

Pengantar Biologi

A. Cabang Ilmu Biologi

Morfologi: mempelajari penampilan fisik makhluk hidup.

Anatomi: mempelajari struktur tubuh makhluk hidup.

Botani: mempelajari tumbuhan.

Zoologi: mempelajari hewan.

Mikrobiologi: mempelajari mikroorganisme.

Mikologi: mempelajari jamur.

Ekologi: mempelajari hubungan makhluk hidup dengan lingkungan (ekosistem)

Genetika: mempelajari pewarisan sifat makhluk hidup.

Taksonomi: mempelajari klasifikasi makhluk hidup.

Evolusi: mempelajari perkembangan dan kekerabatan makhluk hidup.

B. Jenis Penelitian

Penelitian deskriptif	Mengetahui dan menggambarkan fenomena biologi dan tanpa hipotesa yang dirumuskan secara ketat.
Penelitian eksploratif	Merumuskan masalah penelitian dengan jelas dan lebih terperinci. Mengembangkan hipotesis.
Penelitian explanatory	Menjelaskan hubungan-hubungan antarvariabel.

C. Proses Penelitian Biologi

Pemecahan masalah dengan metode ilmiah melalui tahap-tahap berikut.

1. Merumuskan masalah dan mengidentifikasi masalah
2. Observasi dan pengumpulan data
3. Mengajukan hipotesis.
4. Melakukan eksperimen/percobaan
5. Analisis hasil percobaan.
6. Menarik kesimpulan.

D. Keanekaragaman Hayati

Keanekaragaman gen	Variasi kelapa: kelapa gading, kelapa hijau Variasi anjing : anjing bulldog, anjing herder, pitbull
Keanekaragaman jenis	Famili Felidae (Felis domesticus- kucing dan Felis tigris – harimau)
Keanekaragaman ekosistem	Ekosistem laut → biotik: cumi-cumi, kepiting, rumput laut. Abiotik: terumbu karang, pasir laut, karang Ekosistem sungai → ikan nila, lele, cacing. Abiotik: batu sungai.

E. Sistem Klasifikasi

Alami	Aristoteles: hewan darat & hewan air Theopratus: mengelompokkan tumbuhan menjadi pohon, perdu, semak dan gulma.
Buatan	John Ray: persamaan ciri morfologi, Carolus Linnaeus
Filogenetik (Pohon Evolusi)	JB de Lamarck Charles Darwin
Binomial Nomenklatur (Sistem Tata Nama Ganda) Dirintis oleh Carolus Linnaeus	
Dua Kingdom: Animalia dan Plantae	
Tiga Kingdom: Animalia, Plantae, Fungi	
Empat Kingdom: Animalia, Plantae, Fungi, Monera	
Lima Kingdom: Animalia, Plantae, Fungi, Protista, Monera	
Enam Kingdom: Animalia, Plantae, Fungi, Protista, Arkhaebakteria, Bakteria	

F. Tingkat Taksonomi

Hewan	Kingdom – Phylum – Classis – Ordo – Familia – Genus – Species
Tumbuhan	Kingdom – Divisio – Classis – Ordo – Familia – Genus – Species

