duri), yaitu ikan mas, ikan gurame, ikan louhan, dan ikan kakap merah.
- ***Sarcopterygi***, yaitu ikan bersirip lobus (*Latimeria chalumnae*) dan ikan paru-paru.

3. Amfibi

Ciri-ciri:

- Berkulit licin, tidak bersisik, dan tipis.
- Alat pernapasan: paru-paru dan/atau kulit.
- Jantung terdiri atas tiga ruang (2 ventrikel, 1 atrium).
- Fertilisasi terjadi secara eksternal dan bersifat ovipar (bertelur).
- Dapat hidup, baik di darat maupun di air.
- Mengalami metamorfosis.

Contoh: katak sawah (*Rana limnocharis*), bangkong (*Bufo melanostictus*), dan katak pohon atau bancet (*Racophorus reinwardti*).

4. Reptilia (hewan melata)

Ciri-ciri reptilia:

- Tubuh ditutupi oleh sisik zat tanduk.
- Bernapas dengan paru-paru.
- Jantung memiliki empat ruang yang tidak sempurna (2 ventrikel, 2 atrium).
- Merupakan hewan berdarah dingin karena suhu tubuh mengikuti suhu lingkungannya.
- Fertilisasi terjadi secara internal dan tergolong ovipar.
- Dapat hidup di darat dan di air.

Klasifikasi reptilia dibedakan menjadi 4 ordo:

- *Chelonia* (kura-kura, penyu).
- *Crocodylia* (buaya, aligator).
- *Squamata* (ular).
- *Rhynchocephalia* (bunglon, iguana).

5. Aves (unggas)

Ciri-ciri:

- Tubuh ditutupi oleh bulu dan berdarah panas.
- Bernapas dengan paru-paru, tapi saat terbang menggunakan pundi-pundi udara.
- Alat gerak berupa kaki dan sayap, kerangka tubuh kuat namun ringan.
- Jantung terdiri atas empat ruang (2 ventrikel dan 2 atrium).
- Fertilisasi secara internal dan tergolong ovipar.
- Memiliki 30 ordo yang bervariasi.

Contoh: burung merpati, burung unta, bebek, ayam, dan lain-lain.

6. Mamalia (hewan menyusui)

Ciri-ciri mamalia:

- Tubuh tertutupi oleh rambut dan berdarah panas.
- Bernapas dengan paru-paru.
- Alat gerak berupa kaki dan berdaun telinga, kecuali *Monotremata*, *Cetaceae*, dan *Sirenia*.
- Fertilisasi secara internal dan merupakan hewan vivipar.
- Jantung terdiri atas empat ruang (2 ventrikel dan 2 atrium).
- Memiliki 14 ordo yang bervariasi.

Contoh: kanguru, singa, kambing, sapi, primata.

Bab 9

Ekologi

Istilah ekologi diperkenalkan oleh Ernest Haeckel (1834-1924). Secara bahasa, ekologi berasal dari bahasa Yunani, yaitu *oikos* yang artinya rumah atau tempat tinggal dan *logos* yang berarti ilmu.

Menurut istilah, ekologi adalah cabang dari ilmu biologi yang mempelajari hubungan antara makhluk hidup dengan lingkungannya.

A. Istilah-istilah dalam Ekologi

1. **Individu**, yaitu unit terkecil dari satuan ekosistem.
Contoh: seekor kambing, sebatang padi.
2. **Populasi**, yaitu kumpulan individu sejenis yang menempati suatu daerah geografis tertentu, pada waktu tertentu.
Contoh: sekelompok gajah, serimbunan pohon jati.
3. **Komunitas**, yaitu kumpulan beberapa populasi yang menempati suatu daerah tertentu.
Contoh: dalam suatu area persawahan terdapat populasi padi, populasi tikus, dan populasi belalang.
4. **Ekosistem**, yaitu kesatuan antara komunitas dengan lingkungan tempat hidupnya, beserta hubungan timbal balik yang ada di dalamnya.
5. **Biosfer**, yaitu kumpulan berbagai ekosistem yang membentuk kesatuan ekosistem global.
6. **Lingkungan**, yaitu segala sesuatu yang terdapat di sekitar makhluk hidup.
Contoh: hutan, gunung, laut, dan pantai.

7. **Habitat**, yaitu tempat hidup suatu makhluk hidup, termasuk di dalamnya adalah lingkungan dan makhluk hidup.

B. Komponen Ekosistem

a. Komponen Abiotik

Komponen abiotik merupakan kondisi fisik dan kimiawi yang berperan sebagai medium dan substrat yang menyertai kehidupan organisme yang terdiri atas segala sesuatu yang tak hidup.

Contoh: tanah, cahaya, udara, air, kelembapan, suhu, mineral, dan pH.

b. Komponen Biotik

Komponen biotik merupakan komponen ekosistem yang terdiri atas makhluk hidup, meliputi hewan, tumbuhan, mikroorganisme, dan manusia.

Berdasarkan **cara memperoleh makanan**, komponen biotik dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:

1. Organisme autotrof

Merupakan organisme yang dapat membuat makanannya sendiri dengan cara mengubah bahan anorganik menjadi bahan organik dengan menggunakan sumber energi tertentu.

Menurut jenis sumber energinya, organisme autotrof dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

- **Fotoautotrof**, adalah organisme autotrof yang menggunakan sumber energi berupa sinar matahari.
Contoh: alga, tumbuhan berklorofil.
- **Kemoautotrof**, adalah organisme autotrof yang menggunakan sumber energi dari hasil reaksi kimia.
Contoh: bakteri nitrit dan nitrat.

2. Organisme heterotrof

Merupakan organisme yang memperoleh makanannya dari makanan yang telah dibentuk oleh organisme lain dikarenakan tidak dapat membuat makanannya sendiri.
Contoh: kupu-kupu mengisap madu bunga.

Berdasarkan **peranannya dalam ekosistem**, komponen biotik dibedakan atas empat, yaitu:

1. **Produsen**, yaitu organisme yang berperan dalam menyediakan makanan sehingga dapat mendukung kelangsungan hidup organisme lain.
Contoh: tanaman berklorofil, dan alga.
2. **Konsumen**, yaitu semua makhluk hidup yang tidak dapat membuat makanannya sendiri.
 - Berdasarkan tingkatannya dalam rantai makanan, konsumen dibagi menjadi tiga, yaitu:
 - **Konsumen tingkat I (primer)**, yaitu organisme yang memperoleh energi langsung dari produsen (memakan produsen). **Contoh:** belalang, ulat.
 - **Konsumen tingkat II (sekunder)**, yaitu organisme yang memangsa konsumen primer. **Contoh:** katak, burung pemakan ulat.
 - **Konsumen tingkat III (tersier)**, yaitu organisme yang memangsa konsumen sekunder.
Contoh: elang, harimau, singa.
 - Berdasarkan jenis makanannya, konsumen dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:
 - **Herbivora**, yaitu organisme pemakan tumbuhan.
Contoh: ulat, kambing, dan sapi.

- **Karnivora**, yaitu organisme pemakan daging.
Contoh: harimau, singa, dan ular.
- **Omnivora**, yaitu organisme pemakan segala, baik tumbuhan maupun hewan lain.
Contoh: kera, tikus, dan ayam.

3. **Pengurai**, yaitu mikroorganisme yang mampu menguraikan organisme mati menjadi bahan mineral kembali.
Contoh: bakteri dan jamur.
4. **Detritivora**, yaitu organisme yang memakan bahan organik, kemudian diubah menjadi partikel organik yang lebih kecil lagi.
Contoh: cacing tanah dan kumbang kotoran.

C. Pola Interaksi Organisme

Interaksi antarorganisme di dalam ekosistem dapat dikelompokkan menjadi empat, yaitu:

1. **Predasi**, merupakan interaksi antara pemangsa (predator) dan yang dimangsa (prey). Interaksi ini menguntungkan salah satu jenis. **Contoh:** interaksi antara harimau dan babi hutan.
2. **Kompetisi**, merupakan persaingan antarorganisme untuk memperebutkan makanan atau habitat yang jumlahnya terbatas dalam satu ekosistem. **Contoh:** antara tumbuhan berbeda jenis yang tumbuh berdekatan memperebutkan nutrisi tanah.
3. **Antibiosis**, yaitu pola interaksi dimana makhluk hidup yang satu menghambat pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup lain. **Contoh:** jamur *Penicillium notatum* mampu menghambat pertumbuhan bakteri.
4. **Simbiosis**, yaitu interaksi hidup bersama antara dua organisme yang berbeda. Berdasarkan sifatnya, simbiosis terbagi tiga, yaitu:

- **Simbiosis mutualisme**, yaitu interaksi dua spesies yang saling menguntungkan.
Contoh: interaksi antara jamur dan ganggang membentuk *lichen*.
- **Simbiosis komensalisme**, yaitu interaksi yang menguntungkan salah satu jenis spesies, namun tidak merugikan jenis yang lain.
Contoh: ikan remora dengan ikan hiu.
- **Simbiosis parasitisme**, yaitu interaksi yang menguntungkan satu jenis, namun merugikan jenis yang lain.
Contoh: tanaman tali putri dengan tanaman beluntas.

D. Aliran Energi

a. Rantai Makanan

Rantai makanan merupakan suatu rangkaian peristiwa makan dan dimakan antarorganisme dalam suatu ekosistem sehingga membentuk tingkatan trofik.

Contoh:



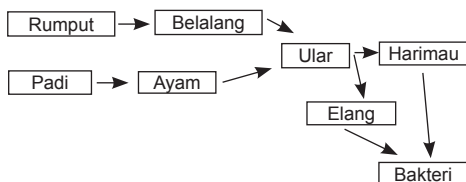
Keterangan:

- K I = konsumen tingkat I
 K II = konsumen tingkat II
 K III = konsumen tingkat III
 K IV = konsumen tingkat IV

b. Jaring-jaring Makanan

Jaring-jaring makanan adalah kumpulan dari beberapa rantai makanan yang saling terkait.

Contoh:



c. Piramida Ekologi

Piramida ekologi merupakan gambaran susunan antartrofik yang dapat disusun berdasarkan kepadatan populasi dan kemampuan menyimpan energi pada tiap trofik.

Piramida ekologi terdiri atas tiga jenis, yaitu:

- **Piramida jumlah**, yaitu jenis piramida yang penyusunnya didasarkan pada satuan luas tertentu atau kepadatan populasi antartrofik.
- **Piramida biomassa**, yaitu jenis piramida yang dibuat berdasarkan pada massa kering suatu organisme dari tiap tingkatan trofik per satuan luas suatu area.
- **Piramida energi**, yaitu piramida yang didasarkan pada perhitungan jumlah energi tiap satuan luas yang masuk ke tingkat trofik dalam waktu tertentu.

E. Suksesi

Suksesi adalah pergantian dominasi suatu komunitas dalam ekosistem tertentu, yaitu dari komunitas perintis (*pioneer*) menuju komunitas klimaks.

Berdasarkan asalnya, suksesi dibedakan atas dua, yaitu:

1. **Suksesi primer**, yaitu suksesi yang terbentuk dengan ditandai oleh hilangnya suatu komunitas asal secara total, hanya bebatuan dan tanah gersang, dan dalam waktu yang lama muncul organisme perintis baru yang kemudian akan berkembang hingga mencapai ekosistem klimaks baru.
Contoh: ekosistem yang terbentuk akibat letusan gunung berapi.
- **Suksesi sekunder**, yaitu suksesi yang berlangsung pada ekosistem yang tidak mengalami kerusakan total sehingga tidak mengubah komunitas asal secara total.
Contoh: terjadinya angin kencang, pembakaran padang rumput dengan sengaja.

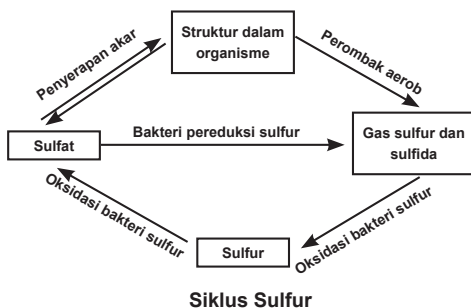
E. Siklus Biogeokimia

Siklus biogeokimia merupakan rangkaian perpindahan unsur-unsur kimia dalam ekosistem yang melibatkan komponen biotik dan abiotik. Terdapat enam siklus yang termasuk siklus biogeokimia, yaitu:

a. Siklus Air



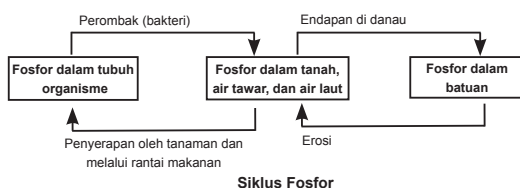
b. Siklus Sulfur



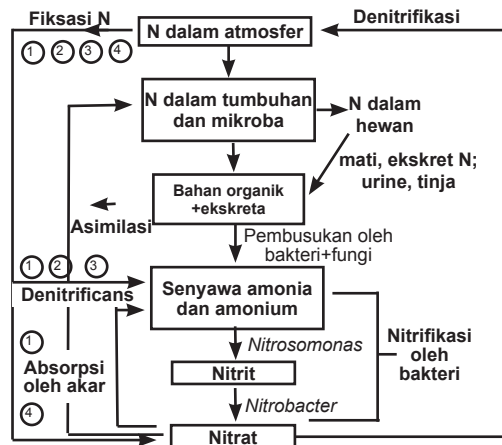
c. Siklus Oksigen dan Karbon



d. Siklus Fosfor



e. Siklus Nitrogen



G. Lingkungan

a. Keseimbangan Lingkungan

- Apabila komponen abiotik dan biotik yang menyusun suatu ekosistem berada dalam komposisi yang seimbang maka dapat dikatakan lingkungan telah mengalami keseimbangan.
- Lingkungan menjadi tidak seimbang karena faktor alam (bencana alam) dan faktor manusia (penebangan liar, pembuangan limbah, dan lain-lain).

b. Pencemaran Lingkungan

- Yaitu, masuk atau dimasukkannya bahan pencemar ke dalam lingkungan dan menimbulkan gangguan pada makhluk hidup.
- Pencemaran lingkungan dibedakan menjadi lima jenis, yaitu:
 1. **Pencemaran air**, terjadi akibat pembuangan limbah, baik pabrik, pertanian, maupun limbah rumah tangga tanpa pengolahan sebelumnya.
 2. **Pencemaran tanah**, terjadi akibat pembuangan sampah plastik dan penggunaan pestisida yang berlebihan.

3. **Pencemaran udara**, terjadi akibat pembakaran tidak sempurna asap kendaraan bermotor dan pembakaran hutan yang menghasilkan gas-gas seperti CO, CO₂, SO₂, NO, NO₂.
4. **Pencemaran suara**, terjadi akibat suara bising yang berlangsung terus-menerus di atas 50 dB yang ditimbulkan oleh suara mesin, baik mesin industri atau mesin kendaraan.
5. **Pencemaran benda radioaktif**, terjadi akibat adanya debu-debu radioaktif dari ion nuklir serta reaktor-reaktor atom.

c. **Upaya Menanggulangi Pencemaran Lingkungan**

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak pencemaran lingkungan adalah dengan melakukan program **3R**, yaitu:

1. **Reduce**, yaitu mengurangi pemakaian bahan-bahan pencemar lingkungan.
2. **Reuse**, yaitu pemanfaatan kembali barang bekas yang masih dapat digunakan.
3. **Recycle**, yaitu mendaur ulang barang-barang bekas pakai yang tidak dapat hancur oleh mikroba dalam waktu singkat.

A. Teori Sel

- Teori tentang sel pernah dikemukakan oleh beberapa ahli biologi, di antaranya:
 1. **Robert Hooke (1665)**: Pertama kali mendeskripsikan sel melalui eksperimennya, yaitu melihat struktur sel pada sayatan gabus di bawah mikroskop.
 2. **Antonie van Leeuwenhoek (1673)**: Pertama kali melihat sel hidup (mikroorganisme).
 3. **Robert Brown (1831)**: Mendeskripsikan nukleus dengan mengamati struktur sel pada jaringan tanaman anggrek.
 4. **Matthias Jakob Schleiden dan Theodor Schwann (1839)**: Mengemukakan bahwa makhluk hidup (tumbuhan dan hewan) tersusun atas sel-sel.
 5. **Rudolf Virchow (1855)**: Mengemukakan bahwa semua sel berasal dari sel sebelumnya (*omnis cellula e cellula*).
 6. **Max Schultze (1825–1874)**: Menegaskan bahwa protoplasma merupakan dasar-dasar fisik kehidupan dan tempat terjadinya proses hidup.
 7. **Felix Durjadin dan Johannes Purkinje (1835–1839)**: Mengamati struktur sel dan melihat adanya cairan dalam sel yang kemudian dinamakan protoplasma.
- Prinsip dasar pada teori sel, yaitu:
 1. Seluruh organisme terdiri atas satu atau lebih sel.
 2. Sel adalah unit dasar struktur seluruh kehidupan.
 3. Seluruh sel berkembang dari sel sebelumnya.

4. Sel merupakan satuan unit struktural, fungsional, reproduksi, dan hereditas pada makhluk hidup.

B. Jenis Sel

Berdasarkan keberadaan membran inti, sel makhluk hidup dibedakan atas dua jenis, yaitu:

a. Prokariotik

Sel prokariotik merupakan jenis sel yang inti selnya belum memiliki membran inti (karioteka). Umumnya sel jenis ini dimiliki oleh makhluk hidup tingkat rendah.

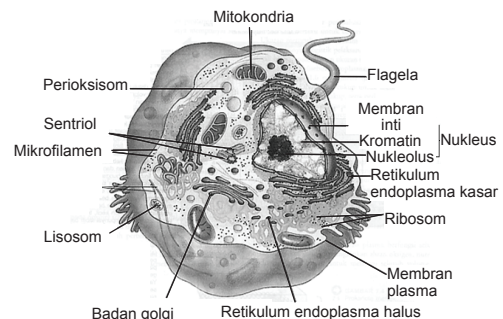
Contoh: Bakteri, alga biru.

b. Eukariotik

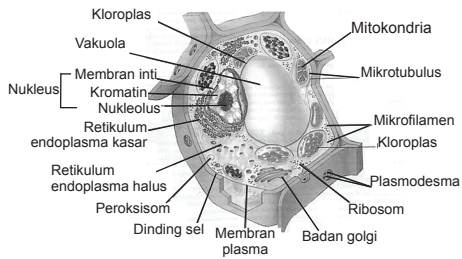
Jenis sel eukariotik sudah memiliki membran inti (karioteka) pada inti selnya. Umumnya dimiliki oleh makhluk hidup tingkat tinggi.

Contoh: Sel hewan avertebrata dan vertebrata, serta sel tumbuhan berbiji, tumbuhan paku, dan lumut.

C. Perbedaan Sel



Sel Hewan



Sel Tumbuhan

Adapun perbedaan antara sel hewan dengan sel tumbuhan terangkum pada tabel berikut.

No	Pembeda	Sel Hewan	Sel Tumbuhan
1.	Dinding sel	Tidak ada	Ada
2.	Plastida	Tidak ada	Ada
3.	Kloroplas	Tidak ada	Ada
4.	Sentriol	Ada	Tidak ada
5.	Vakuola	Berukuran kecil	Berukuran besar

D. Struktur Sel

Struktur sel terbagi atas tiga bagian, yaitu membran plasma, inti sel, dan sitoplasma. Pada sitoplasma terdapat berbagai macam organel sel yang memiliki peranan masing-masing.

a. Membran Plasma

Membran plasma terdiri atas dua lapisan, yaitu:

1. Membran Sel

- Memiliki ketebalan 5—10 nm.
- Membran sel tersusun atas lipoprotein (50% protein dan 50% lipid). Lipid yang menyusunnya terdiri atas fosfolipid (hidrofilik) dan sterol (hidrofobik).
- Membran sel bersifat selektif permeabel, artinya hanya dapat dilalui oleh air dan zat-zat yang terkandung di dalamnya.
- Fungsi membran sel, yaitu:
 - Sebagai pelindung sel.
 - Mengendalikan proses pertukaran zat ke luar dan ke dalam sel.

— Tempat terjadinya reaksi kimia.

2. Dinding Sel

- Dinding sel hanya terdapat pada sel tumbuhan.
- Dinding sel tersusun atas senyawa selulosa, zat pektin, hemiselulosa, dan glikoprotein.
- Berperan sebagai pelindung organel-organel sel di dalamnya dan untuk mempertahankan bentuk sel.

b. Nukleus (Inti Sel)

Nukleus merupakan organel terbesar dalam sel, yaitu berukuran antara 10—20 nm.

Fungsi inti sel, yaitu:

1. Mengendalikan proses metabolisme dalam tubuh.
2. Tempat tersimpannya materi genetik dalam bentuk DNA/RNA.
3. Sebagai tempat terjadinya replikasi dan transkripsi DNA.

Komposisi nukleus terdiri atas tiga organel, yaitu:

1. Membran nukleus (karioteka).
2. Matriks (nukleoplasma), yaitu cairan inti yang tersusun atas zat protein inti (nukleoprotein).
3. Nukleolus (anak inti), di dalamnya banyak mengandung kromosom yang berfungsi untuk menentukan ciri sel, mengatur bentuk sel, dan menentukan generasi sel selanjutnya.

c. Sitoplasma

Sitoplasma merupakan suatu cairan sel dengan segala sesuatu yang terkandung di dalamnya, yaitu makromolekul, mikromolekul, ion-ion, dan organel sel.

Tiap-tiap organel pada sitoplasma memiliki struktur dan peran khusus, antara lain:

1. Mitokondria

- Organel penghasil energi dalam sel yang tersusun atas fosfolipid dan protein.
- Terdiri atas dua lapisan, yaitu membran luar yang halus, membran dalam yang berlekuk-lekuk (krista), dan matriks mitokondria.

- Mitokondria berperan sebagai tempat terjadinya respirasi seluler dan menghasilkan ATP.
2. **Ribosom**
 - Organel terkecil dalam sitoplasma dengan ukuran 17—20 mikron.
 - Tersusun atas protein dan RNA ribosomal (RNAr).
 - Berperan dalam sintesis protein.
 - Terdapat menyebar di sitoplasma dan ada yang menempel di **REK**.
 3. **Retikulum endoplasma (RE)**
Terdapat dua jenis retikulum endoplasma (RE), yaitu:
 - **Retikulum endoplasma kasar (REK)**, pada permukaannya banyak ditempeli oleh ribosom (tempat sintesis protein). REK berfungsi sebagai transpor protein yang disintesis di dalam ribosom.
 - **Retikulum endoplasma halus (REH)**, permukaannya tidak ditempeli oleh ribosom, dan menghasilkan enzim yang dapat mensintesis fosfolipid, glikolipid, dan steroid.
 4. **Badan golgi**
 - Merupakan sekumpulan kantung pipih yang bertumpuk dan tiap kantungnya dibatasi oleh membran *saccula*.
 - Berperan aktif dalam proses sekresi, terutama pada sel-sel kelenjar.
 - Menghasilkan lisosom dan membentuk dinding sel pada tumbuhan.
 5. **Lisosom**
 - Banyak terdapat pada sel-sel darah terutama leukosit, limfosit, dan monosit.
 - Berperan aktif dalam melakukan fungsi imunitas dengan mensintesis enzim-enzim hidrolitik untuk mencernakan bakteri patogen yang menyerang tubuh.
 - Membantu menghancurkan sel yang luka atau mati dan menggantikannya dengan sel baru yang disebut *autofagus*.
 6. **Vakuola**
 - Merupakan organel sitoplasmik yang berisi cairan dan dibatasi oleh selaput tipis (*tonoplas*).
 - Pada sel hewan berukuran kecil, sedangkan pada sel tumbuhan berukuran besar.
 - Berperan sebagai penyimpan cadangan makanan dan sisa metabolisme, pengatur tekanan turgor pada sel tumbuhan.
 7. **Plastida**
 - Merupakan organel spesifik yang hanya terdapat pada sel tumbuhan.
 - Di dalam plastida terdapat zat pigmen.
 - Berdasarkan pigmennya, plastida terbagi menjadi:
 - **Plastida berwarna**, yaitu *kloroplas* (mengandung klorofil atau zat hijau daun) dan *kromoplas* (mengandung karotenoid atau zat warna kuning, jingga, dan merah).
 - **Plastida tak berwarna**, yaitu *leukoplas* yang berguna untuk menyimpan cadangan makanan.
 8. **Sentrosom**
 - Hanya dijumpai pada sel hewan.
 - Berbentuk bulat, kecil, dan terdapat di dekat inti.
 - Berperan dalam proses pembelahan sel.
 9. **Badan mikro**
 - Terdiri atas dua jenis, yaitu peroksisom dan glioksisom.
 - Peroksisom terdapat pada sel hewan yang mengeluarkan enzim katalase dan berfungsi untuk menguraikan senyawa hidrogen peroksida.
 - Glioksisom berperan dalam mengubah lemak menjadi sukrosa.