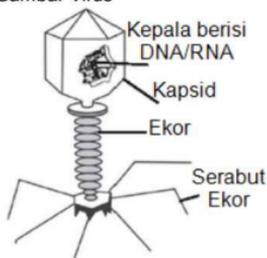
G. Sistem Tata Nama

Nama Jenis (Spesies)
Menggunakan bahasa latin. Terdiri dari dua kata, kata pertama nama genus dan huruf pertama ditulis kapital, kata kedua penunjuk jenis ditulis dengan huruf kecil. Nama spesies harus ditulis miring atau diberi garis bawah. Contoh: Oryza sativa (padi), Gnetum gnemon (Melinjo), Cocos nucifera (kelapa)
Nama Marga (Genus)
Terdiri dari satu kata dan dicetak miring. Contoh: Solanum (terung, kentang), Felis (kucing, macan), Citrus (jeruk, lemon)
Nama Suku (Famili)
Nama suku pada tumbuhan berbeda dengan hewan. Contoh: Tumbuhan = nama marga + aceae → Solanaceae = solanum + aceae Hewan = nama marga + dae → Felidae = Felis + idea
Nama Bangsa (Ordo)
Diambil nama suku dengan mengubah aceae → ales Contoh: Malvaceae (suku) menjadi Malvales (bangsa)
Nama Kelas (Classis)
Pada tumbuhan, nama kelas didasarkan pada ciri alami yang khas. Contoh: tumbuhan berkeping satu (monokotil), berkeping dua (dikotil).
Nama Divisi (Filum)
Nama akhiran filum pada tumbuhan diberi akhiran phyta atau mycota. Contoh: Antophyta (tumbuhan berbiji) dan Eucomycota (divisi pada jamur)

Virus

A. Pengantar

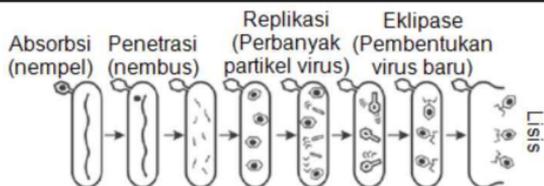
Gambar Virus



- Nonseluler dengan ukuran 20-300 nm.
- Ditemukan oleh A. Meyer seorang ilmuwan Jerman yang mengamati mosaik pada daun tembakau yang menyebabkan daun berbintik.
- Virus memiliki informasi genetik (DNA atau RNA saja) yang diselubungi oleh protein disebut kapsid yang tersusun oleh kapsomer.
- Virus tidak memiliki protoplasma.
- Virus berbentuk bulat, oval, bentuk T, dan bentuk batang.
- Virus dapat berkembang biak dengan cara duplikasi.

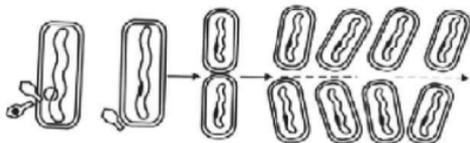
B. Daur Hidup Virus

Daur Litik



Virus menempel pada bakteri (Absorpsi). Ekor virus melarutkan dinding sel bakteri dan membawa DNA virus yang bercampur dengan DNA bakteri (infeksi). DNA virus mengambil DNA bakteri dan membentuk gen bakteriofage (replikasi). Gen tersebut membentuk sel-sel baru sejumlah 100 – 200 buah perakit. Dinding bakteri hancur dan virus keluar menginfeksi bakteri yang lain

Daur Lisogenik



Virus menempel pada bakteri (absorpsi). DNA virus masuk ke dalam bakteri. DNA bercampur dengan kromosom bakteri dan membentuk profage. Sel bakteri membelah yang masing-masing mengandung DNA virus.

C. Jenis Virus

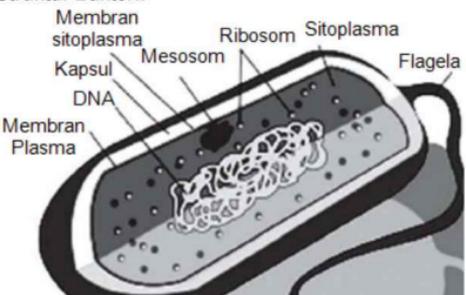
Virus Mengandung RNA (Ribovirus)
Toga (demam kuning). Arena (Meningitis). Picorna (Polio). Orthomyxo (Influenza). Retrovirus (Penyakit AIDS). Paramyxo (Pes pada ternak). Rhabdo (Rabies). Hepatitis (Hepatitis).
Virus Mengandung DNA
Herpes (Herpes). Poxvirus (Cacar). TMV (penyakit pada daun tembakau). Papova (Kutil pada manusia)