E. Mekanisme Transportasi Zat

Mekanisme transportasi zat ke luar atau ke dalam sel melalui membran sel terdiri atas dua cara, yaitu:

a. Transpor Pasif

Mekanisme perpindahan zat secara transpor pasif tidak memerlukan energi dan terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi antara zat dan larutan di kedua sisinya. Transportasi zat secara pasif melalui beberapa peristiwa, yaitu:

1. **Difusi**, yaitu perpindahan zat dari larutan yang berkonsentrasi tinggi (*hipertonis*) menuju larutan yang berkonsentrasi rendah (*hipotonis*) tanpa melalui selaput membran.
Contoh: pergerakan oksigen ke dalam sel saat kita menghirup udara.
2. **Osmosis**, yaitu perpindahan zat dari larutan yang berkonsentrasi rendah (*hipotonis*) ke larutan yang berkonsentrasi tinggi (*hipertonis*) melalui membran semipermeabel sehingga diperoleh larutan yang konsentrasinya seimbang (*isotonis*).
Contoh: Proses penyerapan air melalui bulu-bulu akar tanaman.
3. **Difusi terfasilitasi**, yaitu proses difusi yang dibantu oleh suatu protein karier.
Contoh: Gerakan perpindahan glukosa ke dalam sel.

b. Transpor Aktif

Transpor aktif merupakan jenis perpindahan zat melalui membran semipermeabel yang bergerak melawan gradien konsentrasi sehingga memerlukan energi dalam bentuk ATP. Transpor aktif berjalan dari larutan dengan konsentrasi rendah ke larutan berkonsentrasi tinggi sehingga tercapai larutan isotonis.

Contoh: Proses pengangkatan ion K^+ , dan Na^+ yang terjadi antara sel darah merah dan cairan ekstrasel (plasma darah).

Peristiwa transpor aktif ada 2 jenis, yaitu:

1. **Endositosis**, yaitu peristiwa pembentukan kantung membran sel yang terjadi karena adanya transfer larutan atau partikel ke dalam sel. Endositosis terbagi dua, yaitu pinositosis dan fagositosis.
2. **Eksitosis**, yaitu proses keluarnya suatu zat ke luar sel. **Contoh:** sekresi mukus

Jaringan Tumbuhan dan Hewan

A. Jaringan Tumbuhan

Jaringan pada tumbuhan dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

a. Jaringan Meristem

Jaringan meristem merupakan jaringan yang terdiri atas sel-sel muda yang aktif dalam fasa pembelahan dan pertumbuhan.

Sifat dari jaringan meristem, yaitu:

1. Berdinding tipis.
2. Tidak ditemukan ruang antarsel.
3. Vakuola sel berukuran kecil.
4. Sel-selnya berukuran kecil dan berbentuk bulat, lonjong, atau poligonal.
5. Masing-masing sel banyak mengandung sitoplasma dan memiliki satu atau lebih nukleus.

Berdasarkan **cara terbentuknya**, jaringan meristem terbagi menjadi tiga, yaitu:

1. Promeristem

Merupakan jaringan meristem yang terbentuk saat tumbuhan masih tingkat embrio.

2. Meristem primer

- Banyak ditemukan pada tumbuhan dewasa yang masih aktif membelah.
- Jaringan ini terdapat pada ujung akar dan batang.

3. Meristem sekunder

- Terbentuk dari meristem primer dan selanjutnya menjadi meristematis.
- Selnya berbentuk pipih/prisma dan di bagian tengah terdapat vakuola.

Contoh: kambium dan kambium gabus.

Berdasarkan **letaknya**, jaringan meristem dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. **Meristem apikal (ujung)**, merupakan jaringan muda yang terletak di ujung akar maupun batang dan menyebabkan pertumbuhan primer (tumbuhan meninggi).
2. **Meristem lateral (samping)**, yaitu jaringan yang terletak di batang dikotil, sejajar dengan permukaan batang dan menyebabkan pertumbuhan sekunder (tumbuhan melebar).
3. **Meristem interkalar**, yaitu jaringan yang terletak di sekitar ruas batang dan menyebabkan pemanjangan ruas-ruas batang tumbuhan.

b. Jaringan Dewasa

Jaringan dewasa pada tumbuhan telah mengalami diferensiasi dan tidak aktif melakukan pembelahan lagi.

Sifat dari jaringan dewasa, yaitu:

1. Terdapat ruang antarsel.
2. Sel-selnya tidak aktif membelah diri.
3. Ukuran sel relatif besar jika dibandingkan dengan jaringan meristem.
4. Dinding sel telah mengalami penebalan.

Menurut **fungsinya**, jaringan dewasa dibedakan menjadi empat, yaitu:

1. Jaringan epidermis

- Susunan selnya rapat sehingga tidak memungkinkan adanya ruang antarsel.

- Umumnya berbentuk pipih dan tidak berklorofil.
- Terletak pada permukaan luar organ tumbuhan (akar, batang, dan daun).
- Berfungsi sebagai pelindung bagian dalam organ tumbuhan dan berperan dalam proses penyerapan air dan mineral.
- Epidermis mengalami modifikasi menjadi stomata (mulut daun), trikoma (rambut daun), spina (duri), dan sel kipas.

2. Jaringan parenkim

- Tersusun oleh sel-sel hidup dengan bentuk dan fisiologi yang beragam.
- Susunan sel tidak rapat sehingga ada ruang antarsel.
- Umumnya berklorofil dan memiliki banyak vakuola.
- Menurut fungsinya, jaringan parenkim terbagi dua, yaitu:
 - **Palisade parenkim** (jaringan pagar) sebagai tempat berlangsungnya fotosintesis.
 - **Spons parenkim** (jaringan bunga karang).

3. Jaringan penyokong (penguat)

- Berfungsi untuk menyokong dan memperkuat tumbuhan
- Jaringan penyokong dibedakan atas dua jenis, yaitu:
 - **Jaringan kolenkim**, tersusun atas sel-sel hidup yang lentur dan mengalami penebalan selulosa. Jaringan ini terdapat pada organ yang aktif mengadakan pembelahan.
 - **Jaringan sklerenkim**, tersusun atas sel-sel mati yang keras dan mengalami penebalan pada dinding selnya sehingga lebih kuat.

4. Jaringan pengangkut (vasikular)

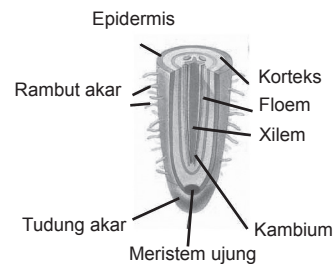
- Berperan dalam proses pengangkutan air dan berbagai unsur hara serta

peredaran zat makanan hasil fotosintesis pada tanaman.

- Jaringan pengangkut pada tumbuhan terbagi atas dua jenis, yaitu:
 - **Xilem**, jaringan pengangkut yang berfungsi sebagai alat untuk mengangkut air dan mineral dari akar menuju daun.
 - **Floem**, yang berfungsi untuk mengangkut zat hasil fotosintesis dari daun ke seluruh jaringan hidup tumbuhan.

c. Organ Tumbuhan

1. Akar



Penampang Membujur Akar Tumbuhan

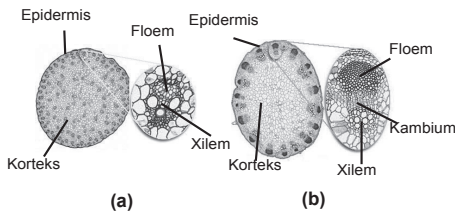
- Tersusun atas beberapa jaringan, yaitu:
 - **Epidermis**, merupakan lapisan terluar akar dan tersusun atas selapis sel dengan susunan yang rapat, berdinding tipis, dan beberapa selnya berdiferensiasi membentuk rambut akar.
 - **Kortex**, yaitu lapisan tengah yang tersusun atas sel-sel parenkim yang berdinding tipis, dan tersusun longgar. Kortex berfungsi sebagai penyimpan cadangan makanan.
 - **Endodermis**, yaitu selapis korteks paling dalam dan tersusun rapat tanpa rongga sel. Endodermis berfungsi sebagai pengatur jalannya air dan mineral dari korteks menuju silinder pusat.
 - **Stele (silinder pusat)**, terdiri atas perisikel dan jaringan pengangkut

(xilem dan floem) yang tersusun radial.

- Fungsi akar, yaitu:
 - Penyokong tegaknya tumbuhan.
 - Sebagai tempat penyimpanan cadangan makanan.
 - Berperan dalam proses penyerapan air, mineral, dan unsur hara di dalam tanah.
 - Sebagai alat reproduksi secara vegetatif.

2. Batang

- Berfungsi sebagai penghubung antara akar dan daun, tempat menyimpan air dan cadangan makanan, serta untuk menegakkan tumbuhan.
- Struktur batang terdiri atas epidermis, korteks, dan stele.

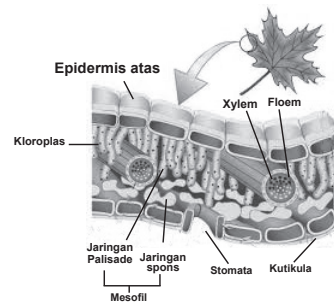


(a) Penampang Melintang Batang Monokotil
(b) Penampang Melintang Batang Dikotil

- Batang tersusun atas dua jenis jaringan, yaitu:
 - **Jaringan primer**
 - Pada batang dikotil terdiri atas epidermis, korteks, endodermis, dan stele.
 - Pada batang monokotil terdiri atas epidermis, korteks, stele, dan empulur.
 - **Jaringan sekunder**
Hanya dimiliki oleh batang tumbuhan dikotil, terdiri atas floem sekunder, xilem sekunder, dan kambium gabus.
- Beberapa tipe berkas pengangkut pada batang, yaitu:
 - **Tipe kolateral terbuka** (floem terletak di luar xilem).

- **Tipe kolateral tertutup** (floem terletak di luar xilem).
- **Tipe bikolateral** (floem berada di luar dan di dalam xilem).
- **Tipe ampivasi** (xilem mengelilingi floem).
- **Tipe ampikribal** (floem mengelilingi xilem).

3. Daun



- Tersusun atas tiga jaringan, yaitu:
 - **Epidermis**, berfungsi sebagai pelindung jaringan di dalamnya. Umumnya dilapisi oleh kutikula, dan pada bagian bawah terdapat stomata (mulut daun) untuk pertukaran gas.
 - **Mesofil (parenkim daun)**, yaitu lapisan yang berkembang menjadi jaringan palisade (tempat terjadinya fotosintesis karena banyak terdapat kloroplas), dan jaringan spons (bunga karang).
 - **Jaringan vasikular**, terdiri atas xilem dan floem.
- Fungsi daun, yaitu:
 - Tempat berlangsungnya proses fotosintesis dan transpirasi (penguapan air pada siang hari).
 - Penyimpan cadangan makanan.
 - Stomata (mulut) pada daun sebagai organ respirasi (pernapasan).
 - Alat perkembangbiakan vegetatif, seperti pada tanaman cocor bebek.

4. Bunga

- Merupakan organ pada tumbuhan yang

tersusun atas mahkota bunga, kelopak, putik, dan benang sari.

- Berdasarkan kelengkapan bagiannya, bunga digolongkan menjadi empat, yaitu bunga sempurna, bunga tidak sempurna, bunga jantan, dan bunga betina.

B. Jaringan Hewan

Jaringan pada hewan dikelompokkan menjadi empat, yaitu:

a. Jaringan Epitel

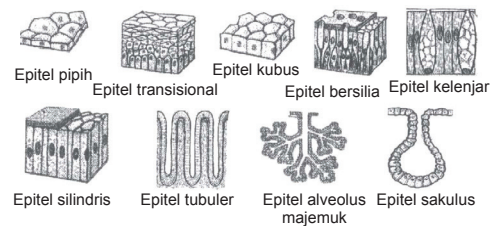
Jaringan yang tersusun selapis atau beberapa lapis sel yang menutupi permukaan organ. Berperan sebagai perlindungan, pengeluaran getah, dan penyerapan.

Berdasarkan lapisan penyusunnya, jaringan epitel dikelompokkan menjadi sembilan, yaitu:

1. **Epitel pipih selapis**, yaitu jaringan yang berfungsi untuk proses difusi, sekresi, dan filtrasi.
Contoh: pada dinding pembuluh darah, limfa, ginjal, dan selaput jantung.
2. **Epitel pipih berlapis banyak**, yaitu jaringan yang berfungsi sebagai pelindung di bawahnya.
Contoh: pada rongga mulut, permukaan kulit, esofagus, dan rongga hidung.
3. **Epitel kubus selapis**, terdapat pada organ-organ yang berperan dalam proses pengeluaran kelenjar dan proses penyerapan.
Contoh: pada kelenjar tiroid, ovarium, dan tubula ginjal.
4. **Epitel kubus berlapis banyak**, dimiliki oleh organ yang berfungsi dalam proses sekresi dan penyerapan.
Contoh: pada kelenjar keringat, kelenjar minyak, ovarium, dan buah zakar.
5. **Epitel silindris selapis**, terdapat pada organ yang berperan dalam proses pengeluaran zat dari dalam tubuh, penyerapan zat, dan melicinkan.

Contoh: pada dinding usus, dinding lambung, dan oviduk.

6. **Epitel silindris berlapis banyak**, terdapat pada alat-alat tubuh dan berfungsi sebagai tempat sekresi dan pergerakan.
7. **Epitel silindris berlapis banyak semu**, memiliki bulu getar pada permukaannya. Terdapat pada organ yang berperan sebagai lapisan pelindung, sekresi, dan pergerakan zat yang melewati permukaan.
Contoh: rongga hidung, trakea.
8. **Epitel transisional**, berbentuk tak tentu, terdapat pada ureter, kandung kemih, dan uretra.
9. **Epitel kelenjar**, dapat mensekresikan getah berupa enzim, keringat, air ludah, maupun hormon. Berdasarkan cara mensekresikan cairannya, epitel kelenjar terbagi menjadi dua, yaitu **kelenjar eksokrin** dan **kelenjar endokrin**.



Macam-macam Jaringan Epitel

b. Jaringan Otot

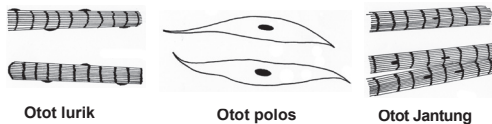
Jaringan yang terdiri atas serabut-serabut otot (*myofibril*) yang tersusun atas sel-sel otot yang dibungkus oleh membran *sarkolema*. Jaringan otot berfungsi sebagai alat gerak aktif dan terdapat pada anggota gerak maupun organ-organ dalam tubuh.

Berdasarkan struktur dan cara kerjanya, jaringan otot dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:

1. **Otot polos**, berbentuk gelondong, berinti sel satu dan terletak di tengah. Otot ini bekerja secara tak sadar dan

terdapat pada semua organ dalam tubuh, kecuali jantung.

2. **Otot lurik**, yaitu otot yang melekat pada rangka, bekerja dengan sadar, dan berbentuk memanjang dengan inti sel yang banyak.
3. **Otot jantung**, berbentuk silindris panjang dan bercabang, inti sel banyak dan terletak di tengah.



Jenis Sel Otot

Sumber: Dokumen Penerbit

c. Jaringan Konektif (Penyambung)

Jaringan konektif memiliki sel-sel yang susunannya tidak terlalu rapat dan dibedakan menjadi empat, yaitu:

1. **Jaringan pengikat**, berfungsi untuk mengikat jaringan pada tubuh sehingga menyatu dan dapat menunjang fungsi organ lainnya. Dibedakan menjadi jaringan ikat padat dan jaringan ikat longgar.
2. **Jaringan penguat (penunjang)**, berfungsi untuk melindungi organ-organ tubuh yang lemah. Terdiri atas:
 - Jaringan tulang rawan (kartilago).
 - jaringan tulang sejati (osteon).

3. **Jaringan darah/limfa**, berfungsi sebagai alat transportasi, dimana darah mengangkut sari-sari makanan, O_2 , CO_2 , dan zat sisa metabolisme tubuh.
4. **Jaringan penghubung berserat**, tersusun atas sel-sel lemak yang berbentuk poligonal dan tersusun longgar. Pada tiap rongganya terdapat tetes lemak. Jaringan ini berfungsi sebagai tempat penyimpanan lemak untuk cadangan makanan dan untuk melindungi organ dalam tubuh dari suhu dingin.

d. Jaringan Saraf

Jaringan saraf tersusun atas sel-sel saraf (*neuron*) yang terdiri atas badan sel, akson (*neurit*), dendrit, dan selubung saraf.

Berdasarkan fungsinya, sel-sel saraf dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:

1. **Saraf sensorik (neuron aferen)**, bertugas menghantarkan rangsang dari organ reseptor menuju susunan saraf pusat (otak dan sumsum tulang belakang).
2. **Saraf motorik (neuron eferen)**, bertugas menghantarkan rangsang dari susunan saraf pusat menuju bagian efektor (alat gerak), yaitu kelenjar dan otot hingga menjadi respons gerakan.
3. **Saraf konektor (asosiasi)**, yang bertugas menghubungkan antara saraf sensorik dan motorik.

Bab 12

Sistem Gerak Manusia

A. Rangka (Tulang)

a. Fungsi Rangka

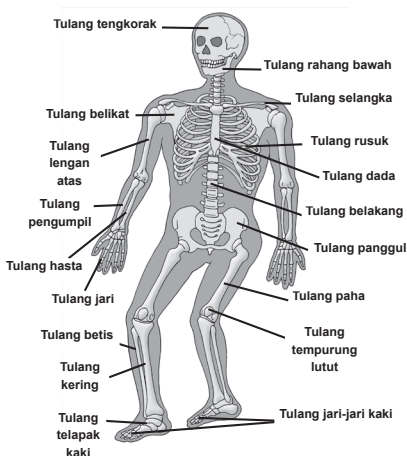
1. Merupakan alat gerak pasif.
2. Memberi kekuatan dan menunjang tegaknya tubuh.
3. Memberi bentuk pada tubuh.
4. Melindungi organ-organ tubuh bagian dalam.
5. Tempat melekatnya otot.
6. Sebagai tempat pembentukan sel darah.
7. Sebagai tempat penimbunan mineral.

b. Jenis Rangka

Rangka berdasarkan letak dan susunannya terbagi menjadi dua jenis, yaitu:

1. **Rangka eksoskeleton**, yaitu rangka yang terletak di luar tubuh.
2. **Rangka endoskeleton**, yaitu rangka yang letaknya di dalam tubuh.

c. Sistem Rangka Manusia



Sistem Rangka Manusia
Sumber: Penerbit

Pada dasarnya kerangka tubuh manusia dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

1. Rangka aksial (*Skeleton Axiale*)

Tersusun atas:

- **Tulang tengkorak (*kranium*)**

Tulang-tulang penyusun tengkorak dibedakan menjadi dua, yaitu:

- ✓ **Tulang pembentuk bagian kepala**, meliputi:

- Tulang baji (*sfenoid*)
- Tulang tapis (*etmoid*)
- Tulang pelipis (*temporal*)
- Tulang dahi (*frontal*)
- Tulang ubun-ubun (*parietal*)
- Tulang kepala belakang (*oksipital*)

- ✓ **Tulang penyusun wajah**, meliputi:

- Tulang rahang atas (*maksila*)
- Tulang rahang bawah (*mandibula*)
- Tulang pipi (*zigomatikus*)
- Tulang langit-langit (*palatinum*)
- Tulang hidung (*nasale*)
- Tulang mata (*lakrimalis*)
- Tulang pangkal lidah

- **Tulang belakang**

Terdiri atas:

- ✓ Ruas tulang leher (7 ruas)
- ✓ Ruas tulang punggung (12 ruas)
- ✓ Ruas tulang pinggang (5 ruas)
- ✓ Ruas tulang kelangkang
- ✓ Ruas tulang ekor

- **Tulang dada**

Terdiri atas tiga bagian, yaitu:

- ✓ Hulu (manubrium)
- ✓ Badan (korpus)
- ✓ Taju pedang

- **Tulang rusuk**

Terdiri atas tiga bagian, meliputi:

- ✓ Tulang rusuk sejati (*costa vera*)
- ✓ Tulang rusuk palsu (*costa spuria*)
- ✓ Tulang rusuk melayang

2. **Rangka Apendikuler**

Rangka apendikuler merupakan rangka yang tersusun atas empat ruas tulang, yaitu:

- **Tulang bahu**

Terdiri atas dua bagian, yaitu:

- ✓ Tulang belikat (*skapula*)
- ✓ Tulang selangka (*klavikula*)

- **Tulang panggul**

Terdiri atas tiga tulang, yaitu:

- ✓ Tulang usus (*ileum*)
- ✓ Tulang duduk (*iskhium*)
- ✓ Tulang kemaluan

- **Tulang anggota gerak atas**

Terdiri atas:

- ✓ Tulang lengan atas (*lumerus*)
- ✓ Tulang hasta (*ulna*)
- ✓ Tulang pengumpil (*radius*)
- ✓ Tulang pergelangan tangan (*karpal*)
- ✓ Tulang talapak tangan (*metakarpal*)
- ✓ Tulang jari-jari (*phalanges*)

- **Tulang anggota gerak bawah**

Tersusun atas:

- ✓ Tulang paha (*femur*)
- ✓ Tulang tempurung lutut (*patela*)
- ✓ Tulang betis (*fibula*)
- ✓ Tulang kering (*tibia*)
- ✓ Tulang pergelangan kaki (*tarsal*)
- ✓ Tulang talapak kaki (*metatarsal*)
- ✓ Tulang jari kaki (*phalanges*)

- d. **Tulang**

Tulang berdasarkan sel penyusunnya terbagi menjadi dua, yaitu:

1. **Tulang rawan (kartilago)**, tersusun atas sel-sel tulang rawan (*kondrosit*), banyak mengandung zat kolagen, dan sedikit mengandung zat kapur sehingga bersifat lentur.

Contoh: pada bagian persendian, daun telinga, cuping hidung, dan ruas tulang belakang.

2. **Tulang sejati (osteon)**, tersusun atas sel-sel *osteosit* yang mengandung kalsium dan fosfor sehingga bersifat keras.

Berdasarkan bentuknya, tulang dikelompokkan menjadi empat jenis, yaitu:

1. **Tulang pipa**, berbentuk panjang, bulat, pada bagian ujungnya terdapat bonggol, dan di dalamnya berisi sumsum kuning dan lemak.

Contoh: tulang paha, tulang betis, tulang hasta, tulang pengumpil, dan tulang ruas jari tangan/kaki.

2. **Tulang pipih**, berbentuk pipih atau tipis, berisi sumsum merah, dan tempat pembuatan sel darah merah dan sel darah putih.

Contoh: tulang pinggul, tulang kepala (tengkorak), tulang rusuk, dan tulang belikat.

3. **Tulang pendek**, berbentuk pendek dan bulat, berisi sumsum merah, dan juga merupakan tempat pembuatan sel darah merah juga sel darah putih.

Contoh: ruas tulang belakang, tulang pergelangan tangan, dan tulang pergelangan kaki.

4. **Tulang tak beraturan**, tidak memiliki bentuk tertentu.

Contoh: tulang rahang wajah.

- e. **Hubungan Antartulang (Persendian)**

Hubungan antartulang disebut persendian. Berdasarkan sifat geraknya, persendian terbagi menjadi tiga macam, yaitu:

1. **Sinarthrosis (sendi mati)**, yaitu hubungan antartulang yang tidak dapat digerakkan. Dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu:

- Sinkondrosis (persendian dengan tulang rawan).

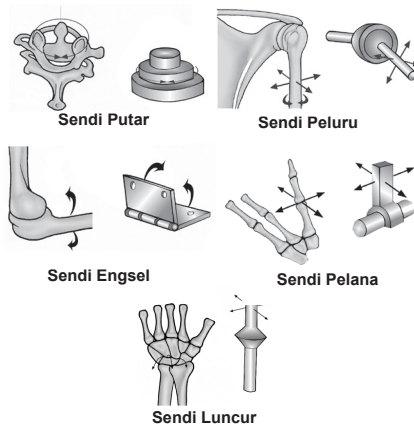
- Sinfibrosis (persendian dengan jaringan ikat (*fibrosa*)).

Contoh: tulang tengkorak, dan hubungan antara tulang dada dan rusuk.

2. **Amfiarthrosis**, yaitu persendian yang memungkinkan adanya sedikit gerakan (terbatas).

Contoh: persendian pada tulang rusuk dengan tulang belakang dan tulang dada.

3. **Diathrosis (sendi gerak)**, yaitu persendian yang dapat bergerak dengan leluasa. Dikelompokkan menjadi lima, yaitu:

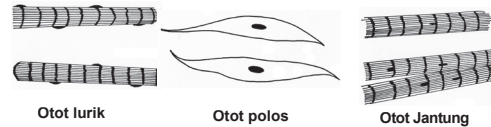


- **Sendi engsel**, yaitu persendian yang dapat bergerak satu arah.
Contoh: ruas antarjari dan pada siku.
- **Sendi peluru**, yaitu persendian yang dapat bergerak ke seluruh arah.
Contoh: sendi pada pangkal lengan dan pangkal paha
- **Sendi pelana**, yaitu persendian yang dapat bergerak dua arah.
Contoh: sendi pada pangkal jari dan telapak tangan.
- **Sendi putar**, yaitu persendian dimana tulang yang satu berputar terhadap tulang yang lain.
Contoh: hubungan antartulang leher dengan tengkorak.
- **Sendi luncur**, yaitu persendian tempat ujung tulang yang satu menggeser ujung tulang yang lain.
Contoh: sendi pada ruas tulang belakang.

B. Otot

Otot dapat bergerak karena adanya sel otot. Otot bekerja dengan cara berkontraksi dan relaksasi.

a. Jenis-jenis Otot



1. Otot polos

- selnya berbentuk gelondong dan nukleus ada satu di tengah sel.
- Gerakan ototnya lambat dan tidak cepat lelah.
- Bekerja secara tidak sadar (*involunter*).
- Terdapat pada bagian organ dalam tubuh.

2. Otot lurik

- Selnya berbentuk silindris dengan garis gelap terang.
- Nukleus banyak dan terletak di tepi.
- Bekerja secara sadar (*volunteer*).
- Gerakannya cepat dan mudah lelah.
- Melekat pada rangka.

3. Otot jantung

- Selnya berbentuk silindris, dengan percabangan (*insitium*).
- Nukleus satu dan terletak di tengah.
- Bekerja secara tidak sadar (*involunter*).
- Tidak mudah lelah.
- Terdapat pada organ jantung.

b. Karakteristik Otot

1. *Kontraksibilitas* g kemampuan memendek (berkontraksi).
2. *Ekstensibilitas* g kemampuan memanjang (berelaksasi).
3. *Elastisitas* g kemampuan untuk kembali pada ukuran semula setelah memendek atau memanjang.

c. Macam Gerak Otot

1. Antagonis (berlawanan)

- **Ekstensor - fleksor** : meluruskan - membengkokkan

- **Abduktor - adduktor** : menjauhkan dari badan - mendekatkan ke badan
- **Depressor - elevator** : menurunkan - menaikkan
- **Supinator - pronator** : menengadahkan tangan - menelungkupkan tangan

2. Sinergis (bersamaan)

Contoh: pada otot punggung dan leher.

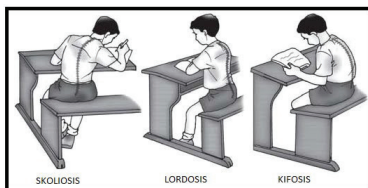
C. Kelainan dan Gangguan pada Sistem Gerak

a. Gangguan pada Rangka

1. Persendian

- **Dislokasi**
Dislokasi merupakan gangguan pergeseran sendi dari kedudukan semula karena tulang ligamennya tertarik atau sobek.
- **Terkilir**
Tertariknya ligamen sendi yang disebabkan oleh gerakan yang tiba-tiba.
- **Ankilosis**
Persendian tidak dapat digerakkan lagi karena tulangnya menyatu.
- **Arthritis (infeksi sendi)**
Gangguan sendi yang ditandai terjadinya peradangan sendi yang disertai timbulnya rasa sakit.

2. Gangguan ruas tulang belakang



• Skoliosis

Kelainan dimana tulang belakang yang melengkung ke samping.

• Kifosis

Kelainan pada tulang belakang, yaitu terlalu melengkung ke belakang.

• Lordosis

Kelainan tulang belakang yang melengkung ke depan.

3. Defisiensi dan Gangguan Fisiologi

• Rakitis

Gangguan pada tulang kaki yang membengkok seperti huruf X atau O karena kekurangan vitamin D.

• Mikrosefalus

Merupakan penyakit dimana ukuran tengkorak kepala lebih kecil dibanding dengan ukuran normal.

• Osteoporosis

Tulang-tulang kurang keras, rapuh, keropos, dan mudah patah.

b. Gangguan pada Otot

1. **Atrofi**, yaitu keadaan dimana otot mengecil sehingga menghilangkan kemampuannya untuk berkontraksi.
2. **Hipertrofi**, yaitu keadaan otot menjadi lebih besar dan kuat karena sering dilatih secara berlebihan.
3. **Tetanus (kejang otot)**, merupakan gangguan otot berupa kontraksi terus-menerus yang disebabkan oleh bakteri.
4. **Myasthenia gravis**, yaitu melemahnya otot secara berangsur-angsur hingga menyebabkan kelumpuhan.
5. **Distrofi otot**, merupakan penyakit otot kronis sejak anak-anak.

Bab 13

Sistem Peredaran Darah

A. Darah

a. Fungsi Darah

1. Mengangkut sari makanan, air, dan oksigen ke seluruh tubuh.
2. Mengangkut CO₂ dan zat sisa hasil metabolisme menuju organ ekskresi.
3. Mengatur keseimbangan asam dan basa agar terhindar dari kerusakan jaringan.
4. Sel darah putih berperan dalam mempertahankan tubuh dari infeksi kuman penyakit.
5. Menjaga stabilitas suhu tubuh.
6. Mengedarkan hormon dari kelenjar endokrin ke bagian tubuh tertentu.

b. Komponen Darah

1. Sel-sel darah

Sel darah manusia terdiri atas tiga jenis, yaitu:

• Sel darah merah (*eritrosit*)

- Sel berbentuk bulat pipih, bikonkaf, tidak berinti, dan mengandung hemoglobin (pigmen merah pada darah).
- Hemoglobin merupakan protein yang mengandung heme (mengandung zat besi) dan globin, serta memiliki daya ikat tinggi terhadap oksigen.
- Sel darah merah berjumlah 4–5 juta sel/mL darah dan hanya berumur sekitar 120 hari, setelah itu dirombak di dalam hati/lever.

• Sel darah putih (*leukosit*)

- Sel tidak berwarna (bening), bentuk *ameboid* (tidak tetap), berinti, dan

berukuran lebih besar dibandingkan dengan sel darah merah.

- Jumlah leukosit dalam tubuh lebih sedikit dibanding eritrosit, yaitu 5.000–10.000 sel tiap 1 mm³ darah pada orang dewasa.
- Berperan utama dalam pertahanan tubuh (antibodi) dengan sifatnya sebagai *fagosit*.
- Sel darah putih ada dua jenis, yaitu:
 - ✓ **Granulosit** (plasma bergranular), yaitu eosinofil, basofil, dan netrofil.
 - ✓ **Agranulosit** (plasma tidak bergranular), yaitu limfosit dan monosit.

• Keping darah (*trombosit*)

- Memiliki bentuk yang tidak teratur, tidak berinti, dan berdiameter sekitar 2–4 mm.
- Trombosit hanya berumur 8 hari dan setiap 1 mm³ darah mengandung trombosit sekitar 150.000–400.000 keping.
- Berperan penting dalam proses pembekuan darah dengan mengeluarkan enzim trombokinase saat terjadi luka.

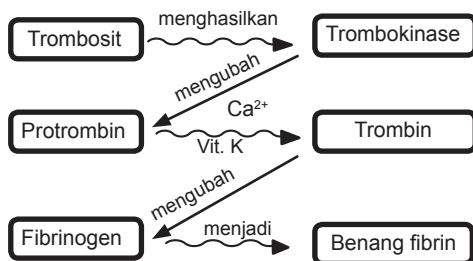
2. Plasma darah

- Merupakan cairan darah berwarna kekuningan yang mengandung 90% air, 8% protein, dan 0,9% mineral, oksigen, enzim, dan antigen.

- Berperan dalam proses pegangkutan sari makanan ke seluruh tubuh dan mengangkut zat sisa metabolisme dari sel-sel tubuh menuju organ ekskresi.
- Memiliki protein plasma yang terdiri atas:
 - **Albumin** (menjaga osmotik darah).
 - **Globulin** (zat antibodi).
 - **Fibrinogen** (pembekuan darah).

c. Mekanisme Pembekuan Darah

- Saat kulit terluka dan mengeluarkan darah, trombosit ikut keluar bersama darah, kemudian pecah akibat menyentuh permukaan luka yang kasar.
- Pecahnya trombosit menyebabkan keluarnya enzim trombokinase yang dapat mengubah protrombin menjadi trombin dengan bantuan ion Ca^{2+} dan vitamin K.
- Trombin yang terbentuk akan merangsang fibrinogen untuk membuat benang-benang fibrin. Benang fibrin inilah yang segera membentuk anyaman untuk menutup luka sehingga darah membeku (tidak keluar). Adapun skemanya, yaitu:



d. Golongan Darah Manusia

- Penggolongan darah manusia sistem ABO (Karl Landstainer 1868—1943) didasarkan pada ada tidaknya zat aglutinogen dan aglutinin.
- Aglutinogen adalah protein yang terkandung dalam eritrosit.
- Aglutinin merupakan zat antibodi yang terkandung dalam plasma darah dan dapat menggumpalkan aglutinogen.

- Aglutinogen dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. **Aglutinogen A**, memiliki enzim glikosil transferase yang mengandung glikosilasetilglukosamin pada rangka glikoproteinnya.
2. **Aglutinogen B**, memiliki enzim galaktosa pada rangka glikoproteinnya.

Tabel Golongan Darah Manusia

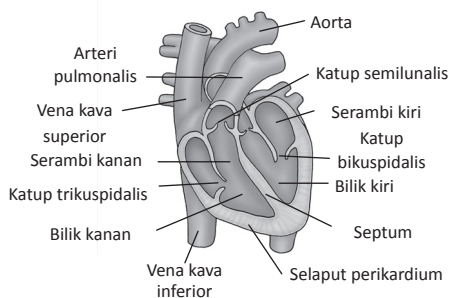
No	Golongan Darah	Aglutinogen	Aglutinin
1.	A	A	b
2.	B	B	a
3.	AB	A dan B	-
4.	O	-	a dan b

- Berdasarkan ada tidaknya faktor Rh (sistem rhesus), golongan darah dibedakan menjadi dua, yaitu:
 1. Golongan darah Rh^+ , yaitu jika di dalam eritrosit terdapat aglutinogen rhesus.
 2. Golongan darah Rh^- , yaitu jika di dalam eritrosit tidak ditemukan aglutinogen rhesus.
- Seseorang yang bergolongan darah Rh^+ tidak boleh menjadi donor pada seseorang dengan golongan darah Rh^- karena akan terjadi penggumpalan darah.
- Golongan darah O merupakan *donor universal* (dapat mentransfusikan darahnya kepada semua golongan darah).
- Golongan darah AB disebut sebagai *resipien universal* (dapat menerima transfusi dari semua golongan darah).
- Pada proses transfusi darah, golongan darah donor harus sama dengan golongan darah resipien sehingga tidak terjadi penggumpalan darah yang menyebabkan kematian bagi resipien.

B. Alat Peredaran Darah

a. Jantung

- Jantung merupakan organ yang terletak di dalam rongga *mediastinum* dari rongga dada sebelah kiri.
- Jantung berfungsi sebagai alat pemompa darah ke seluruh bagian tubuh.
- Lapisan-lapisan jantung dari luar ke dalam, yaitu:
 1. *Perikardium*, merupakan selaput pembungkus jantung paling luar.
 2. *Miokardium*, merupakan selaput paling tebal dan tersusun atas otot jantung.
 3. *Endokardium*, merupakan selaput yang melapisi ruang-ruang jantung.



Penampang Jantung Manusia

Sumber: Dokumen penerbit

- Jantung manusia terdiri atas empat ruang, yaitu:
 1. **Serambi kanan (*atrium dextrum*)**, yaitu tempat masuknya darah yang mengandung gas CO_2 dari seluruh tubuh.
 2. **Serambi kiri (*atrium sinistrum*)**, yaitu ruang sebagai tempat masuknya darah dari paru-paru yang kaya akan gas O_2 .
 3. **Bilik kanan (*ventrikel dexter*)**, yaitu tempat masuknya darah yang kaya akan gas CO_2 dari atrium kanan, selanjutnya akan diedarkan menuju paru-paru melalui pembuluh arteri pulmonalis.

4. **Bilik kiri (*ventrikel sinister*)**, memiliki otot 3—4 kali lebih tebal dari bilik kanan, berfungsi untuk memompakan darah yang kaya O_2 menuju seluruh bagian tubuh.

- Sebagai pemisah ruang pada jantung, terdapat katup yang berfungsi untuk mengatur aliran darah agar tetap searah dan terbagi menjadi tiga, yaitu:

1. **Valvula trikuspidalis dan valvula mitral** yang terdapat di antara serambi kanan dan bilik kanan.
2. **Valvula bikuspidalis**, terdapat di antara serambi kiri dan bilik kiri.
3. **Valvula semilunaris**, yang terdapat pada pangkal nadi besar (aorta).

- Siklus Jantung merupakan periode dari satu siklus penuh kontraksi dan relaksasi. Siklus jantung terbagi dua, yaitu:

1. **Sistole**, yaitu periode kontraksi pada jantung dimana otot bilik menguncup dan darah dipompa ke pembuluh nadi pulmonalis atau ke aorta secara bersamaan.
2. **Diastole**, yaitu fase relaksasi pada jantung dimana serambi jantung menguncup dan darah masuk ke jantung.

- Dalam keadaan normal, tekanan sistole/diastole jantung adalah sebesar 120/90 mmHg.

b. Pembuluh Darah

Menurut fungsinya, terdapat tiga jenis pembuluh darah dalam tubuh, yaitu:

- **Pembuluh nadi (arteri)**

Berfungsi untuk mengalirkan darah keluar dari jantung. Terdiri atas dua jenis, yaitu:

1. **Aorta (nadi besar)**, yaitu pembuluh arteri yang berfungsi untuk mengalirkan darah yang kaya akan O_2 dari jantung menuju seluruh bagian tubuh.
2. **Arteri pulmonalis**, yaitu pembuluh arteri yang berperan dalam mengalirkan

darah yang mengandung CO_2 dari bilik kanan menuju paru-paru.

- **Pembuluh balik (vena)**

Berfungsi untuk mengalirkan darah menuju jantung. Pembuluh vena ada dua, yaitu:

1. **Vena pulmonalis**, yaitu pembuluh vena yang berfungsi untuk mengalirkan darah yang mengandung O_2 dari paru-paru menuju jantung (serambi kiri).
2. **Vena cava superior**, yaitu pembuluh vena yang berfungsi untuk mengalirkan darah dari tubuh bagian atas menuju jantung.
3. **Vena cava inferior**, yaitu pembuluh vena yang membawa darah dari tubuh bagian bawah menuju jantung.

- **Pembuluh kapiler**

Pembuluh kapiler bercirikan dinding sel yang tipis, halus, dan langsung berhubungan dengan sel-sel pada jaringan tubuh.

Tabel Perbedaan Pembuluh Arteri dan Vena

Sifat	Arteri	Vena
Dinding pembuluh	Tebal, kuat, elastis	Tipis, tidak elastis
Aliran darah	Meninggalkan jantung	Menuju jantung
Letak	Tersembunyi	Banyak di sepanjang pembuluh
Katup	Hanya satu, pada pangkal aorta	Beberapa katup di sepanjang pembuluh
Denyut	Terasa	Tidak terasa
Jika terluka	Darah memancar	Darah menetes
Penyebab gerakan darah	Kontraksi otot jantung	Kontraksi otot rangka

C. Sistem Peredaran Darah Manusia

- Sistem peredaran darah manusia merupakan peredaran darah tertutup dan ganda, dimana darah mengalir ke seluruh tubuh melalui pembuluh darah.

- Berdasarkan jalurnya, peredaran darah manusia dibagi menjadi dua, yaitu:

1. **Peredaran darah kecil (pendek)**

Bilik kanan jantung → arteri pulmonalis
→ paru-paru → vena pulmonalis
→ jantung serambi kiri → jantung bilik kiri

2. **Peredaran darah besar (panjang)**

Bilik kiri jantung → aorta → arteri (pembuluh nadi) → tubuh → vena → serambi kanan → bilik kanan

Sehingga peredaran darah manusia secara keseluruhan, yaitu:

Darah dari paru-paru → masuk ke serambi kiri → diteruskan ke bilik kiri → dipompa keluar jantung → menuju ke seluruh tubuh → darah dari seluruh tubuh (kaya CO_2) → masuk ke serambi kanan → bilik kanan → menuju ke paru-paru

D. Sistem Peredaran Getah Bening

- Getah bening (limfa) merupakan cairan berwarna kekuningan yang mengisi rongga antarsel tubuh dan mengandung sel darah putih, trombosit, serta fibrinogen.
- Fungsi dari pembuluh limfa, yaitu:
 1. Sebagai penghasil zat antibodi.
 2. Membunuh kuman penyakit.
 3. Pengangkut cairan dan protein dari jaringan tubuh ke dalam darah.
 4. Pengangkut emulsi lemak dari usus ke dalam darah.
- Pembuluh limfa terbagi menjadi dua, yaitu:
 1. **Pembuluh limfa kanan**, terletak pada pembuluh vena di bawah tulang selangka kanan dan berfungsi sebagai penerima cairan dari kepala, leher, dada, jantung, paru-paru, dan lengan atas.

2. **Pembuluh limfa kiri**, terletak pada pembuluh vena di bagian bawah tulang selangka kiri dan berperan dalam menerima cairan dari bagian tubuh selain yang masuk ke pembuluh limfa kanan.

E. Gangguan pada Sistem Peredaran Darah Manusia

1. **Hemofilia**
Penyakit darah sukar membeku saat luka dan termasuk penyakit keturunan. Umumnya, diderita oleh laki-laki, namun gen ini dibawa oleh perempuan.
2. **Anemia**
Penyakit kekurangan sel darah merah yang menyebabkan kemampuan darah dalam mengangkut O_2 rendah.
3. **Leukimia (Kanker Darah)**
Penyakit yang disebabkan oleh pembelahan leukosit yang tidak terkendali sehingga dapat memakan eritrosit, trombosit, bahkan sesama leukosit.
4. **Talasemia**
Penyakit keturunan yang ditandai dengan adanya sel darah merah abnormal yang tidak bisa mensintesis zat pembentuk hemoglobin.
5. **Hipertensi**
Penyakit tekanan darah tinggi yang disebabkan karena berkurangnya suplai darah ke otot jantung.
6. **Hipotensi**
Penyakit gejala tekanan darah rendah dan dapat menyebabkan penderitanya pusing hingga pingsan.
7. **Varises**
Gejala pelebaran pembuluh vena di permukaan kulit yang disebabkan oleh dinding permukaan vena yang melemah hingga kehilangan kelenturannya.
8. **Sklerosis**
Penyakit yang ditandai adanya pengerasan pada pembuluh nadi yang disebabkan oleh endapan senyawa lemak ataupun kapur.

9. Jantung Koroner

Penyakit yang sifatnya mematikan dan disebabkan oleh tersumbatnya pembuluh darah arteri oleh kolesterol sehingga aliran darah dari dan menuju jantung tidak lancar.

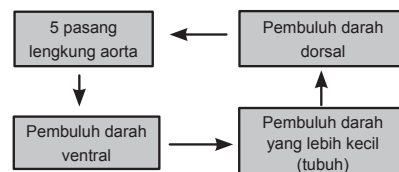
F. Sistem Peredaran Darah Hewan

Sistem peredaran darah hewan terbagi menjadi dua jenis, yaitu:

1. **Sistem peredaran darah terbuka**, yaitu peredaran darah dan cairan tubuh lainnya tidak selalu melalui pembuluh darah sehingga antara darah dengan cairan yang mengisi ruang antarsel tidak dapat dibedakan.
Contoh: belalang dan serangga lainnya.
2. **Sistem peredaran darah tertutup**, yaitu darah mengalir ke seluruh tubuh melalui pembuluh-pembuluh darah.
Contoh: umumnya pada hewan vertebrata, seperti ikan, reptilia, amfibia, dan mamalia.

a. Sistem Peredaran Darah Hewan Invertebrata

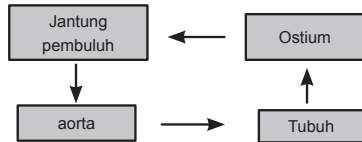
1. **Annelida**
 - Peredaran darah pada cacing termasuk peredaran darah tertutup.
 - Pompa penggerak berupa lima pasang lengkung aorta yang berfungsi sebagai jantung.
 - Aliran darahnya, yaitu:



2. Arthropoda

- Peredaran darah pada hewan jenis arthropoda merupakan jenis peredaran darah terbuka (terjadi di luar pembuluh darah).

- Pada kelas *insecta* darah tidak mengandung hemosianin sehingga tidak dapat mengangkut O_2 (contohnya pada belalang). Namun, tidak bagi kelas *crustaceae*.
- Aliran darahnya, yaitu:



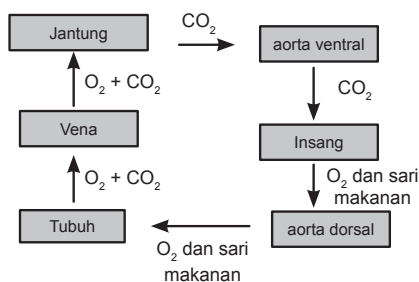
3. Molusca

- Pada kelas *gastropoda* dan *pelecypoda* memiliki sistem peredaran darah terbuka, sedangkan pada *chepalopoda* sistem peredaran darahnya tertutup.
- Darah mengandung hemosianin sehingga dapat mengangkut gas O_2 .

b. Sistem Peredaran Darah Hewan Vertebrata

1. Pisces (ikan)

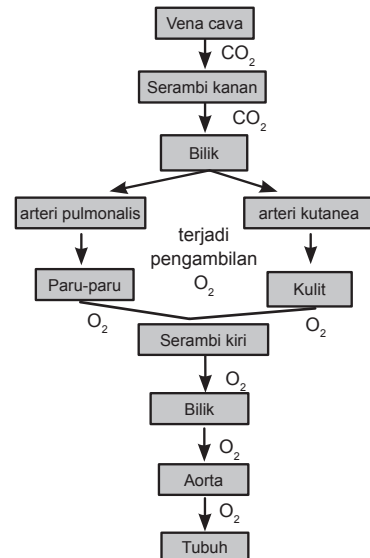
- Ikan memiliki sistem peredaran darah tertutup dan tunggal (darah melewati jantung satu kali dalam peredarannya).
- Jantung pada ikan terdapat dua ruang, yaitu satu serambi dan satu bilik.
- Aliran darah pada tubuh ikan, yaitu:



2. Amfibi

- Sistem peredaran darah tertutup dan ganda (dalam satu kali siklus peredaran, darah dua kali melewati jantung).
- Jantung terdiri atas tiga ruang, yaitu serambi (atrium) kanan, serambi kiri, dan bilik (ventrikel).

- Antara serambi kanan dan kiri terdapat katup untuk mencegah bercampurnya darah.
- Skema aliran darahnya, yaitu:



3. Reptilia

- Sistem peredaran darah tertutup dan ganda.
- Jantung terdiri atas empat, yaitu bilik kanan, bilik kiri, serambi kanan, dan serambi kiri.
- Sekat antara bilik kiri dan kanan belum sempurna sehingga terdapat lubang (*Foramen panizzae*) sebagai pendistribusi O_2 ke alat pencernaan serta menjaga keseimbangan tekanan cairan dalam jantung saat menyelam.

4. Aves dan Mamalia

- Sistem peredaran darah tertutup dan ganda.
- Jantung terdiri atas empat ruang (dua bilik dan dua serambi) dengan sekat antarruang yang sudah sempurna.

Bab 14

Sistem Pencernaan Makanan

A. Sistem Pencernaan Manusia

Sistem pencernaan merupakan proses pengubahan makanan menjadi zat-zat sederhana sehingga dapat diserap dan berguna dalam proses metabolisme tubuh.

Berdasarkan prosesnya, pencernaan manusia dibagi menjadi dua, yaitu:

1. **Pencernaan mekanis**, yaitu pengubahan ukuran makanan menjadi lebih halus sehingga mudah dicerna lebih lanjut.
2. **Pencernaan kimiawi**, yaitu pengubahan zat makanan menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan bantuan enzim pencernaan.

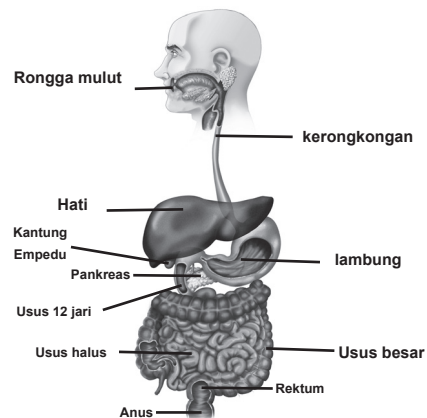
Contoh: pencernaan makanan di mulut.
Contoh: dalam usus terjadi pengubahan lemak menjadi asam lemak dan gliserol oleh enzim lipase.

Sistem pencernaan manusia terdiri atas:

1. **Saluran pencernaan**, yaitu mulut, kerongkongan, lambung, usus halus, usus besar, anus, dan anus.
2. **Kelenjar pencernaan**, yaitu organ pencernaan yang dapat menghasilkan enzim pencernaan.

Urutan saluran pencernaan, yaitu:

Mulut → kerongkongan → lambung → usus halus → usus besar → anus

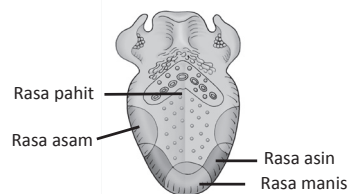


Sistem Pencernaan Manusia

a. Organ Pencernaan Makanan

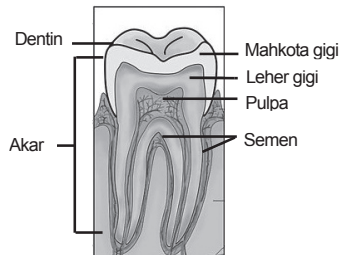
1. Mulut

- Di dalam mulut terjadi pencernaan makanan secara mekanik oleh gigi dan secara kimiawi oleh enzim ptialin.
- Organ-organ pencernaan yang terdapat di dalam mulut, yaitu:
 - ✓ **Lidah**, berfungsi untuk mengatur letak makanan di dalam mulut, mendorong makanan, dan mengecap rasa pada makanan.



Lidah sebagai Organ Pengecap

✓ **Gigi**



Bagian-bagian Gigi

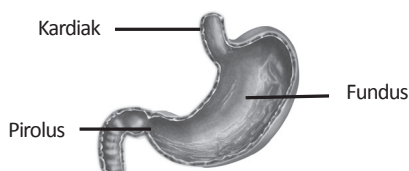
<http://shehae.blogspot.com>

- Gigi terdiri atas tiga bagian, yaitu mahkota gigi (*korona*), leher gigi (*korum*), dan akar gigi (*radius*).
- Berdasarkan fungsinya, gigi terbagi menjadi tiga macam, yaitu gigi seri (*insisivus*) untuk memotong makanan, gigi taring (*kaninus*) untuk mengoyak makanan, dan gigi geraham untuk menghaluskan makanan.
- Gigi pada anak-anak berjumlah 20 buah, sedangkan gigi orang dewasa berjumlah 32 buah.
- ✓ **Air liur**, berfungsi membasahi makanan, mencegah kekeringan mulut, serta membunuh mikroba penyebab penyakit.

2. Kerongkongan (esofagus)

- Kerongkongan merupakan saluran penghubung rongga mulut dengan lambung yang memiliki panjang sekitar 20 cm dan lebar 2 cm.
- Di dalam kerongkongan terjadi gerakan *peristaltik*, yakni gerakan mendorong makanan menuju lambung oleh otot-otot dinding kerongkongan.

3. Lambung (ventrikulus)



Bagian-bagian Lambung

- Lambung terdiri atas tiga bagian, yaitu:
 - ✓ Kardiak (dekat esofagus)
 - ✓ Fundus (lambung bagian tengah)
 - ✓ Piorus (dekat duodenum)
- Lambung menghasilkan getah lambung yang bersifat asam sehingga tidak ada bakteri penyakit yang mampu bertahan hidup.
- Makanan yang masuk dan dicerna di dalam lambung diubah menjadi bubur atau disebut *kim*.

4. Usus halus (intestinum)

Terdiri atas tiga bagian, yaitu:

- **Usus dua belas jari (duodenum)**, terletak paling dekat dengan lambung dan bermuara di dua saluran, yaitu pankreas dan kantung empedu.
- **Usus kosong (jejenum)**, di dalamnya terjadi proses pencernaan makanan secara kimiawi dengan enzim yang dihasilkan oleh dinding usus.
- **Usus penyerapan (ileum)**, dindingnya dilapisi oleh tonjolan-tonjolan mikroskopis (*vili*) untuk menyerap sari-sari makanan dan diedarkan bersama darah ke seluruh tubuh. Pada *ileum* terdapat dua pembuluh, yaitu pembuluh kapiler dan pembuluh *kil* (cairan getah bening).

5. Usus besar (kolon)

- Merupakan kelanjutan dari usus halus yang terdiri atas tiga bagian, yaitu:
 - ✓ *Ascenden* (kolon bagian naik)
 - ✓ *Transenden* (kolon bagian datar)
 - ✓ *Desenden* (kolon bagian menurun)
- Ada dua proses yang terjadi di dalam kolon, yakni:
 - ✓ Pembusukan makanan menjadi feses oleh bakteri *E. coli*.
 - ✓ Pengaturan kadar air pada feses. Sebelum feses dikeluarkan oleh anus, terjadi pengaturan kadar air yang bertujuan agar feses lebih mudah dikeluarkan.

6. Anus

Anus merupakan lubang tempat keluarnya kotoran (feses) setelah sebelumnya ditampung sementara di dalam rektum (bagian akhir dari proses pencernaan).

b. Kelenjar Pencernaan

Beberapa organ pencernaan dalam tubuh dapat memproduksi enzim pencernaan, antara lain terdapat dalam tabel berikut.

Enzim yang Membantu Proses Pencernaan

Organ	Enzim	Fungsi
Rongga mulut	Pتيالين/amilase	Memecah amilum menjadi maltosa
Lambung	HCl (asam lambung)	Mengaktifkan enzim dan membunuh kuman
	Pepsin	Memecah protein menjadi pepton
Lambung	Renin	Mengubah protein susu menjadi kasein
	Lipase gastrik	Memecah lemak menjadi asam lemak dan gliserol
Pankreas	Amilase	Memecah amilum jadi glukosa
	Tripsin	Memutuskan ikatan peptida
	Lipase	Memecah lemak menjadi asam lemak dan gliserol
	Peptidase	Memecah ikatan peptida menjadi asam amino
Usus halus	Erepsin	Memecah ikatan protein menjadi asam amino
	Enzim enterokinase	Mengaktifkan tripsinogen menjadi tripsin
	Enzim lipase	Memecah lemak menjadi asam lemak dan gliserol

c. Gangguan Sistem Pencernaan Manusia

1. **Gastritis**, yaitu gangguan yang disebabkan oleh radang akut pada dinding lambung yang disebabkan karena makanan kotor atau kelebihan HCl dalam lambung.
2. **Hepatitis**, yaitu penyakit yang disebabkan virus yang menyerang hati.
3. **Kolitis**, yaitu penyakit pada sistem pencernaan akibat peradangan usus besar.

4. **Apendisitis**, yakni peradangan pada umbai cacing (usus buntu) dan hanya dapat disembuhkan melalui operasi.

5. **Xerostomia**, yaitu gangguan pada rongga mulut dimana produksi air liur menurun sehingga mulut terasa kering.

6. **Diare**, yaitu penyakit yang disebabkan oleh infeksi mikroorganisme yang mengganggu flora normal pada kolon, sehingga feses menjadi cepat keluar.

7. **Sembelit**, yaitu susah buang air besar karena air yang diserap kolon berlebihan.

B. Zat Makanan dan Fungsinya

a. Karbohidrat

Karbohidrat merupakan zat makronutrien dalam makanan yang tersusun atas unsur C (karbon), H (hidrogen), dan O (oksigen).

Berdasarkan jumlah gugus gula, karbohidrat digolongkan menjadi tiga, yaitu:

1. **Monosakarida**, yaitu karbohidrat yang memiliki satu gugus gula.
Contoh: glukosa, fruktosa, dan galaktosa.
2. **Disakarida**, yaitu gula majemuk yang terusun atas dua gugus gula.
Contoh: sukrosa (glukosa dan fruktosa), maltosa (dua molekul glukosa), dan laktosa (glukosa dan galaktosa).
3. **Polisakarida**, yaitu gula majemuk yang memiliki lebih dari dua gugus gula.
Contoh: amilum, glikogen, selulosa.

Fungsi karbohidrat, yaitu:

1. Sebagai sumber energi utama bagi tubuh.
2. Menjaga keseimbangan asam dan basa dalam tubuh.
3. Berperan dalam pembentukan protein dan lemak.

4. Berperan dalam proses metabolisme tubuh.

Catatan: Memiliki nilai kandungan kalori 1 gram = 4,1 kalori.

b. Lemak (Lipid)

Berdasarkan asalnya, lemak dibedakan menjadi dua, yaitu **lemak nabati** (berasal dari tumbuhan) dan **lemak hewani** (dari hewan).

Memiliki nilai kandungan kalori 1 gram = 9,3 kalori. Meskipun nilai kalori lemak lebih tinggi dibandingkan dengan karbohidrat, namun proses pencernaan lemak lebih lama sehingga yang menjadi sumber energi utama tubuh adalah karbohidrat.

Fungsi lemak dalam tubuh, yaitu:

1. Sebagai sumber energi terbesar (berkalori tinggi).
2. Penyusun membran sel.
3. Sebagai pelarut vitamin (A, D, E, dan K) dan zat-zat lain.
4. Sebagai pelindung tubuh dari suhu rendah.
5. Sebagai bantalan lemak dan pelindung organ tubuh bagian dalam seperti jantung dan lambung.

c. Protein

Merupakan senyawa organik kompleks yang tersusun atas asam amino dengan unsur C, H, O, dan terkadang mengandung unsur S (belerang) dan P (fosfor). Kandungan kalori protein bernilai 1 gram = 4,1 kalori.

Jenis protein ada dua macam, yaitu:

1. **Protein nabati**, diperoleh dari biji-bijian, kacang-kacangan, dan sayuran.
2. **Protein hewani**, berasal dari ikan, susu, daging, telur, dan lain-lain.

Berdasarkan cara pembuatannya, asam amino pembentuk protein terbagi menjadi dua, yaitu:

1. **Asam amino esensial**, yaitu asam amino yang tidak dapat disintesis oleh tubuh sehingga dapat terpenuhi dari asupan makanan.

Contoh: isoleusin, leusin, lisin, metionin, valin, treonin, fenilalanin, triptofan, histidin, dan arginin.

2. **Asam amino non-esensial**, yaitu jenis asam amino yang dapat disintesis oleh tubuh.

Contoh: alanin, asparagin, asam aspartat, sistin, asam glutamat, sistein, glisin, glutamin, serin, prolin, dan tirosin.

d. Vitamin

Merupakan senyawa organik kompleks yang berguna bagi tubuh dalam jumlah kecil (mikronutrien).

Berdasarkan sifatnya, vitamin terbagi dua, yaitu:

1. Vitamin yang terlarut dalam air (vitamin B dan C)
2. Vitamin yang larut dalam lemak (vitamin A, D, E, dan K).

e. Mineral

Merupakan ion-ion yang berfungsi untuk menjaga keseimbangan asam-basa dalam tubuh dan pembentuk struktur tubuh.

Jenis mineral terbagi dua, yaitu:

1. **Makroelemen**, yaitu mineral yang dibutuhkan dalam jumlah banyak.
Contoh: kalsium, natrium, magnesium, fosfor, klor, dan belerang.
2. **Mikroelemen**, yaitu mineral yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah sedikit, namun defisiensinya dapat mengakibatkan proses metabolisme terganggu.
Contoh: besi, yodium, mangan, tembaga, dan kromium.

f. Air

Memiliki banyak fungsi bagi tubuh, yaitu:

1. Sebagai pelarut makanan dan vitamin.

2. Menjaga tekanan osmotik di dalam sel.
3. Mengangkut makanan ke seluruh jaringan tubuh.
4. Mengangkut sisa metabolisme dari seluruh tubuh menuju organ pembuangan.

C. Sistem Pencernaan Hewan

a. Sistem Pencernaan Hewan Ruminansia

- Sistem pencernaan pada hewan ruminansia agak berbeda karena faktor makanan berupa tumbuhan yang mengandung selulosa (sulit dicerna).
- Lambung pada hewan ruminansia dibedakan menjadi empat macam, yaitu:
 1. **Rumen (perut besar)**, di dalamnya terjadi proses fermentasi mikroorganisme selulolitik.
 2. **Retikulum (perut jala)**, yaitu lambung sebagai tempat dibentuknya makanan menjadi gumpalan kasar (bolus).
 3. **Omasum (perut kitab)**, dalam bagian ini terjadi pengadukan makanan secara mekanik.
 4. **Abomasum (perut masam)**, di dalamnya terdapat getah lambung untuk mencerna makanan secara kimiawi, kemudian menuju usus.

- Usus hewan ruminansia lebih panjang dari pada hewan lain karena fermentasi selulosa yang dilakukan bakteri dan protozoa di dalam usus agak lama.
- Perjalanan makanan pada sistem pencernaan hewan ruminansia, yaitu:

Rumput → mulut → esofagus → rumen
 → retikulum → omasum → abomasum →
 usus halus → usus besar → rektum → anus

b. Sistem Pencernaan Burung Pemakan Biji

Sistem pencernaan burung pemakan biji terdiri atas mulut, kerongkongan (esofagus), lambung, usus, dan kloaka.

Lambung pada burung pemakan biji dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. **Proventrikulus** (lambung kelenjar).
2. **Empedal** (untuk mencerna biji-bijian).

Sistem Pernapasan

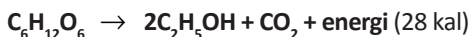
A. Sistem Pernapasan Manusia

- Pernapasan (respirasi) adalah proses pengambilan gas O_2 dan pengeluaran sisa oksidasi berupa gas CO_2 dan uap air melalui alat pernapasan.
- Respirasi dapat berlangsung dengan dua cara, yaitu:

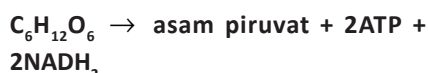
- Respirasi aerob**, yaitu proses respirasi dengan menggunakan gas O_2 bebas dan menghasilkan energi sekitar 675 kalori. Reaksi umumnya, yaitu:



- Respirasi anaerob**, yaitu proses pemecahan molekul yang terjadi tanpa menggunakan gas O_2 . Umumnya terjadi pada organisme tingkat rendah, yaitu pada ragi dan bakteri. Reaksinya, yaitu:



- Dalam respirasi, terjadi tiga tahap, yaitu:
 - Glikolisis**, yaitu proses pengubahan glukosa menjadi asam piruvat yang terjadi di dalam sitoplasma dan bersifat anaerob. Asam piruvat kemudian diubah menjadi asetil KoA di dalam mitokondria. Reaksinya, yaitu:

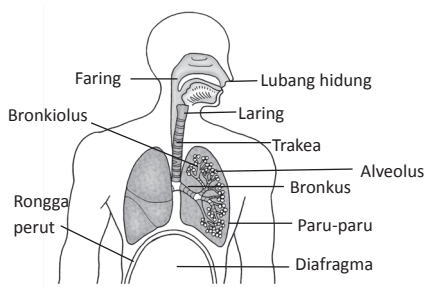


- Siklus krebs**, merupakan serangkaian siklus yang mengubah asetil KoA menjadi CO_2 melalui proses oksidasi.
- Transpor elektron**, yang terjadi di dalam mitokondria. Reaksi yang menghasilkan energi berupa ATP ini melibatkan sistem elektron pembawa dengan hasil akhirnya berupa H_2O . Reaksinya, yaitu:



- Pernapasan pada manusia ada 2 proses, yaitu:
 - Inspirasi**, yaitu pernapasan dimana udara luar masuk ke dalam tubuh melalui alat pernapasan.
 - Ekspirasi**, yaitu pengeluaran udara pernapasan ke luar tubuh melalui alat pernapasan.
- Berdasarkan tempatnya, respirasi terbagi dua, yaitu:
 - Respirasi eksternal**, yaitu proses pertukaran gas (O_2 dan CO_2) dari udara luar masuk ke aliran darah melalui alveolus.
 - Respirasi internal**, yaitu proses pertukaran gas yang terjadi antara aliran darah dan sel-sel tubuh.

a. Alat Pernapasan Manusia



Struktur Alat Pernapasan pada Manusia

1. Rongga hidung

- ✓ Bagian atas dari rongga hidung terdapat daerah olfaktorius yang mengandung sel-sel pembau dan berhubungan langsung dengan saraf otak pertama (*nervus olfaktorius*).
- ✓ Pada rongga hidung terdapat kelenjar mukus dan rambut hidung yang berfungsi untuk menyaring udara yang masuk ke rongga hidung.
- ✓ Kelenjar mukus menghasilkan lapisan lendir yang berfungsi menangkap kotoran halus agar udara yang masuk ke tenggorokan menjadi lebih bersih.
- ✓ Fungsi rongga hidung, yaitu:
 - Untuk menghangatkan dan melembapkan udara pernapasan.
 - Penyaring udara melalui rambut halus dan lendir di dalam hidung.
 - Sebagai indra penciuman.

2. Faring

- ✓ Faring merupakan persimpangan antara saluran pernapasan (tenggorokan) dan saluran pencernaan (kerongkongan).
- ✓ Faring berfungsi meneruskan udara yang masuk menuju pangkal tenggorokan.

3. Laring

- ✓ Laring merupakan daerah pangkal tenggorokan, berfungsi sebagai tempat melekatnya selaput atau pita suara.

- ✓ Laring tersusun atas beberapa tulang rawan, yaitu tulang rawan *epiglotis*, tulang rawan *tiroid*, tulang rawan *krikoid*, tulang rawan *aritenoid*, tulang rawan *kuneiformis*, dan tulang rawan *kornokulatum*.
- ✓ Pada laring terdapat katup epiglotis yang otomatis tertutup saat menelan makanan sehingga tidak masuk ke saluran pernapasan.
- ✓ Laringitis (infeksi laring) terjadi bila udara kotor masuk. Gejala yang lebih parah menyebabkan pembengkakan pita suara hingga suara menjadi serak.

4. Trakea (tenggorokan)

- ✓ Trakea terletak di depan kerongkongan dan tersusun atas tulang rawan berbentuk cincin sepanjang 10 cm.
- ✓ Dinding trakea terdiri atas jaringan ikat dan memiliki otot polos.
- ✓ Dinding bagian dalam trakea dilapisi oleh jaringan epitel berambut (bersilia), yang berfungsi menahan dan mengeluarkan kotoran yang masuk dan dikeluarkan melalui bersin.

5. Bronkus

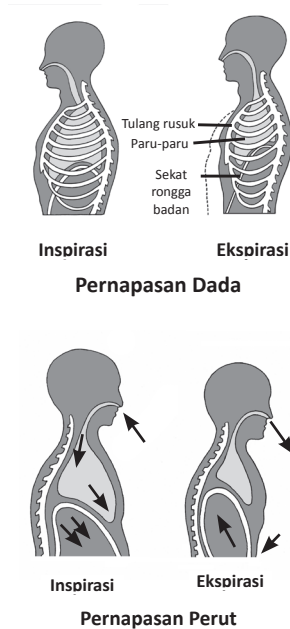
- ✓ Tersusun atas percabangan kanan dan kiri dengan letak bronkus kanan lebih vertikal. Hal ini memungkinkan bronkus kanan lebih mudah terserang penyakit bronkitis.
- ✓ Percabangan bronkus sebanyak 20—25 cabang membentuk *bronkiolus*.

6. Paru-paru (*pulmo*)

- ✓ Organ paru-paru terletak di dalam rongga dada dan tersusun atas dua bagian, yaitu bagian kiri dan kanan
- ✓ Paru-paru kanan lebih besar (berat sekitar 620 gram) dibandingkan dengan paru-paru kiri (berat sekitar 560 gram) karena memiliki tiga bronkiolus.

- ✓ Bronkiolus pada paru-paru memiliki gelembung udara bernama *alveolus* yang menjadi tempat pertukaran gas O_2 dan CO_2 secara difusi.
- ✓ Paru-paru dibungkus oleh selaput *pleura* dan di antara keduanya terdapat cairan limfa.

b. Mekanisme Pernapasan Manusia



1. Pernapasan dada

- ✓ **Proses inspirasi:**
Otot antartulang rusuk berkontraksi → tulang rusuk dan tulang dada terangkat → rongga dada mengembang → udara masuk ke paru-paru.
- ✓ **Proses ekspirasi:**
Otot antartulang rusuk berelaksasi → tulang rusuk dan tulang dada menurun → rongga dada mengecil → udara keluar dari paru-paru.

2. Pernapasan perut (diafragma)

- ✓ **Proses inspirasi:**
Otot diafragma berkontraksi → diafragma mendatar → rongga dada dan paru-paru mengembang → udara masuk ke paru-paru.

✓ Proses ekspirasi:

Otot diafragma berelaksasi → diafragma melengkung ke atas → rongga dada dan paru-paru mengecil → udara keluar dari paru-paru.

c. Volume Udara dan Kapasitas Udara Pernapasan

- Besarnya volume udara pernapasan berbeda-beda, tergantung pada ukuran paru-paru, kemampuan bernapas, dan kondisi kesehatan seseorang.
- Volume udara pada paru-paru terdiri atas:
 1. **Volume tidal ($TV = \text{Tidal Volume}$)**, merupakan volume udara pernapasan pada saat melakukan pernapasan biasa (sekitar 0,5 liter).
 2. **Volume pernapasan simpanan ($IRV = \text{Inspiratory Reserve Volume}$)**, merupakan volume maksimum udara pernapasan yang dapat diambil pada saat menarik napas. IRV disebut juga sebagai udara komplementer (sekitar 1,5 liter).
 3. **Volume udara keluar simpanan ($ERV = \text{Expiratory Reserve Volume}$)**, merupakan volume maksimum udara yang dapat dikeluarkan atau disebut juga sebagai udara suplementer (sekitar 1,5 liter).
 4. **Volume residu ($RV = \text{Residual Volume}$)**, merupakan volume udara tetap yang ada di dalam paru-paru setelah dilakukan pengeluaran napas maksimum (sekitar 1 liter).
- Kapasitas udara pernapasan terbagi 2, yaitu:
 1. **Kapasitas Paru-paru Total ($TLC = \text{Total Lung Capacity}$)**, yaitu kapasitas paru-paru secara total (volume udara di dalam paru-paru setelah tarikan napas maksimum).

2. **Kapasitas Sisa Pernapasan (*FRC* = *Functional Residual Capacity*)**, yaitu jumlah udara yang masih terdapat di dalam paru-paru setelah udara pernapasan normal diembuskan keluar.

d. **Gangguan Sistem Pernapasan**

1. **Asma**, yaitu gangguan sistem pernapasan yang disebabkan adanya penyumbatan saluran pernapasan karena udara kotor, udara dingin, alergi terhadap suatu benda, atau stres.
2. **Emfisema**, yaitu radang pada alveolus, sehingga proses pertukaran gas pernapasan menjadi terganggu.
3. **Kanker paru-paru**, yaitu terjadinya pertumbuhan sel-sel kanker pada paru-paru secara tidak terkendali dan lambat laun dapat menyerang seluruh tubuh.
4. **Tuberkulosis (TBC)**, yaitu penyakit paru-paru yang disebabkan oleh *Mycobacterium tuberculosis* dan menimbulkan bintil-bintil pada dinding alveolus.
5. **Bronkitis**, merupakan gangguan pada bronkus akibat infeksi dan menghasilkan lendir yang akan menyumbat batang tenggorokan. Akibatnya, penderita mengalami sesak napas.
6. **Pneumonia**, merupakan peradangan pada paru-paru, dimana terdapat cairan dan sel darah merah yang berlebihan pada alveoli yang disebabkan bakteri *Diplococcus pneumoniae*.
7. **Sinusitis**, yaitu peradangan pada rongga hidung atas (*sinus paranasalis*) yang menyebabkan hidung tersumbat dan mengeluarkan lendir.

8. **Laringitis**, yaitu radang pada daerah laring.
9. **Asfiksi**, yaitu gangguan pengangkutan oksigen ke jaringan-jaringan tubuh.

B. Sistem Pernapasan Hewan

1. Protozoa

Tanpa alat khusus, gas pernapasan langsung terdifusi melalui membran sel.

2. Cacing

Difusi gas lewat permukaan kulit yang basah dan langsung terhubung dengan kapiler darah.

3. Serangga

- Menggunakan sistem trakea berupa pembuluh-pembuluh yang langsung terhubung dengan jaringan tubuh.
- Gas dapat keluar-masuk lewat lubang-lubang stigma pada tepi abdomen.

4. Ikan

- Bernapas dengan insang.
- Pertukaran gas terjadi secara difusi antara gas di air dengan di kapiler darah pada lembaran insang.

5. Amfibi

- Berudu (larva) bernapas dengan insang luar, kemudian digantikan insang dalam.
- Katak dewasa bernapas dengan paru-paru dibantu dengan difusi di permukaan kulit yang lembap.

6. Aves

- Bernapas dengan paru-paru.
- Memiliki pundi udara (*saccus pneumaticus*), yang membantu menyuplai oksigen saat burung sedang terbang.

Sistem Ekskresi

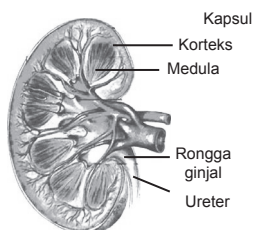
A. Sistem Ekskresi Manusia

Proses pengeluaran zat-zat sisa dari dalam tubuh manusia dibedakan menjadi tiga macam, yaitu:

1. **Defekasi:** proses pengeluaran sisa-sisa makanan yang disebut feces melalui anus.
2. **Ekskresi:** pengeluaran bahan-bahan sisa metabolisme.
3. **Sekresi:** proses pengeluaran getah oleh sel dan kelenjar.

a. Organ Sistem Ekskresi Manusia

1. Ginjal (ren)



Penampang Bagian-bagian Ginjal

- Ginjal manusia terletak pada bagian dorsal dinding tubuh sebelah kiri dan kanan tulang belakang.
- Ginjal berukuran sebesar kepalan tangan, memiliki panjang 10—12 cm, lebar 5—6 cm, dan tebal sekitar 3—4 cm, dengan berat sekitar 40 gram.
- Struktur ginjal tersusun atas tiga bagian, yaitu:
 - ✓ **Kulit ginjal (korteks),** yaitu lapisan bagian luar ginjal yang memiliki jutaan sel nefron yang berfungsi sebagai alat

penyaring. Tiap nefron tersusun atas dua bagian, yaitu:

- Badan malphigi, meliputi kapsula bowman dan glomerulus.
- Tubulus kontortus, meliputi tubulus proksimal, lengkung henle, dan tubulus distal.
- ✓ **Sumsum ginjal (medula),** mengandung banyak pembuluh tubulus kolektifus.
- ✓ **Rongga ginjal (pelvis renalis),** merupakan tempat penampungan urine yang selanjutnya akan dialirkan ke ureter (saluran pembuangan urine).

• Fungsi ginjal, yaitu:

- ✓ Menyaring dan membersihkan darah.
- ✓ Mengatur volume darah.
- ✓ Mendaur ulang air, mineral, glukosa, dan gizi.
- ✓ Mengatur keseimbangan kandungan kimia darah.
- ✓ Menjaga pH darah.
- ✓ Penghasil hormon eritroprotein.

• Proses pembentukan urine di dalam ginjal terjadi melalui tiga tahapan, yaitu:

✓ **Filtrasi (penyaringan)**

Proses penyaringan urine yang terjadi di glomerulus dan kapsula bowman. Hasil filtrasi berupa **urine primer** (filtrat glomerulus) yang mengandung glukosa, asam amino, mineral, air, dan urea.

✓ **Reabsorpsi (penyerapan kembali)**

Pada tahap ini terjadi proses penye-

rapan kembali zat-zat yang terkandung di dalam urine primer yang masih berguna bagi tubuh di tubulus kontortus proksimal. Hasil reabsorpsi berupa **urine sekunder** yang mengandung garam, asam amino, dan glukosa.

✓ **Augmentasi (pengumpulan)**

Pengaturan kadar air pada urine sekunder terjadi pada tahap ini di tubulus kontortus distal dengan bantuan hormon antidiuretik (ADH) hingga membentuk urine sejati. Selanjutnya, urine sejati ini menuju ke kantong urinaria melewati ureter dan lewat melalui uretra.

- Komposisi urine dalam kondisi normal, yaitu:
 - ✓ Air (kira-kira 95%).
 - ✓ Urea, asam urea, amonia, dan garam.
 - ✓ Zat warna empedu (bilirubin dan biliverdin yang menyebabkan warna kuning pada urine).
 - ✓ Beberapa zat yang sifatnya racun.

2. Kulit

- Struktur kulit terdiri atas tiga lapisan, yaitu:
 - ✓ **Epidermis (kutikula)**
Lapisan epidermis merupakan lapisan terluar pada kulit yang tersusun atas empat lapisan, yaitu:
 - **Stratum korneum** (lapisan zat tanduk), yaitu lapisan sel mati yang selalu mengelupas.
 - **Stratum lusidum**, yaitu lapisan yang memberi warna pada kulit. Semakin banyak melanin (pigmen warna hitam) yang dihasilkan dari sel ini maka kulit akan menjadi semakin gelap.
 - **Stratum granulosum**, yaitu lapisan penghasil pigmen warna pada kulit, terletak pada bagian paling bawah epidermis.
 - **Stratum germinativum**, yaitu lapisan

pembentuk sel-sel baru yang terus aktif melakukan pembelahan sel.

✓ **Dermis(kulit jangat)**

Lapisan dermis dibentuk oleh serabut lentur yang mengandung senyawa kolagen. Lapisan ini terdiri atas:

- **Akar rambut**, terdapat otot polos penegak rambut (*Musculus arektor pili*) dan ujung saraf perasa nyeri.
- **Kelenjar keringat** (*glandula sudorifera*)
- **Kelenjar minyak** (*glandula sebacea*), berfungsi untuk menjaga agar rambut tidak kering.
- **Pembuluh darah**
- **Serabut saraf**, terdiri atas saraf perasa panas, dingin, tekanan, dan sentuhan.

- Fungsi kulit selain sebagai alat ekskresi, yaitu:
 - ✓ Melindungi tubuh terhadap segala rangsangan.
 - ✓ Mengatur suhu tubuh.
 - ✓ Menyimpan kelebihan lemak.
 - ✓ Tempat pembentukan vitamin D.

3. Hati

- Organ hati terletak di dalam rongga perut dan terdiri atas dua lobus (kiri dan kanan) dengan lobus kanan berukuran lebih besar.
- Hati terlindungi oleh selaput tipis yang disebut *Kapsula hepatis* dan merupakan kelenjar terbesar dalam tubuh.
- Fungsi hati, yaitu:
 - ✓ Penghasil cairan empedu.
 - ✓ Tempat penyimpanan gula dalam bentuk glikogen.
 - ✓ Tempat pembentukan dan perombakan protein.
 - ✓ Tempat pembentukan dan perombakan sel darah merah yang sudah mati.
 - ✓ Tempat pembentukan protrombin

dan fibrinogen.

- ✓ Tempat penetralan racun.

4. Paru-paru

- Organ paru-paru terletak di dalam rongga dada, berjumlah sepasang, dan dilindungi oleh tulang rusuk.
- Paru-paru berfungsi sebagai alat pembuangan sisa metabolisme pernapasan berupa uap air dan gas CO₂.

b. Gangguan Sistem Ekskresi Manusia

1. Albuminuria

Penyakit yang ditandai dengan adanya albumin dan protein lain pada urine akibat kerusakan alat filtrasi pada ginjal.

2. Poliuria

Gangguan pada ginjal yang ditandai dengan produksi urine yang sangat banyak dan encer akibat gagalnya reabsorpsi oleh nefron.

3. Oligouria

Penyakit yang ditandai dengan produksi urine sangat sedikit karena beratnya kerusakan ginjal.

4. Batu ginjal

Penyakit akibat mengendapnya kristal kalsium fosfat menjadi batu ginjal yang dapat menghambat pengeluaran urine.

5. Diabetes melitus

Gangguan ginjal yang disebabkan kurangnya hormon insulin, ditandai dengan adanya glukosa pada urine.

6. Diabetes insipidus

Penyakit yang ditandai dengan seringnya penderita buang air karena kurangnya hormon ADH.

7. Kudis (*skabies*)

Gangguan pada kulit yang dapat menular akibat parasit insekta *Sarcoptes scabies* yang dapat mengganggu sistem ekskresi.

B. Sistem Ekskresi Hewan

a. Protozoa

Ekskresi pada protozoa dilakukan dengan vakuola kontraktil (vakuola berdenyut) untuk membuang kelebihan air di dalam sel.

b. Pisces

Ekskresi pada hewan ini dilakukan dengan sepasang ginjal opistonefros yang mengeluarkan urine mengandung amonia.

c. Amfibi

Ekskresi pada amfibi dilakukan dengan sepasang ginjal opistonefros yang mengeluarkan urine mengandung asam urat.

d. Reptilia

Alat ekskresi pada reptilia berupa sepasang ginjal metanefros yang membuang urine yang mengandung asam urat.

e. Aves

Alat ekskresi pada aves berupa sepasang ginjal metanefros yang membuang urine berupa asam urat yang dicampur dengan feses.

Bab 17

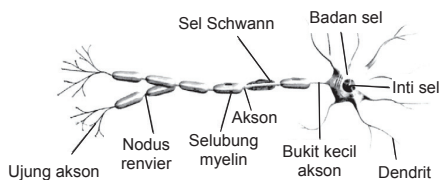
Sistem Koordinasi dan Alat Indra

Sistem koordinasi berfungsi mengatur dan mengendalikan keserasian fungsi antarorgan ataupun sistem organ dalam tubuh.

Sistem koordinasi terdiri atas sistem saraf dan sistem hormon (endokrin).

A. Sistem Saraf

a. Bagian-bagian Sel Saraf



Struktur Sel Saraf

Jaringan saraf tersusun atas jutaan sel saraf (*neuron*) yang berperan dalam menghantarkan impuls ke otak sehingga terjadi tanggapan (rangangan).

Satu sel neuron tersusun atas, yaitu:

1. Badan sel

Badan sel adalah bagian terbesar dari sel saraf yang terdiri atas inti sel (nukleus) dan sitoplasma.

2. Dendrit

Dendrit merupakan tonjolan sitoplasma dari badan sel yang berfungsi untuk menghantarkan impuls ke badan sel.

3. Neurit (akson)

Merupakan tonjolan sitoplasma yang panjang dan berfungsi meneruskan impuls saraf dari badan sel ke sel saraf lainnya. Neurit memiliki bagian-bagian yang spesifik, yaitu:

- **Selubung myelin**, yaitu lapisan lemak yang membungkus neurit dan terdiri atas sekumpulan *sel schwann*.
- **Nodus renvier**, merupakan bagian neurit yang menyempit dan tidak terlapisi selubung myelin.
- **Neurofibril**, yaitu bagian terdalam akson berupa serabut-serabut halus dan bertugas untuk meneruskan impuls.

Menurut struktur dan fungsinya, neurit dibedakan menjadi tiga, yaitu:

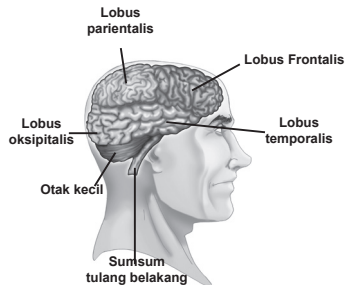
1. **Neuron sensorik**, berfungsi untuk menerima impuls dari alat indra lalu meneruskannya ke pusat saraf (otak atau sumsum tulang belakang).
2. **Neuron motorik**, berfungsi meneruskan impuls dari sistem saraf pusat menuju efektor (otot dan kelenjar).
3. **Interneuron (neuron konektor)**, berperan dalam meneruskan impuls saraf dari neuron sensorik ke neuron motorik.

b. Jenis Sistem Saraf Manusia

Sistem saraf manusia terbagi menjadi 2, yaitu:

1. Sistem saraf pusat

• Otak



Bagian-bagian Otak

Bagian-bagian otak, yaitu:

- ✓ **Otak besar (*serebrum*)**, berfungsi sebagai pusat saraf sadar dan terdiri atas empat bagian, yaitu:
 - *Lobus oksipitalis* (pusat penglihatan).
 - *Lobus frontalis* (pusat pengendali pikiran).
 - *Lobus parietalis* (pusat pengendalian kerja kulit).
 - *Lobus temporalis* (pusat pendengaran dan bicara).
- ✓ **Otak kecil (*serebelum*)**, berperan dalam keseimbangan tubuh dan koordinasi gerak otot.
- ✓ **Otak tengah (*mesencephalon*)**, terletak di depan otak kecil dan jembatan varol, berfungsi sebagai pusat pengaturan gerak mata.
- ✓ **Sumsum lanjutan (*medula oblongata*)**, berfungsi menghubungkan otak kecil dengan sumsum tulang belakang dan sebagai pusat saraf tak sadar.
- **Sumsum tulang belakang (*Medula spinalis*)**
Medula spinalis terdapat di dalam rongga tulang belakang. Fungsinya, yaitu:
 - Penghubung sistem saraf tepi ke otak.
 - Sebagai pusat gerak refleks.

2. Sistem saraf tepi

Sistem saraf tepi menghubungkan semua bagian tubuh dengan pusat saraf.

Berdasarkan cara kerjanya, sistem saraf tepi dibagi dua, yaitu:

- **Saraf somatik**, yaitu saraf yang bekerja menurut kesadaran (diatur oleh otak).
- **Saraf otonom**, yaitu saraf yang cara kerjanya tidak sadar. Saraf ini terbagi atas:
 - ✓ **Saraf simpatik**, tersusun atas 25 pasang simpul saraf yang terdapat di sumsum tulang belakang.
 - ✓ **Saraf parasimpatik**, tersusun atas serabut preganglion dan fungsi kerjanya berlawanan dengan saraf simpatik.

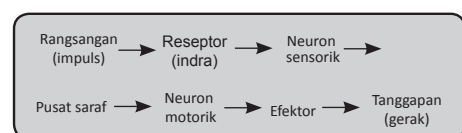
Saraf Simpatik	Saraf Parasimpatik
Mempercepat denyut jantung	Memperlambat denyut jantung
Memperlebar pembuluh darah	Mempersempit pembuluh darah
Menghambat sekresi empedu	Meningkatkan sekresi empedu
Membesarkan pupil	Mengecilkan pupil
Meningkatkan sekresi hormon adrenalin	Menurunkan sekresi hormon adrenalin
Menurunkan sekresi ludah	Meningkatkan sekresi ludah
Memperlambat proses pencernaan	Mempercepat proses pencernaan

Berdasarkan letaknya, saraf tepi dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Saraf kranial (12 pasang) berpangkal dari otak.
2. Saraf spinal (31 pasang) berpangkal dari sumsum tulang belakang.

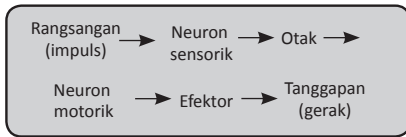
c. Mekanisme Penghantar Impuls

Mekanisme penghantaran impuls saraf di dalam tubuh melewati jalur berikut:

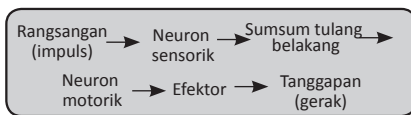


Berdasarkan sifat tanggapan terhadap suatu rangsang, gerak dibagi menjadi:

1. **Gerak biasa**, yaitu gerak yang dihasilkan karena rangsangan dialirkan melalui otak. Alurnya, yaitu:



2. **Gerak refleks**, yaitu gerak yang terjadi secara spontan dan cepat karena tanpa kontrol otak. **Contoh:** menutupnya kelopak mata saat debu masuk ke mata. Alur impulsnya, yaitu:



B. Sistem Hormon (Endokrin)

Hormon merupakan zat kimia berupa senyawa organik yang dihasilkan oleh kelenjar endokrin. Kelenjar endokrin disebut juga kelenjar buntu karena tidak memiliki saluran khusus sehingga hormon yang dihasilkan akan masuk ke peredaran darah.

Fungsi hormon, yaitu:

1. Mengontrol pertumbuhan dan perkembangan tubuh.
2. Mempertahankan homeostatis tubuh (keseimbangan keadaan tubuh dengan lingkungan sekitar).
3. Mengoordinasikan kegiatan antara sistem hormon dan sistem saraf.

Jenis-jenis kelenjar hormon, yaitu:

1. Kelenjar hipofisis (*pituuitari*)

- Merupakan kelenjar yang dapat mensekresikan hormon yang dapat mengatur bermacam-macam kegiatan dalam tubuh sehingga dijuluki *master of glands*.
- Kelenjar hipofisis terdiri atas tiga lobus, yaitu:

- Lobus depan (*Anterior*)

Hormon yang dihasilkan pada lobus ini, yaitu:

Hormon	Fungsi
HGH <i>Human Growth Hormone</i>	Merangsang pertumbuhan kerangka dan tubuh
Prolaktin (PRL) dan LH (Lactogenic hormone)	Memelihara korpus luteum dalam memproduksi progesteron dan merangsang sekresi kelenjar susu
Hormon perangsang tiroid (TSH)	Mengontrol sekresi hormon oleh kelenjar tiroid
Adenocorticotrophic hormone (ACTH)	Merangsang korteks kelenjar adrenal untuk mensekresikan beberapa hormon.
Folikel Stimulating Hormone (FSH)	Pada pria, menstimulasi testis untuk menghasilkan sperma. Pada wanita, merangsang perkembangan folikel pada ovarium dan sekresi estrogen
Luteinizing Hormone (LH)	Pada wanita, merangsang ovulasi dan pembentukan progesteron oleh korpus luteum pada ovarium. Pada pria, merangsang testis mensekresikan hormon androgen.

- Lobus tengah (*intermediat*)

Lobus ini menghasilkan hormon MSH (*Melanosit Stimulating Hormone*) yang memberi pigmen warna pada kulit.

- Lobus belakang (*posterior*)

Hormon yang disekresikan pada lobus ini, yaitu:

Hormon	Fungsi
Hormon Vasopresin	Mengatur proses reabsorpsi air pada tubulus ginjal
Hormon oksitosin	Merangsang kontraksi otot dinding rahim pada saat melahirkan

2. Kelenjar gondok (tiroid)

- Kelenjar tiroid terletak di depan trakea dan menghasilkan hormon tiroksin.
- Fungsi hormon tiroksin adalah meningkatkan proses metabolisme tubuh.
- Kekurangan hormon tiroksin sebelum dewasa menyebabkan penyakit *kretinisme* (kekerdilan tubuh).

3. Kelenjar anak gondok (paratiroid)

- Kelenjar ini terletak di belakang kelenjar tiroid, berjumlah empat buah.

- Kelenjar paratiroid menghasilkan hormon parathormon yang berfungsi mengatur kadar kalsium (Ca) dan fosfor (P) dalam darah dengan melepaskannya dari tulang.
- Kekurangan hormon parathormon mengakibatkan kejang otot dan jika kelebihan maka dapat menaikkan kadar Ca dan P dalam darah sehingga mengendap di ginjal.

4. Kelenjar suprarenalis (anak ginjal/ adrenal)

Kelenjar suprarenalis terletak di atas ginjal dan terdiri atas dua bagian, yaitu:

- ✓ **Korteks adrenal**, mensekresikan beberapa hormon, yaitu:
 - *Mineralokortikoid*, merangsang reabsorpsi ion Na^+ dan Cl^- dalam tubulus ginjal.
 - *Glukokortikoid*, mengontrol metabolisme glukosa dalam tubuh.
 - *Hormon androgen*, berfungsi menentukan sifat kelamin sekunder pria.
- ✓ **Medula adrenal**, mensekresikan hormon, yaitu:
 - *Adrenalin (epineprin)*, berfungsi meningkatkan tekanan darah, mempercepat denyut jantung, meningkatkan kadar glukosa darah, dan laju metabolisme.
 - *Noradrenalin*, berfungsi juga dalam meningkatkan tekanan darah.

5. Kelenjar pulau langerhans

- Kelenjar ini terdapat di dalam pankreas.
- Menghasilkan hormon insulin dan glukagon.
- Hormon insulin berfungsi mengubah glukosa menjadi glikogen di dalam hati dan otot.
- Hormon glukagon berperan dalam merombak glikogen menjadi glukosa.

6. Kelenjar kelamin (gonad)

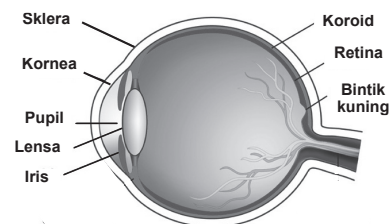
- Kelenjar kelamin pria (testis), menghasilkan hormon testosteron yang berfungsi merangsang pertumbuhan ciri kelamin sekunder dan spermatogenesis.
- Kelenjar kelamin wanita (ovarium), mensekresikan dua hormon, yaitu:
 - *Estrogen* dihasilkan oleh sel granulosa folikel de Graaf dan korpus luteum.
 - *Progesteron* dihasilkan oleh korpus luteum, yaitu bekas folikel yang telah ditinggalkan sel telur.

C. Alat Indra

Alat indra berperan sebagai reseptor impuls. Berdasarkan jenis rangsangan yang diterima, alat indra dibedakan menjadi:

1. **Kemoreseptor**, penerima rangsangan berupa senyawa kimia. **Contoh:** lidah dan hidung.
2. **Fotoreseptor**, penerima rangsangan berupa cahaya. **Contoh:** retina mata.
3. **Mekanoreseptor**, penerima rangsangan berupa tekanan atau suhu. **Contoh:** kulit.
4. **Audiodseptor**, penerima rangsangan berupa getaran bunyi. **Contoh:** koklea pada telinga.

a. Mata



Penampang Mata Manusia

Mata terdiri atas tiga lapisan, yaitu sklera, koroid, dan retina. Bagian-bagian mata terdiri atas:

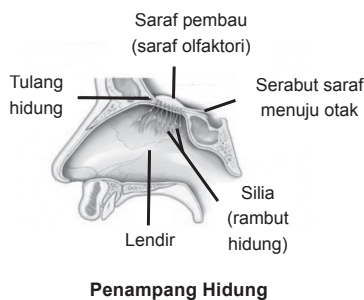
1. **Kornea**, yaitu bagian depan mata yang bersifat tembus cahaya dan memiliki fungsi untuk meneruskan cahaya yang masuk ke mata menuju retina.

2. **Iris (selaput pelangi)**, bagian mata yang memiliki pigmen warna dan berfungsi untuk mengatur banyaknya cahaya yang masuk ke mata.
3. **Pupil**, celah yang dibentuk iris (di tengah) sebagai lubang masuknya cahaya.
4. **Lensa mata**, sebagai pengatur fokus bayangan yang dibentuk agar jatuh tepat di bintik kuning (pada retina).
5. **Retina (selaput jala)**, berfungsi sebagai penangkap bayangan dan terdiri atas dua bagian, yaitu bintik kuning (pusat terkumpulnya fotoreseptor) dan bintik buta (bagian yang tidak peka cahaya).

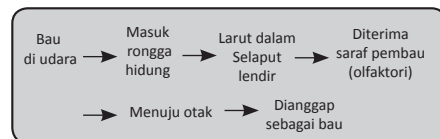
Beberapa kelainan berkaitan dengan mata:

1. **Rabun jauh (*miopi*)**, yaitu kemampuan mata yang tidak dapat melihat jarak jauh karena bayangan jatuh di depan retina. Kelainan ini dapat dibantu dengan kacamata lensa cekung (minus).
2. **Rabun dekat (*hipermetropi*)**, kelainan dimana bayangan jatuh di belakang retina sehingga mata tidak dapat melihat jarak dekat. Kelainan ini dapat dibantu dengan kacamata lensa cembung (positif).
3. **Rabun tua (*presbiopi*)**, yaitu kombinasi rabun jauh dan dekat karena melemahnya otot lensa mata. Kelainan ini dapat dibantu dengan kacamata lensa rangkap (bifokus).
4. **Astigmatisma**, cacat pada mata yang tidak dapat membedakan garis vertikal dan horizontal secara bersamaan. Kelainan ini dikarenakan kornea mata tidak rata.

b. Hidung

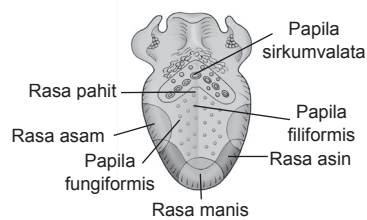


1. Hidung tersusun atas sel epitel dan saraf pembau.
2. Hidung berfungsi sebagai indra pembau karena memiliki reseptor pembau (*kemoreseptor*) pada bagian langit-langit rongga hidung, yang disebut sel olfaktori.
3. Pada ujung sel reseptor terdapat rambut-rambut halus (*silia*) dan selaput lendir yang berfungsi sebagai pelembap.
4. Proses jalannya rangsang berupa bau dapat dijelaskan pada skema berikut:



c. Lidah

Lidah berfungsi sebagai indra pengecap karena memiliki kemoreseptor pada papilla (tonjolan-tonjolan kecil) di permukaannya.



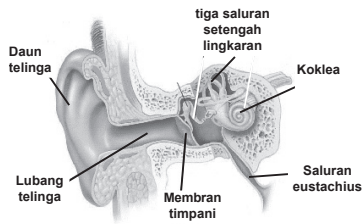
Lidah Sebagai Indra Pengecap

Papila pengecap pada lidah dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:

1. **Papila filiformis**, berbentuk benang dan tersebar di seluruh permukaan lidah.
2. **Papila sirkumvalata**, berbentuk seperti huruf v dan terdapat pada daerah dekat pangkal lidah.
3. **Papila fungiformis**, berbentuk palu dan terdapat pada tepi lidah.

d. Telinga

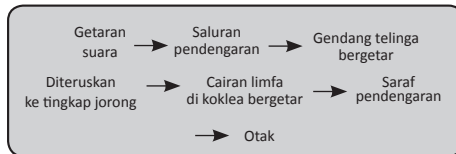
Telinga berfungsi sebagai indra pendengar karena memiliki audioreseptor di dalam saluran koklea.



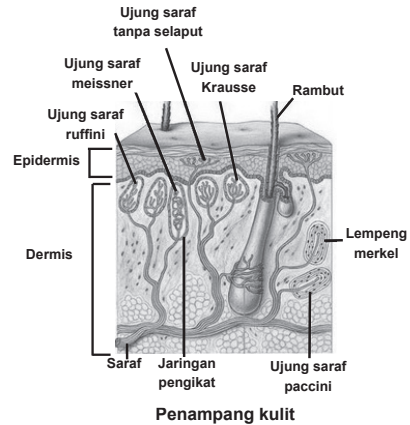
Penampang telinga manusia

Bagian-bagian telinga, yaitu:

1. **Telinga luar**, yang terdiri atas daun telinga, lubang telinga, liang telinga, dan gendang telinga (membran timpani).
2. **Telinga tengah**, merupakan bagian pengatur getaran dan terdiri atas tulang-tulang pendengaran (martil-landasan-sanggurdi), dan saluran eustachius.
3. **Telinga dalam**, yaitu penerima getaran yang terdiri atas koklea (rumah siput), tiga saluran setengah lingkaran (terdapat alat keseimbangan bernama ekuilibrium), tingkap bundar, tingkap oval, dan tingkap jorong. Urutan peristiwa sehingga bunyi dapat didengar oleh manusia:



e. Kulit



Penampang kulit

Kulit berfungsi sebagai indra peraba karena memiliki ujung-ujung syaraf sebagai mekanoreseptor.

Nama ujung syaraf beserta rangsang yang diterima, yaitu:

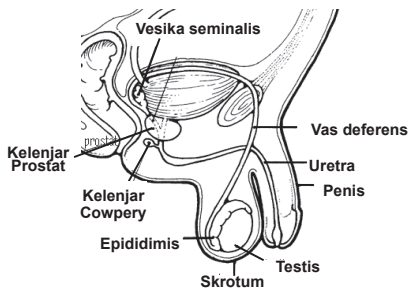
1. Ujung saraf *paccini* (reseptor tekanan).
2. Ujung saraf *meissner* dan badan merkel (reseptor sentuhan).
3. Ujung saraf *ruffini* (reseptor panas),
4. Ujung saraf *krausse* (reseptor dingin).
5. Ujung saraf tanpa selaput (reseptor nyeri/sakit).

Bab 18

Sistem Reproduksi

A. Organ Reproduksi

a. Organ Reproduksi Pria



Alat Reproduksi Pria

Sistem reproduksi pria terdiri atas organ-organ reproduksi yang terbagi menjadi dua, yaitu:

1. Organ reproduksi bagian luar

- **Penis**, organ reproduksi yang berperan dalam proses kopulasi dan terdiri atas tiga rongga berupa jaringan spons (dua *korpus kavernosa* dan satu *korpus spongiosum*).
- **Skrotum**, kantung yang berisi testis. Pria memiliki sepasang skrotum yang dibatasi oleh sekat berupa otot dartos (jaringan ikat dan otot polos).

2. Organ reproduksi bagian dalam

- **Testis**, merupakan gonad jantan, berfungsi sebagai tempat pembentukan sperma dan hormon testosteron.

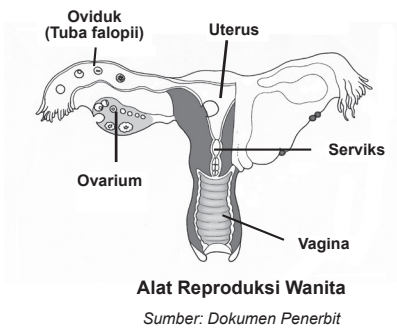
• Saluran pengeluaran, yang terdiri atas:

- ✓ *Duktus epididimis*, sebagai tempat penyimpanan sementara sel sperma hingga menjadi matang.
- ✓ *Vas deferens*, berupa saluran untuk mengalirkan sperma dari epididimis menuju kantung semen (vesikula seminalis).
- ✓ *Duktus ejakulatorius*, merupakan saluran pendek yang menghubungkan kantong sperma dengan uretra.
- ✓ *Uretra*, berupa saluran akhir reproduksi, berfungsi sebagai saluran kelamin dan saluran pembuangan urine.

Sistem reproduksi pria juga memiliki kelenjar kelamin, yaitu:

1. **Vesikula seminalis (kantung semen)**, berfungsi mengekskresikan cairan yang mengandung asam amino dan fruktosa sebagai zat gizi sperma dan prostaglandin.
2. **Kelenjar prostat**, memproduksi getah yang mengandung kolesterol, fosfolipid, dan garam untuk kelangsungan hidup sperma.
3. **Glandula bulbourethralis (kelenjar cowper)**, memproduksi lendir alkalis (basa) dan berperan menetralkan urine pada waktu awal ejakulasi.

b. Alat-alat Reproduksi Wanita



1. Organ reproduksi bagian luar

Organ reproduksi wanita bagian luar berupa vulva (celah lubang yang terletak paling luar) yang tersusun atas beberapa organ, yaitu:

- **Mons pubis**, bagian terluar dari vulva yang mengandung jaringan lemak.
- **Labium mayor**, merupakan lipatan kulit besar yang berfungsi melindungi vagina.
- **Labium minor**, merupakan lipatan kulit kecil dan tipis yang terletak di antara labium mayor sebagai pelindung vagina.
- **Klitoris**, organ erektile yang mengandung pembuluh darah dan ujung saraf perasa.
- **Kelenjar bartholini**, terletak di tepi lubang vagina dan berfungsi untuk mensekresi lendir.
- **Himen (selaput dara)**, selaput yang banyak mengandung pembuluh darah.
- **Uretra**, berfungsi sebagai saluran kelamin dan saluran pembuangan urine.

2. Organ reproduksi bagian dalam

- **Ovarium**, terdiri atas sepasang dan berfungsi menghasilkan sel telur (ovum), hormon estrogen, dan progesteron.
- **Oviduk (tuba falopi)**, berupa sepasang saluran untuk menyalurkan ovum dari ovarium menuju uterus (rahim). Pada ujungnya terdapat *infundibulum* yang berbentuk corong dan berbumbai

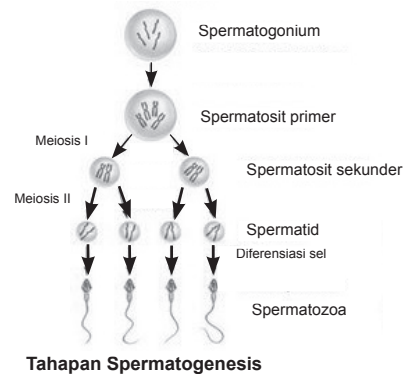
(*fimbriae*) untuk menangkap sel telur yang dilepas pada saat ovulasi.

- **Uterus (rahim)**, berfungsi sebagai tempat perkembangan janin.
- **Vagina**, berupa saluran yang berhubungan dengan rahim. Bagian dalam vagina berlipat-lipat pada ujungnya terdapat selaput dara (*himen*).

B. Pembentukan Sel Gamet

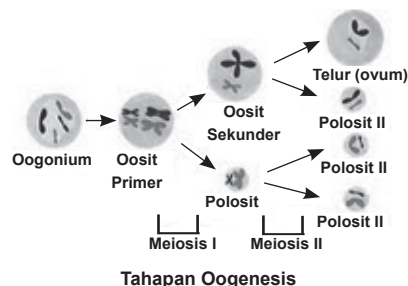
a. Spermatogenesis

Merupakan proses pembentukan spermatozoa (sel sperma) yang berlangsung di dalam testis. Prosesnya, yaitu:



b. Oogenesis

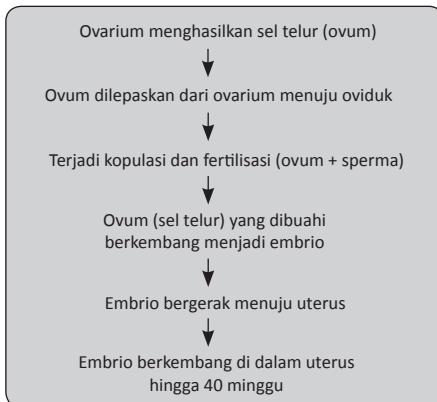
Oogenesis merupakan proses pembentukan sel telur (ovum) yang berlangsung di dalam ovarium. Tahapannya, yaitu:



C. Fertilisasi

- Fertilisasi merupakan proses peleburan antara ovum (sel telur) dengan spermatozoa (sel sperma) sehingga membentuk zigot.

- Zigot yang terbentuk akan mengalami pembelahan terus-menerus hingga membentuk embrio yang akan tumbuh di dalam uterus dan dihubungkan dengan dinding rahim induk melalui saluran *plasenta*.
- Tahapan terjadinya fertilisasi dapat dilihat pada skema berikut:



Skema Tahapan Fertilisasi

- Apabila proses fertilisasi tidak terjadi maka sel telur (ovum) tidak menempel pada dinding uterus dan akan meluruh (rusak) bersama dengan penebalan dinding uterus sehingga terjadi pendarahan yang disebut **menstruasi**.

D. Penyakit pada Sistem Reproduksi

a. Gonorrhoea (Kencing Nanah)

Infeksi pada alat kelamin yang disebabkan oleh bakteri *Neisseria gonorrhoeae*, ditandai dengan keluarnya nanah dari alat kelamin.

b. Sifilis (Raja Singa)

Infeksi luka pada penis atau vagina yang disebabkan oleh bakteri *Treponema pallidum*. Penyakit ini dapat membahayakan jantung dan otak, serta dapat ditularkan ibu (penderita) kepada bayinya.

c. Herpes

Luka pada alat kelamin yang ditandai dengan timbulnya bercak-bercak kemerahan di sekitar alat kelamin, bahkan dapat meluas ke tubuh penderita.

d. Kandidiasis Vagina (Keputihan)

Infeksi pada dinding vagina yang disebabkan oleh jamur *Candida albicans* yang ditandai timbulnya rasa gatal yang sangat hingga mengeluarkan cairan putih kental dan berbau.

e. Kanker Serviks

Timbulnya sel-sel abnormal di seluruh lapisan epitel mulut rahim (serviks).

f. AIDS (Acquired Immune Deficiency Syndrome)

Penyakit yang disebabkan oleh virus HIV (*Human Immunodeficiency Virus*) yang menyerang sel darah putih sehingga merusak sistem kekebalan tubuh (imunitas).

Pertumbuhan dan Perkembangan

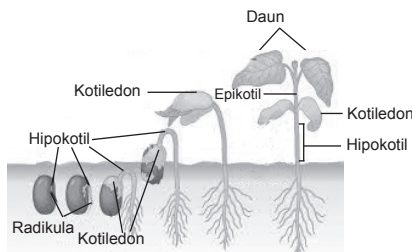
Pertumbuhan adalah proses pertambahan ukuran tubuh organisme karena terjadi pembelahan pada sel-sel tubuhnya yang bersifat *irreversibel* dan *kuantitatif*.

Perkembangan adalah proses menuju kedewasaan pada makhluk hidup yang bersifat *kualitatif*.

A. Pertumbuhan dan Perkembangan pada Tumbuhan

a. Proses Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan

1. Perkecambahan



- Perkecambahan merupakan proses permulaan dari awal pertumbuhan embrio di dalam biji.
- Embrio tersusun atas tiga bagian dan berperan penting pada proses perkecambahan, yaitu:
 - ✓ **Kaulikulus**, merupakan batang lembaga (calon batang dan daun) yang dapat tumbuh dan berkembang menjadi bunga dan buah. Kaulikulus dibagi dua, yaitu:

- Epikotil, ruas batang di atas daun lembaga yang tumbuh menjadi batang dan daun.
- Hipokotil, ruas batang di bawah daun lembaga yang tumbuh menjadi akar.

- ✓ **Radikula**, merupakan akar lembaga (calon akar) yang dapat tumbuh dan berkembang menjadi akar tumbuhan.
- ✓ **Kotiledon (keping biji)**, merupakan cadangan makanan untuk pertumbuhan embrio hingga terbentuknya daun sehingga dapat melakukan fotosintesis.

- Tahapan proses perkecambahan:

Imbibisi (penyerapan air oleh biji) → Pembelahan sel → Diferensiasi sel (perkembangan fungsi sel) → organogenesis (pembentukan organ) → morfogenesis (perkembangan struktur dan fungsi organ) → terbentuk daun (memperoleh energi dari hasil fotosintesis)

- Proses perkecambahan menurut letaknya, terbagi menjadi dua, yaitu:
 - ✓ **Epigeal**, yaitu tipe perkecambahan yang ditandai dengan hipokotil yang muncul ke permukaan tanah.
Contoh: Tanaman kacang hijau.
 - ✓ **Hipogeal**, adalah tipe perkecambahan yang ditandai dengan munculnya batang epikotil ke permukaan tanah, sedangkan kotiledon tetap di dalam tanah.
Contoh: kacang kapri.

2. Pertumbuhan primer

- Yaitu, pertumbuhan yang terjadi akibat aktivitas jaringan meristem apikal (meristem primer) yang terus tumbuh dan aktif membelah.
- Jaringan meristem apikal terdapat pada bagian ujung akar dan ujung batang.
- Pertumbuhan primer meliputi tiga proses, yaitu:
 - ✓ Pembelahan sel, terjadi pada daerah meristem.
 - ✓ Pemanjangan sel, terjadi pada daerah di belakang meristem.
 - ✓ Diferensiasi sel, terjadi pada daerah diferensiasi yang terletak di bagian akhir akar.

3. Pertumbuhan sekunder

- Pertumbuhan sekunder hanya terjadi pada tumbuhan jenis dikotil dan *gymnospermae* (tumbuhan berbiji terbuka).
- Pertumbuhan sekunder terjadi di jaringan meristem sekunder atau kambium, yaitu:
 - ✓ Kambium gabus, berfungsi sebagai pelindung pertumbuhan sekunder pada tumbuhan.
 - ✓ Kambium vasis (jaringan ikat pembuluh), yaitu kambium intravaskuler yang dapat tumbuh keluar menjadi xilem dan ke dalam membentuk floem.
 - ✓ Kambium intervaskuler.

b. Faktor-faktor yang Memengaruhi Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan

1. Faktor internal

- **Gen**, merupakan urutan DNA yang mengatur seluruh aktivitas organisme dan pola pertumbuhannya melalui sifat yang diturunkan serta sintesis yang dikendalikan olehnya.
- **Hormon**, merupakan regulator yang berperan membantu koordinasi pertumbuhan,

perkembangan, dan respons terhadap stimulus dari lingkungan. Hormon yang terdapat pada tumbuhan, yaitu:

Hormon	Pengaruh	Tempat produksi
Auksin	Merangsang pemanjangan batang, pertumbuhan akar, dominansi apikal, gerak fototropisme, dan geotropisme	Diproduksi pada jaringan meristem batang dan pucuk daun tumbuhan
Sitokinin	Merangsang pembelahan dan pertumbuhan sel (sitokinesis), mengatur pertumbuhan daun, bunga, dan buah serta merangsang pertumbuhan akar dan batang	Disintesis pada akar
Giberelin	Membantu pembentukan tunas, menghambat perkecambahan dan pembentukan biji	Disintesis dalam meristem batang, meristem akar, pucuk daun, dan tunas (embrio)
Asam absisat	Mengurangi kecepatan pertumbuhan dan pemanjangan sel pada daerah titik tumbuh	Disintesis pada daun, batang, buah, dan biji
Gas etilen	Mendorong pematangan buah dan menyebabkan batang tumbuh menjadi tebal	Disintesis pada jaringan buah yang telah masak, di ruas batang, dan di daun tua
Kalin	Memacu pertumbuhan organ pada tumbuhan	
Asam traumalin (hormon luka)	Berperan saat terjadi kerusakan jaringan pada tumbuhan dengan membentuk kalus	

2. Faktor eksternal

- **Tanah**, baik tekstur tanah, pH, dan kadar garam dalam tanah memengaruhi dalam proses pengambilan nutrisi oleh tumbuhan.
- **Intensitas cahaya**, berpengaruh pada proses fotosintesis sebagai sumber energi.

- **Kelembapan udara**, kadar air di udara berperan dalam transportasi air di dalam tubuh tumbuhan.
- **Suhu**, memengaruhi aktivitas enzim dalam metabolisme tumbuhan, pada proses transpirasi, dan fotosintesis.

B. Pertumbuhan dan Perkembangan pada Hewan

Pertumbuhan dan perkembangan awal pada hewan dimulai dari zigot sampai pada tahap pembentukan organ (organogenesis) pada fase embrionik. Tahapannya, yaitu:

1. **Zigot**, merupakan sel hasil peleburan spermatozoa dan ovum.
2. **Morula**, adalah tahap dimana terjadi pembelahan berulang dari zigot.
3. **Blastula**, merupakan fase perkembangan dari morula yang ditandai dengan adanya rongga pada bagian tengah.
4. **Gastrula**, merupakan fase pembentukan lapisan embrional untuk memulai proses embriogenesis.
5. **Organogenesis**, yaitu proses pembentukan organ dari lapisan gastrula. Perkembangan lapisan organ yang terjadi, yaitu:
 - ✓ **Ektoderm**, yaitu lapisan yang membentuk kulit dan sistem saraf.
 - ✓ **Mesoderm**, yaitu lapisan yang membentuk sistem gerak, reproduksi, ekskresi, dan sirkulasi.

- ✓ **Endoderm**, yaitu lapisan yang membentuk sistem pencernaan dan pernapasan.

Pertumbuhan dan perkembangan hewan pada fase pascaembrionik terdiri atas dua proses, yaitu:

1. **Regenerasi**, yaitu pembentukan jaringan baru ketika terdapat bagian tubuh yang mengalami luka atau kerusakan.
2. **Metamorfosis**, yaitu perubahan ukuran, bentuk, dan bagian-bagian pada tubuh hewan dari suatu stadium menuju stadium berikutnya. Proses metamorfosis terjadi umumnya pada serangga (*insecta*) dan katak (*amfibi*).

Contoh:

Metamorfosis katak, yaitu:

Telur → berudu (kecebong) → katak kecil → katak dewasa

Metamorfosis sempurna kupu-kupu, yaitu:

Telur → larva (ulat) → pupa (kepompong) → imago (dewasa)

Metamorfosis tidak sempurna kumbang, yaitu:

Telur → larva/nimfa → semi-imago → imago (dewasa)

Bab 20

Metabolisme

Metabolisme merupakan keseluruhan proses reaksi biokimia yang terjadi dalam sel tubuh. Menurut prosesnya, metabolisme dibagi 2, yaitu:

1. **Katabolisme**, yaitu reaksi pemecahan senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana.
Contoh: Respirasi seluler dan fermentasi.
2. **Anabolisme**, yaitu reaksi penggabungan senyawa sederhana menjadi senyawa kompleks.
Contoh: Fotosintesis.

A. Katabolisme

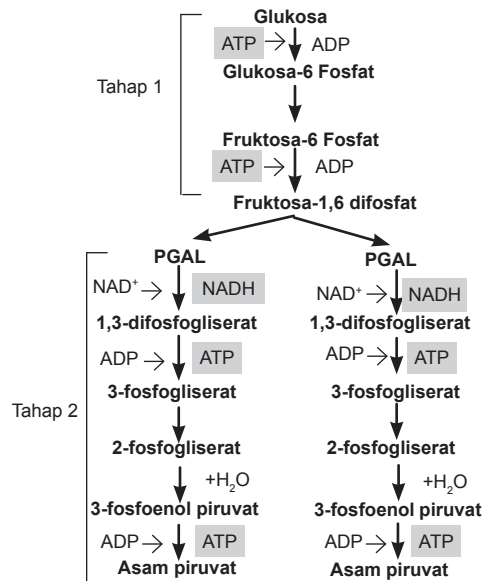
a. Respirasi

Yaitu, reaksi pemecahan senyawa kompleks ($C_6H_{12}O_6$) menjadi senyawa sederhana (CO_2 dan uap air) secara aerob dengan menghasilkan sejumlah energi dalam bentuk ATP.

Reaksinya: $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O + 36 ATP$

Tahapan respirasi sel ada empat, yaitu:

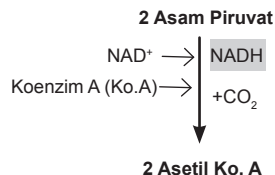
1. **Glikolisis**
 - Pengubahan senyawa glukosa menjadi dua molekul asam piruvat.
 - Terjadi di sitoplasma.
 - Menghasilkan energi berupa 2 ATP dan 2 NADH.
 - Terjadi dua tahap reaksi, pelepasan energi dan penarikan energi, yaitu:



2. Dekarboksilasi oksidatif

- Pengubahan 2 molekul asam piruvat menjadi 2 molekul asetil Ko.A.
- Proses dekarboksilasi oksidatif menghasilkan 2 NADH dan 2 CO_2 .

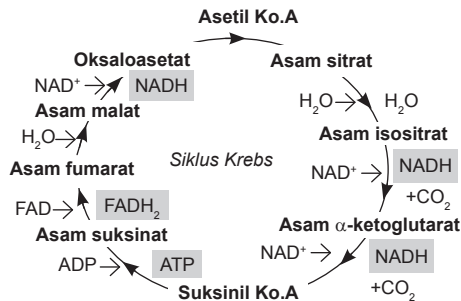
Proses reaksinya:



3. Siklus asam sitrat (siklus kreb)

- Serangkaian reaksi yang mengoksidasi gugus asetil Ko.A menjadi dua molekul gas CO_2 .

- Siklus asam sitrat atau disebut juga **siklus krebs** terjadi di matriks mitokondria.
- Energi yang dihasilkan berupa 2 ATP, 6 NADH, dan 2 FADH₂.



4. Transfer elektron

- Serangkaian reaksi redoks berantai yang melibatkan zat perantara untuk menghasilkan ATP dan H₂O.
- Zat perantara dalam reaksi redoks, yaitu flavoprotein, koenzim A dan Q, serta sitokrom (a, a₃, b, c, dan c₁) berperan sebagai pembawa elektron.
- Transfer elektron terjadi di membran mitokondria dan menghasilkan energi sejumlah 32 ATP.

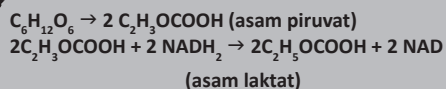
b. Fermentasi

Jika konsentrasi oksigen rendah atau bahkan tidak ada maka proses respirasi dapat terjadi secara anaerob melalui proses fermentasi.

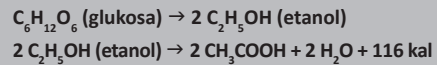
Energi yang dihasilkan pada proses fermentasi jauh lebih sedikit dibandingkan dengan respirasi aerob.

Berdasarkan hasil akhirnya, proses fermentasi dibedakan menjadi tiga, antara lain:

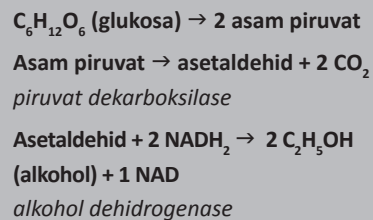
1. **Fermentasi asam laktat**, proses reaksi fermentasinya, yaitu:



2. **Fermentasi asam cuka**, yang dilakukan oleh *Acetobacter aceti* dan berlangsung dalam kondisi aerob, reaksinya yaitu:



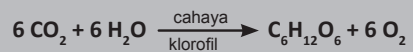
3. **Fermentasi alkohol**, yang berlangsung melalui proses glikolisis dan terjadi secara anaerob, reaksinya, yaitu:



B. Anabolisme

a. Fotosintesis

- Fotosintesis merupakan proses pembentukan senyawa organik (C₆H₁₂O₆) dari senyawa anorganik (CO₂ dan H₂O) oleh klorofil dengan bantuan cahaya.
- Persamaan reaksi fotosintesis secara umum, yaitu:



- Tahapan dalam fotosintesis merupakan rangkaian dari suatu proses penangkapan energi cahaya (*fotosistem*), aliran elektron, dan penggunaannya.
- Fotosistem merupakan unit yang terdiri atas klorofil a, kompleks *antena*, dan akseptor elektron yang mampu menangkap energi cahaya matahari (foton).
- Pada klorofil a terdapat dua jenis fotosistem, yaitu:

1. **Fotosistem I** atau disebut P700 karena mampu menyerap cahaya dengan baik pada panjang gelombang 700 nm.
 2. **Fotosistem II** atau disebut P680 karena sensitif terhadap energi cahaya pada panjang gelombang 680 nm.
- Berdasarkan sifatnya, aliran elektron dalam fotosistem terdiri atas dua rute, yaitu:
 1. **Aliran elektron siklik**, terjadi di fotosistem I.
 2. **Aliran elektron nonsiklik**, terjadi di fotosistem II.
 - Proses fotosintesis terjadi di kloroplas dan berlangsung melalui dua tahap reaksi, yaitu:
1. **Reaksi terang**
 - ✓ Tahap reaksi yang memerlukan cahaya.
 - ✓ Prosesnya terjadi di grana (membran tilakoid) dalam kloroplas.
 - ✓ Terdapat tiga proses, yaitu:
 - Penyerapan cahaya oleh pigmen fotosintesis serta pelepasan elektron (selanjutnya masuk ke sistem transpor elektron).
 - Pemecahan molekul H_2O menjadi gas O_2 dari reaksi fotolisis hingga terbentuk ATP dan NADPH.
 - Penerimaan kembali elektron oleh pigmen fotosintesis.
 - ✓ Hasil akhir dari tahap reaksi terang adalah ATP, NADPH, dan gas O_2 .
 2. **Reaksi gelap**
 - ✓ Tahap reaksi fotosintesis yang tidak memerlukan cahaya.
 - ✓ Prosesnya terjadi di stroma dalam kloroplas.
 - ✓ Terdapat tiga fase, yaitu:
 - **Fase karboksilasi**, yaitu CO_2 diikat oleh RuBP (Ribulosa bifosfat) hingga membentuk senyawa APG (asam fosfogliserat).
 - **Fase reduksi**, yaitu APG tereduksi menjadi APGL (asam fosfogliseraldehida) oleh H_2 dari NADPH₂ dan menerima gugus

fosfat dari ATP (6 CO_2 membentuk 12 molekul APGL).

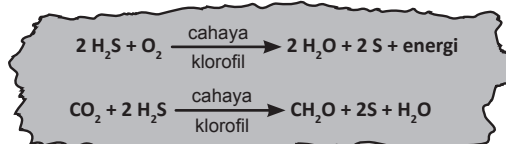
- **Fase regenerasi**, yaitu 10 APGL direduksi kembali menjadi RuBP dan sisanya (2 APGL) diubah menjadi glukosa.

b. Kemosintesis

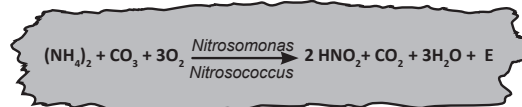
Kemosintesis merupakan penyusunan bahan organik menggunakan sumber energi melalui pemecahan senyawa kimia.

Proses kemosintesis umumnya dilakukan oleh beberapa mikroorganisme, yaitu:

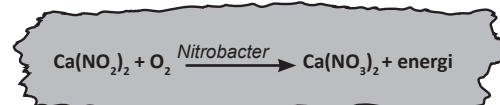
1. **Bakteri belerang**, yaitu *Thiobacillus* yang memperoleh energi dari hasil oksidasi H_2S dan selanjutnya digunakan untuk fiksasi CO_2 menjadi gula. Reaksinya, yaitu:



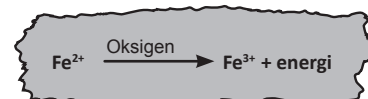
2. **Bakteri nitrit**, misalnya *Nitrosomonas* dan *Nitrosococcus* yang mendapatkan energi dengan mengoksidasi NH_3 menjadi asam nitrit. Reaksinya, yaitu:



3. **Bakteri nitrat**, misalnya *Nitrobacter* yang memperoleh energi dari hasil oksidasi senyawa nitrit menjadi nitrat. Reaksinya, yaitu:



4. **Bakteri besi**, misalnya *Lipotrik* yang memperoleh energi dari hasil oksidasi ferro menjadi ferri. reaksinya, yaitu:



C. Enzim

Enzim merupakan senyawa protein yang berperan sebagai biokatalisator, yaitu dapat mengatur kecepatan reaksi kimia yang berlangsung dalam sel tubuh.

a. Komponen Enzim

Kesatuan enzim (*holoenzim*) tersusun atas komponen-komponen berikut, yaitu:

1. **Apoenzim**, yaitu bagian enzim yang berupa protein dan umumnya bersifat *termolabil* (tidak tahan panas).
2. **Gugus prostetik**, yaitu bagian yang bukan protein pada enzim, apabila berasal dari senyawa anorganik (ion logam) disebut *kofaktor* dan jika berasal dari senyawa organik kompleks (misalnya, NADH, FADH, dan vitamin B) maka disebut *koenzim*.

b. Sifat-sifat Enzim

1. Berperan sebagai biokatalisator.
2. Bekerja secara spesifik, artinya hanya bekerja pada substrat tertentu.
3. Kerja dipengaruhi oleh suhu dan pH. Suhu optimum enzim sekitar 40°C dengan nilai pH yang berbeda untuk setiap enzim.
4. Dapat bekerja secara *reversible* atau bolak-balik.

c. Mekanisme Kerja Enzim

Terdapat dua macam teori mekanisme kerja enzim, yaitu:

1. **Teori lock and key (kunci gembok)**
Enzim berperan sebagai gembok dan memiliki bagian kecil yang dapat mengikat *substrat* sebagai kunci dan bagian itu disebut *sisi aktif enzim*.
2. **Teori Induced fit (induksi pas)**
Pada model ini, sisi aktif enzim dapat berubah bentuk sesuai dengan bentuk substrat.

d. Faktor-faktor yang Memengaruhi Kinerja Enzim

1. Temperatur

Pada temperatur tinggi enzim akan mengalami *denaturasi* protein, sedangkan pada temperatur rendah dapat menghambat laju reaksi. Temperatur optimum enzim, yaitu sekitar 30°—40°C.

2. Perubahan pH

Perubahan pH dapat memengaruhi perubahan asam amino pada sisi aktif enzim sehingga menghalangi sisi aktif bergabung dengan substrat.

3. Konsentrasi enzim dan substrat

Agar reaksi berjalan optimum maka perbandingan jumlah enzim dengan substrat harus sesuai.

4. Inhibitor

Inhibitor merupakan zat yang dapat menghambat kinerja enzim. Terdapat dua jenis inhibitor berdasarkan cara kerjanya, yaitu:

- **Inhibitor kompetitif**, yaitu jenis inhibitor yang memiliki struktur mirip dengan substrat sehingga baik substrat maupun inhibitor berkompetisi untuk bergabung dengan sisi aktif enzim.
- **Inhibitor nonkompetitif**, yaitu jenis inhibitor yang berikatan bukan di sisi aktif enzim, tetapi mengubah bentuk sisi aktif enzim sehingga kompleks enzim-substrat tidak terbentuk.

e. Klasifikasi Enzim

Berdasarkan jenis reaksi yang dialami, enzim diklasifikasikan menjadi dua golongan, yaitu:

1. Enzim golongan *hidrolase*, yaitu enzim yang dapat mengubah substrat dalam kondisi berair (terdapat penambahan air).
Contoh: enzim karboksilase, protease, dan lipase.
2. Enzim golongan *desmolase*, yaitu golongan enzim yang dapat memecah ikatan C-C atau C-N.
Contoh: enzim peroksidase, dehidrogenase, katalase, karboksilase, dan transaminase.

Bab 21

Pola-Pola Hereditas

A. Hukum Pewarisan Sifat

Hukum pewarisan sifat ditemukan oleh Gregor Mendel.

a. Hukum I Mendel (Hukum Segregasi)

- “Pada waktu berlangsung pembentukan gamet, tiap pasang gen akan disegregasi ke dalam masing-masing gamet yang terbentuk.”
- Hukum ini disimpulkan dalam perkawinan monohibrid, yaitu perkawinan antara dua spesies yang sama dengan satu sifat yang berbeda.

Contoh:

Generasi 1, P₁ (persilangan 1)

Fenotipe: tanaman x tanaman
bunga ungu berbunga putih

Genotipe: UU x uu

Gamet: U x u

F₁: 100% Uu tanaman anakan berwarna ungu (Uu disebut tanaman berwarna ungu karena U lebih dominan).

Generasi 2, P₂ (persilangan 2)

Fenotipe: tanaman x tanaman
berbunga ungu berbunga ungu

Genotipe: Uu x Uu

Gamet: U, u x U, u

F₂: 1 UU (tanaman berwarna ungu) : 2 Uu (tanaman berwarna ungu) : 1 uu (tanaman berwarna putih).

	U	u
U	UU	Uu
u	Uu	uu

Rasio genotipe F₂ = 3 (ungu) : 1 (putih)

Jadi, hasil persilangan adalah 75 % tanaman warna ungu dan 25 % tanaman warna putih.

Keterangan: Induk = parental ; Anakan = filial
Induk pada generasi pertama = parental 1 (P₁)
Anakan pada generasi pertama = filial 1 (F₁)

b. Hukum II Mendel

- Penggabungan secara bebas menyertai terbentuknya gamet pada perkawinan dihibrid.
- Perkawinan dihibrid adalah perkawinan dengan dua sifat beda.

Contoh: persilangan antara tanaman berbiji bulat dan berwarna hijau dengan tanaman berbiji keriput berwarna kuning.

Generasi 1, P₁ (persilangan 1)

Fenotipe: biji bulat, x biji keriput,
warna hijau warna kuning

Genotipe: BBHH x bbhh

Gamet: BH x bh

F₁: 100 % BbHh (biji bulat berwarna hijau)

Generasi 2, P₂ (persilangan 2)

Fenotipe: biji bulat, x biji bulat,
warna hijau warna hijau

Genotipe: BbHh x BbHh

Gamet: BH, Bh, x BH, Bh,
bH, bh bH, bh

F₂:

	BH	Bh	bH	bh
BH	BBHH	BBHh	BbHH	BbHh
Bh	BBHh	BBhh	BbHh	Bbhh
bH	BbHH	BbHh	bbHH	bbHh
bh	BbHh	Bbhh	bbHh	bbhh

Rasio fenotipe:

- Populasi anakan berfenotipe biji bulat warna hijau (B•H•) adalah 9.
- Populasi anakan berfenotipe biji bulat warna kuning (B•hh) adalah 3.
- Populasi anakan berfenotipe biji keriput warna hijau (bbH•) adalah 3.
- Populasi anakan berfenotipe biji keriput warna kuning (bbhh) adalah 1.

Keterangan: tanda (B•) menunjukkan kemungkinan genotipe BB atau Bb. Tanda (H•) menunjukkan kemungkinan genotipe HH atau Hh.

Jadi,

- Kemungkinan populasi anakan berfenotipe biji bulat warna hijau 9/16 (artinya, 9 dari 16 kemungkinan).
- Kemungkinan populasi anakan berfenotipe biji bulat warna kuning 3/16.
- Populasi anakan berfenotipe biji keriput warna hijau 3/16.
- Populasi anakan berfenotipe biji keriput warna kuning 1/16.

B. Penyimpangan Semu Hukum Mendel

a. Kriptomeri

Yaitu, sifat suatu gen dominan yang apabila berdiri sendiri maka sifat gen tersebut akan tersembunyi, tetapi jika gen tersebut bertemu gen dominan lainnya, sifat gen akan muncul.

Contoh: persilangan tumbuhan bunga *Linaria maroccana* warna merah dengan putih.

Generasi 1, persilangan 1

Fenotipe: berwarna merah x berwarna putih

Genotipe: MMpp x mmPP

Gamet: Mp x mP

F₁: 100 % bunga berwarna ungu (MmPp)

Generasi 2, persilangan 2

Fenotipe: berwarna ungu x berwarna ungu

Genotipe: MmPp x MmPp

Gamet: MP, Mp, mP, mp x MP, Mp, mP, mp

F₂:

	MP	Mp	mP	mp
MP	MMPP	MMpp	MmPP	MmPp
Mp	MMpp	MMpp	MmPp	Mmpp
mP	MmPP	MmPp	mmPP	mmPp
mp	MmPp	Mmpp	mmPp	mmpp

Rasio fenotipe:

- Populasi anakan berfenotipe bunga ungu (M•P•) = 9
- Populasi anakan berfenotipe bunga merah (M•pp) = 3
- Populasi anakan berfenotipe bunga putih (mmP•) = 3
- Populasi anakan berfenotipe bunga putih (mmpP) = 1

Kriptomeri: warna ungu tersembunyi jika gamet dominan M tidak bertemu gamet dominan P.

Jadi, **rasio anakannya adalah 9 : 3 : 3 : 1**

b. Epistasis – Hipostasis

Gen yang sifatnya memengaruhi (menghalangi) gen lain yang bukan pasangan alelnya disebut **gen epistasis**, sedangkan gen yang dipengaruhi (dihalangi) disebut **gen hipostasis**.

Contoh: (epistasi dominan)

Labu putih (PPKK) disilangkan dengan labu hijau (ppkk), akan menghasilkan F₁ putih heterozigot.

Generasi 1, persilangan 1

Fenotipe: labu putih x labu hijau
Genotipe: PPKK x ppkk
Gamet: PK x pk

F₁: 100 % labu putih (PpKk)

Generasi 2, persilangan 2

Fenotipe: labu putih x labu putih
Genotipe: PpKk x PpKk
Gamet: PK, Pk, x PK, Pk,
pK, pk pK, pk

F₂:

	PK	Pk	pK	pk
PK	PPKK	PPKk	PpKK	PpKk
Pk	PPKk	PPkk	PpKk	Ppkk
pK	PpKK	PpKk	ppKK	ppKk
pk	PpKk	Ppkk	ppKk	ppkk

Rasio fenotipe:

- Populasi anakan berfenotipe labu putih (P•K•) = 9
- Populasi anakan berfenotipe labu putih (P•kk) = 3
- Populasi anakan berfenotipe labu kuning (ppK•) = 3
- Populasi anakan berfenotipe labu hijau (ppkk) = 1

Gen epistasis dominan P akan selalu memunculkan labu berwarna putih dan menutupi pengaruh semua pasangan alelnya. Jadi, **rasio anakannya adalah 12 : 3 : 1**

Pada peristiwa epistasis resesif, gen dengan alel homozigot resesif memengaruhi gen lain.

Contoh: persilangan antara tikus warna hitam (HHaa) dengan tikus warna putih (hhAA), akan menghasilkan F₁ 100 % tikus warna abu-abu (HhAa).

Generasi 1, persilangan 1

Fenotipe: tikus hitam x tikus putih
Genotipe: HHaa x hhAA
Gamet: Ha x hA

F₁: 100 % tikus abu-abu (HhAa)

Generasi 2, persilangan 2

Fenotipe: tikus abu-abu x tikus abu-abu
Genotipe: HhAa x HhAa
Gamet: HA, Ha, hA, ha x HA, Ha, hA, ha

F₂:

	HA	hA	Ha	ha
HA	HHAa	HhAA	HHAa	HhAa
hA	HhAA	hhAA	HhAa	hhAa
Ha	HHAa	HhAa	HHaa	Hhaa
ha	HhAa	hhAa	Hhaa	hhaa

Rasio fenotipe:

- Populasi anakan berfenotipe tikus abu-abu (H•A•) = 9
- Populasi anakan berfenotipe tikus hitam (H•aa) adalah 3
- Populasi anakan berfenotipe tikus putih (hhA•) adalah 3
- Populasi anakan berfenotipe tikus putih (hhaa) adalah 1

Gen epistasis resesif a homozigot (aa) dapat memengaruhi atau menutupi gen dominan H, yaitu membentuk tikus berambut hitam. Jadi, rasio anakannya adalah 9 : 3 : 4

c. Komplementer (Epistasis Gen Resesif Rangkap)

Komplementer merupakan interaksi beberapa gen yang saling melengkapi. Jika salah satu gen bersifat homozigot resesif maka pemunculan suatu karakter oleh gen yang lain menjadi tidak sempurna/ terhalang.

Contoh: persilangan antara sesama tikus warna putih, tetapi berbeda genotipe.

Generasi 1, persilangan 1

Fenotipe: tikus putih x tikus putih
Genotipe: AAbb x aaBB
Gamet: Ab x aB

F₁: 100 % tikus abu-abu (AaBb)

Generasi 2, persilangan 2

Fenotipe: tikus abu-abu x tikus abu-abu

Genotipe: AaBb x AaBb

Gamet: AB, Ab, aB, ab x AB, Ab, aB, ab

F₂:

	AB	aB	Ab	ab
AB	AABB	AaBB	AABb	AaBb
aB	AaBB	aaBB	AaBb	aaBb
Ab	AABb	AaBb	AAbb	Aabb
ab	AaBb	aaBb	Aabb	aabb

Rasio fenotipe:

- Populasi anakan berfenotipe tikus abu-abu (A•B•) = 9
- Populasi anakan berfenotipe tikus putih (A•bb) = 3
- Populasi anakan berfenotipe tikus putih (aaB•) = 3
- Populasi anakan berfenotipe tikus putih (aabb) = 1

Gen resesif homozigot (aa••) atau (••bb) dapat menutupi pengaruh gen dominan A atau B dengan membentuk tikus berwarna putih.

Jadi, perbandingan rasio anakan adalah 9 : 7

d. Polimeri

Polimeri merupakan bentuk interaksi gen yang bersifat kumulatif (saling menambah).

Contoh: persilangan gandum berbiji merah gelap dengan gandum berbiji putih (dilakukan oleh H. Nilson Ehle pada tahun 1913)

Generasi 1, persilangan 1

Fenotipe: gandum berbiji merah gelap x gandum berbiji putih

Genotipe: M₁M₁M₂M₂ x m₁m₁m₂m₂

Gamet: M₁M₂ x m₁m₂

F₁: 100 % gandum berbiji merah sedang (M₁m₁M₂m₂)

Generasi 2, persilangan 2

Fenotipe: gandum berbiji merah sedang x gandum berbiji merah sedang

Genotip: M₁m₁M₂m₂ x M₁m₁M₂m₂

Gamet: M₁M₂, M₁m₂, m₁M₂, m₁m₂ x M₁M₂, M₁m₂, m₁M₂, m₁m₂

F₂:

	M ₁ M ₂	M ₁ m ₂	m ₁ M ₂	m ₁ m ₂
M ₁ M ₂	M ₁ M ₁ M ₂ M ₂	M ₁ M ₁ M ₂ m ₂	M ₁ m ₁ M ₂ M ₂	M ₁ m ₁ M ₂ m ₂
M ₁ m ₂	M ₁ M ₁ M ₂ m ₂	M ₁ M ₁ m ₂ m ₂	M ₁ m ₁ M ₂ m ₂	M ₁ m ₁ m ₂ m ₂
m ₁ M ₂	M ₁ m ₁ M ₂ M ₂	M ₁ m ₁ M ₂ m ₂	m ₁ m ₁ M ₂ M ₂	m ₁ m ₁ M ₂ m ₂
m ₁ m ₂	M ₁ m ₁ M ₂ m ₂	M ₁ m ₁ m ₂ m ₂	m ₁ m ₁ M ₂ m ₂	m ₁ m ₁ m ₂ m ₂

Rasio fenotipe:

- Populasi anakan berfenotipe merah gelap (M₁M₁M₂M₂) = 1.
- Populasi anakan berfenotipe merah sedang yang memiliki dua genotipe dominan, seperti M₁M₁m₂m₂ atau M₁m₁M₂m₂ adalah 6.
- Populasi anakan berfenotipe merah muda M₁m₁m₂m₂ dan m₁m₁M₂m₂ adalah 4.
- Populasi anakan berfenotipe putih m₁m₁m₂m₂ adalah 1.
- Populasi anakan berfenotipe merah M₁m₁M₂M₂ dan M₁M₁M₂m₂ adalah 2.

Jadi, gandum berbiji merah (merah muda, merah sedang, dan merah gelap) adalah 15 dan gandum berbiji putih adalah 1. Maka, perbandingan rasionya 15 : 1

e. Atavisme

Yaitu, munculnya suatu sifat sebagai akibat interaksi dari beberapa gen.

Contoh: perkawinan ayam berjengger rose (RRpp) dengan ayam berjengger pea (rrPP) akan dihasilkan F₁ 100 % ayam berjengger walnut.

Generasi 1, persilangan 1

Fenotipe: rose x pea

Genotipe: RRpp x rrPP

Gamet: Rp x rP

F₁: 100 % ayam berjengger walnut (RrPp)

Generasi 2, persilangan 2

Fenotipe: walnut x walnut

Genotipe: RrPp x RrPp

Gamet: RP, Rp, rP, rp x RP, Rp, rP, rp

F₂:

	RP	rP	Rp	rp
RP	RRPP	RrPP	RRPp	RrPp
rP	RrPP	rrPP	RrPp	rrPp
Rp	RRPp	RrPp	RRpp	Rrpp
rp	RrPp	rrPp	Rrpp	rrpp

Rasio fenotipe:

- Populasi anakan berfenotipe ayam jengger *walnut* (R•P•) = 9
- Populasi anakan berfenotipe ayam jengger *pea* (rr••) = 3
- Populasi anakan berfenotipe ayam jengger *rose* (••pp) = 3
- Populasi anakan berfenotipe ayam jengger *single* (rrpp) = 1

Jadi, rasio anakannya adalah 9 : 3 : 3 : 1

C. Tautan

a. Tautan Autosomal (Non-kelamin)

- Tautan autosomal merupakan gen yang terletak pada kromosom yang sama, tetapi tidak dapat bersegregasi (berpisah) secara bebas, dan cenderung diturunkan bersama.
- Thomas Hunt Morgan adalah orang pertama yang menghubungkan suatu gen tertentu dengan kromosom khusus. Di dalam penelitiannya, Morgan melakukan penyilangan antara lalat buah (*Drosophila*) betina tipe mutan (alelnya mengalami perubahan/mutasi) yang mempunyai ciri tubuh berwarna abu-abu dan bersayap normal (BbVv) dengan lalat buah jantan berwarna hitam dan bersayap vestigial/berkerut (bbvv).

- Hasil yang diharapkan adalah 1 warna abu-abu sayap normal, 1 hitam vestigial, 1 abu-abu vestigial, 1 hitam normal.
- Tetapi pada hasil percobaan, didapatkan hasil yang tidak proporsional antara lalat buah tipe normal dengan mutan ganda. Fenotipe hasil persilangan ternyata tidak jauh berbeda dengan fenotipe induknya. Menurut Thomas Hunt Morgan, kejadian ini dikarenakan gen-gen untuk kedua karakter induk tersebut terletak pada kromosom yang sama sehingga diturunkan bersama pada anakan.

b. Tautan Kelamin

Tautan kelamin merupakan gen yang terletak pada kromosom kelamin dan sifat yang ditimbulkannya diturunkan bersama dengan jenis kelamin.

D. Pindah Silang (Crossing Over)

Yaitu, peristiwa pertukaran gen-gen suatu kromatid dengan gen-gen kromatid homolognya.

E. Gagal Berpisah (Non-Disjunction)

- Gagal berpisah terjadi pada:
 1. Gen yang bertautan, waktu terjadi pindah silang tidak dapat berpisah.
 2. Gen alel bebas, waktu anafase kromosomnya gagal memisahkan diri dari pasangannya sehingga terbawa ke satu kutub.
- Bila gen A dan gen B bertautan dan genotip AaBb mengalami gagal berpisah maka macam gamet yang dibuat adalah: AaB dan b atau Abb dan a.

- Jika gamet yang gagal berpisah berhasil berfertilisasi maka kemungkinan yang terjadi adalah tidak dapat menjadi individu baru atau dapat menjadi individu baru, tetapi dengan kelainan/sindrom.

F. Alel Letal

Yaitu, alel yang dapat menyebabkan kematian bagi individu yang dimilikinya.

Macamnya:

1. **Letal resesif:** apabila dalam keadaan homozigot resesif menyebabkan kematian, misal tumbuhan berdaun albino yang mempunyai gen resesif homozigot (gg).
2. **Letal dominan:** apabila dalam keadaan homozigot dominan menyebabkan kematian, misal ayam berjambul (CrCr), tetapi ketika ayam berjambul bergenotip heterozigot (Crcr) maka ayam berjambul dapat bertahan hidup.

G. Penentuan Jenis Kelamin

Terdapat 4 cara penentuan jenis kelamin, yaitu:

- **Tipe XY (terdapat pada manusia)**
Laki-laki mengandung gamet XX dan perempuan XY.
- **Tipe XO (terdapat pada serangga terutama belalang)**
Jantan mengandung gamet XO dan betina XX.
- **Tipe ZW (terdapat pada burung)**
Jantan mengandung gamet ZZ dan betina ZW.
- **Penentuan jenis kelamin lebah madu**
Lebah madu tidak berdasarkan kromosom seks karena tidak memiliki kromosom seks. Lebah jantan memiliki jumlah kromosom haploid dan lebah betina diploid.

Bab 22

Reproduksi Sel, Substansi Genetik dan Mutasi

A. Reproduksi Sel (Pembelahan Sel)

a. Pengertian

Terdapat tiga cara pembelahan sel, yaitu:

1. Amitosis (pembelahan biner)

Yaitu, pembelahan yang dilakukan secara langsung tanpa melalui tahap-tahap pembelahan dan pembentukan kromosom. Misalnya, pada organisme prokariotik (bakteri, alga biru, dan protozoa).



2. Mitosis dan meiosis

- Terjadi pada sel eukariotik
- Perbedaan antara mitosis dan meiosis

No.	Pembeda	Mitosis	Meiosis
1.	Tempat terjadinya	Sel somatik	Sel kelamin gamet
2.	Sel anakan hasil pembelahan sel	2 sel anakan masing-masing diploid (2n)	4 sel anakan masing-masing haploid (n)
3.	Kromosom sel anakan	Sama dengan induknya	Mengandung separuh kromosom sel induk
4.	Tujuan	Untuk regenerasi	Menghasilkan sel kelamin

b. Tahap-tahap Pembelahan Sel

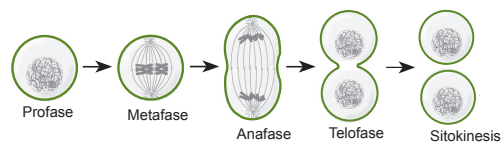
1. Pembelahan sel secara mitosis

Pembelahan sel secara mitosis terdiri atas:

- Fase istirahat (interfase): persiapan

sebelum pembelahan sel yang ditandai dengan replikasi DNA.

- Fase pembelahan inti sel (kariokinesis), terdiri atas:



✓ Profase

Pada fase ini, nukleolus dan membrannya melebur. Kromosom (pembawa benang-benang DNA) terdiri atas dua kromatid.

✓ Metafase

Kromosom mulai terikat di bidang ekuator benang spindel (bidang pembelahan) melalui sentromer.

✓ Anafase

Kromosom terpisah menjadi dua kromatid, kemudian kedua kromatid memisah dan bergerak ke kutub berlawanan.

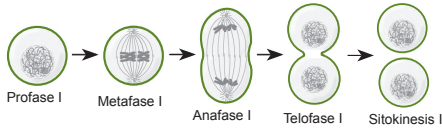
✓ Telofase

Pada fase ini, nukleolus dan membran mulai terbentuk, kromatid kembali menjadi kromosom.

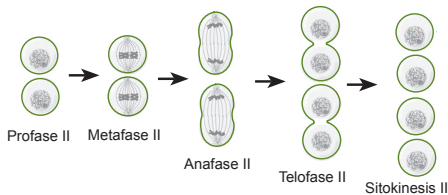
- Fase pembelahan sitoplasma (sitokinesis): pembentukan sekat sel yang baru dengan memisahkan dua inti menjadi dua sel anakan.

2. Pembelahan sel secara meiosis

Pembelahan secara meiosis atau pembelahan reduktif terjadi melalui dua tahap, yaitu meiosis I dan meiosis II.



- **Meiosis I**, terdiri atas: interfase I, profase I, metafase I, anafase I, telofase I, sitokinesis I, dan interkinesis (tahap di antara meiosis I dan meiosis II).
- **Meiosis II**, terdiri atas: profase II, metafase II, anafase II, telofase II, sitokinesis II.

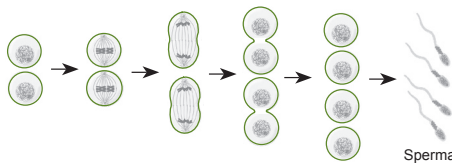


c. Gametogenesis

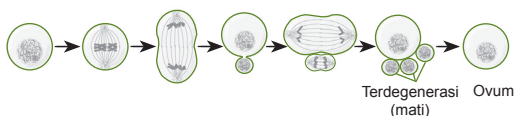
Yaitu, proses terbentuknya gamet (sel kelamin). Gametogenesis terjadi secara meiosis.

1. Pada hewan

- **Spermatogenesis** (pada hewan jantan): menghasilkan empat sperma haploid.



- **Oogenesis** (pada hewan betina): menghasilkan satu sel telur haploid.



2. Pada tumbuhan

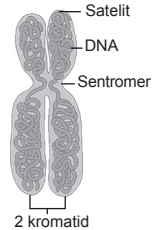
- **Mikrosporogenesis** (pada tumbuhan jantan): menghasilkan empat mikrospora yang haploid.

- **Megasporogenesis** (pada tumbuhan betina): menghasilkan delapan megaspora yang haploid.

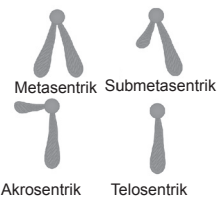
B. Substansi Genetika

a. Kromosom

- Yaitu, struktur padat yang terdiri atas protein dan DNA/ RNA yang terletak di dalam nukleus.
- Berdasarkan jenisnya, kromosom dibedakan menjadi dua, yaitu:
 1. Autosom: kromosom tubuh
 2. Gonosom: kromosom kelamin
- Berdasarkan letak sentromernya, kromosom dibedakan menjadi empat yaitu:



1. **Telosentrik**, letak sentromer di ujung suatu kromatid.



2. **Metasentrik**, letak sentromer di tengah-tengah lengan kromatid.
3. **Submetasentrik**, letak sentromer tidak berada di tengah-tengah kromatid sehingga lengan kromatid terbagi tidak sama panjang.
4. **Akrosentrik**, letak sentromer antara ujung dan tengah lengan kromatid.

b. Gen

- Yaitu, unit instruksi untuk menghasilkan atau memengaruhi suatu sifat hereditas (turunan) tertentu. Gen terdiri atas unit informasi genetika (DNA) yang diselubungi dan diikat oleh protein.
- Alel merupakan versi alternatif gen yang menjelaskan tentang adanya variasi pada pewarisan sifat.



- Susunan pada gen:

1. DNA (Asam Deoksiribonukleat)

- ✓ Merupakan tempat penyimpanan informasi genetika.
- ✓ Tersusun atas tiga gugus/molekul, yaitu:
 - **Gula deoksiribosa**, yaitu gugus gula pentosa (gula yang memiliki 5 karbon)
 - **Basa nitrogen**, meliputi:
 - Basa purin = adenin (A) dan guanin (G).
 - Basa pirimidin = timin (T) dan sitosin (C).
 - **Gugus fosfat**.
- ✓ Ketentuan pasangan basa nitrogen Chargaff:
 - Jumlah adenin sama dengan timin dan membentuk dua ikatan hidrogen (A = T).
 - Jumlah guanin sama dengan sitosin dan membentuk tiga ikatan hidrogen (G = C).
- ✓ Model replikasi DNA meliputi:
 - **Model konservatif**: dua rantai DNA tetap (tidak berubah) karena hanya berfungsi untuk cetakan dua rantai DNA baru.
 - **Model semikonservatif**: dua rantai DNA lama terpisah dan bertukar rantai dengan dua rantai yang baru.
 - **Model dispersif**: beberapa bagian dari kedua rantai DNA lama digunakan sebagai cetakan sintesis rantai DNA baru.

2. RNA (Ribonucleic Acid)

- ✓ Fungsi:
 - Sebagai penyimpanan informasi genetika, misal: pada virus.
 - Sebagai penyalur informasi genetika, misal: proses translasi pada sintesis

protein.

- Sebagai enzim yang dapat mengkatalis formasi RNA-nya sendiri maupun RNA lain.
- ✓ Tersusun atas:
 - Gula ribosa
 - Basa nitrogen, meliputi:
 - Basa purin = adenin (A) dan guanin (G).
 - Basa pirimidin = urasil (U) dan sitosin (C).
 - Gugus fosfat.
- ✓ RNA terdiri atas tiga jenis, yaitu:
 - **RNA_d (duta)**, membawa pesan atau kode genetika dari kromosom ke ribosom di sitoplasma.
 - **RNA_r (ribosomal)**, berfungsi sebagai komponen struktural penyusun ribosom.
 - **RNA_t (transfer)**, berfungsi membawa asam amino satu per satu ke ribosom yang kemudian disusun menjadi protein.

- Perbedaan DNA dan RNA

No.	Pembeda	DNA	RNA
1.	Bentuk	Rantai panjang, ganda, berpilin	Rantai pendek, tunggal, tidak berpilin
2.	Letak	Di dalam nukleus, kloroplas, mitokondria	Di dalam nukleus, sitoplasma, kloroplas, mitokondria
3.	Kadar	Tetap	Tidak tetap
4.	Komponen: Gula Basa nitrogen - Purin - Pirimidin	Adenin, Guanin Timin, Sitosin	Adenin, Guanin Urasil, Sitosin

c. Sintesa Protein

- Sintesis protein terdiri atas dua tahap, yaitu:

1. Tahap transkripsi

- ✓ Proses pembentukan RNA_d oleh DNA di dalam inti sel dengan dibantu enzim polimerase.

- ✓ RNAd yang terbentuk melepaskan diri dari nukleus atau inti sel menuju ke ribosom.

2. Tahap translasi

- ✓ Menerjemahkan urutan basa molekul (nukleotida) RNAd menjadi urutan asam amino polipeptida (protein) di dalam sitoplasma (ribosom).
- Mekanisme sintesa protein:
 1. DNA melakukan transkripsi (membentuk RNAd).
 2. RNAd melepaskan diri dari DNA dan membawa kode genetik meninggalkan nukleus, kemudian pergi ke ribosom yang terdapat di sitoplasma.
 3. RNAt yang ada di ribosom, mentransfer asam amino.
 4. RNAd dan asam amino yang dibawa RNAt akan diterjemahkan menjadi polipeptida (protein).
 5. Protein yang terbentuk merupakan enzim yang mengatur metabolisme sel.

C. Mutasi

a. Penjelasan

Mutasi adalah perubahan susunan molekul gen (DNA) yang dapat diwariskan secara genetis pada turunannya.

Organisme yang mengalami mutasi disebut mutan. Penyebab mutasi disebut mutagen.

b. Tingkat Mutasi

1. Mutasi gen (mutasi titik)

Adalah perubahan kimiawi pada satu atau beberapa pasangan basa dalam satu gen tunggal.

Macam mutasi gen:

- **Substitusi pasangan basa**, yaitu penggantian satu nukleotida dan pasangannya dengan pasangan nukleotida yang lain di dalam rantai DNA komplementer.

- **Transisi:** substitusi pasangan basa sejenis, misalnya substitusi satu purin oleh purin yang lain atau satu pirimidin dengan pirimidin yang lain.
- **Transversi:** substitusi pasangan basa yang tidak sejenis, misalnya substitusi suatu purin dengan pirimidin atau pirimidin dengan purin.

- **Mutasi pergeseran kerangka**, yaitu penambahan atau pengurangan satu atau lebih pasangan nukleotida pada suatu gen.

- **Inseri:** penambahan satu/lebih pasangan basa pada suatu gen.
- **Delesi:** pengurangan satu/lebih pasangan basa pada suatu gen.

2. Mutasi kromosom

Adalah mutasi struktur genetik yang disebabkan oleh perubahan susunan dan jumlah kromosom.

Macam mutasi kromosom:

- Mutasi struktur kromosom
 - **Delesi:** patahnya fragmen kromosom yang mengakibatkan hilangnya gen-gen tertentu yang terdapat dalam kromosom tersebut.
 - **Duplikasi:** penambahan sebagian gen pada kromosom karena kromosom berikatan dengan fragmen kromosom homolog lainnya.
 - **Inversi:** fragmen kromosom yang patah kembali ke kromosom asalnya dengan posisi terbalik.
 - **Translokasi:** fragmen kromosom patahan berikatan dengan kromosom non-homolog dan terjadi penataan ulang susunan kromosomnya.
- Mutasi jumlah kromosom
 - **Euploid:** perubahan atau variasi jumlah set dasar kromosom (denom) terkecil di dalam suatu sel yang dimiliki oleh organisme.

Contoh: organisme triploid ($3n$), tetraploid ($4n$).

- **Aneuploidi:** variasi jumlah kromosom yang diakibatkan adanya pengurangan atau penambahan satu atau sejumlah kecil kromosom, tetapi tidak berlangsung pada seluruh genom.

Contoh: • Monosomi ($2n - 1$)
• Trisomi ($2n + 1$)

Mutasi kromosom pada manusia:

- **Sindrom Turner:** $44 A + x$ g menyebabkan kekerdilan, terjadi satu kali setiap 5.000 kelahiran.
- **Sindrom Klinefelter:** $44 A + xxy$ g terjadi pada laki-laki, yang menyebabkan testisnya berukuran kecil.
- **Sindrom Cri du chat** (tangisan kucing): $45 A + xy/xx$ g menyebabkan keterbelakangan mental.

- **Sindrom wanita super:** $44 A + xxx$ g sulit untuk dibedakan dengan wanita normal, sering terjadi kematian ketika masih anak-anak.

c. Mutasi Berdasarkan Tempat Terjadinya

1. Mutasi gametik: mutasi yang terjadi pada sel gamet.
2. Mutasi somatik: mutasi yang terjadi pada sel-sel soma (sel tubuh).

d. Mutagen pada Mutasi

1. Bahan kimia: pestisida, formaldehid, hidoksil amino.
2. Bahan fisika : unsur radioaktif (uranium, sinar-X).
3. Bahan biologi: virus dan bakteri.