D. Virus Pada Makhluk Hidup

Virus Pada Tumbuhan	
Tobacco mosaic Virus (TMV) yaitu penyakit bercak-bercak kuning pada tembakau, Beet Yellow Virus (BYT) yang dapat menyebabkan penyakit pada tanaman aster, Virus CVPD pada jeruk.	
Virus Pada Hewan	
Rhabdovirus: virus rabies pada anjing, Polyma: virus penyebab tumor pada hewan,	Virus NCD: penyakit tetelo pada ayam.
Virus Pada Manusia	
HIV (Human Immunodeficiency Virus): penyebab penyakit AIDS Virus Dengue: penyebab penyakit demam berdarah. Virus Rabies: penyebab rabies Virus Polio: penyebab polio Virus influenza: penyebab penyakit flu Virus gondongan: penyebab penyakit gondongan Virus chikungunya: penyebab penyakit chikungunya Paramyxovirus: penyebab penyakit campak. H1N1: penyebab flu babi H5N1: penyebab flu burung Hepatitis B: merusak hati manusia Variola dan varicella: penyebab cacar api dan cacar air	

Monera

A. Struktur Bakteri

<p>Struktur Bakteri:</p> 	<p>Ciri-ciri dan sifat:</p> <ul style="list-style-type: none"> Bersel tunggal, diameter $\pm 0,5\mu - 1\mu$ dan panjang $0,1\mu - 1\mu$. Prokariotik yaitu tidak memiliki sistem endomembran (kloroplas, mitokondria, membran inti). Berperan sebagai dekomposer. Ditemukan di berbagai habitat (ubiquity).
<p>Pertumbuhan bakteri dipengaruhi oleh keberadaan nutrisi, CO_2, O_2, temperatur, derajat keasaman (pH), cahaya, senyawa toksik yang terakumulasi dalam medium pertumbuhan. Kelembaban dan keberadaan zat kimia tertentu yang mampu menghambat pertumbuhan (seperti senyawa antibiotik streptomisin, penisilin).</p>	

B. Jenis Bakteri

<p>Eubacteria Dapat ditemukan di berbagai habitat. Dinding sel Eubacteria tersusun dari peptidoglikan</p>	<p>Ordo Eubacteriales</p>	<p>Azetobacteraceae <i>Azetobacter chroococcum</i>, <i>Azetobacter indicus</i>,</p> <p>Rhizobiaceae <i>Rhizobium leguminosarum</i></p> <p>Enterobacteriaceae <i>Escherichia coli</i>, <i>Salmonella typhosa</i></p> <p>Micrococcaceae <i>Sarcinalutea</i>, <i>Micrococcus denitrificans</i></p> <p>Neisseriaceae <i>Neisseria gonorrhoeae</i></p> <p>Lactobacillaceae <i>Lactobacillus caucasicus</i>, <i>Diplococcus pneumoniae</i></p> <p>Bacillaceae <i>Bacillus anthracis</i></p>
	<p>Ordo Actinomycetes</p>	<p>Mycobacteriaceae <i>Mycobacterium tuberculosis</i></p> <p>Actinomycetaceae</p> <p>Streptomycetaceae</p>
<p>Archaeobacteria Memiliki habitat di tempat yang ekstrim. Tidak mempunyai nukleus, memiliki dinding sel, tidak terbuat dari peptidoglikan).</p>	<p>Metanobacteria Hidup di tepi rawa, di rumen sapi</p> <p>Halobacterium di Laut Mati (berkadar garam tinggi),</p> <p>Thermoplasma Air asam dari mata air belerang yang panas.</p>	

C. Pengelompokan Bakteri

Penyedia Nutrisi	Ototrof Membuat makanan sendiri	Fotoautotrof menggunakan cahaya
		Kemoautotrof menggunakan reaksi kimia bakteri nitrifikasi
	Heterototrof	Saprofit Parasit
Respirasi Bakteri	Aerob: membutuhkan O ₂ bebas	
	Anaerob: tanpa menggunakan O ₂	Obligat Anaerob Fakultatif Anaerob
Bentuk Bakteri	Batang/Basil/Bacillus Streptobasil, Dipolobasil, Basil tunggal	
	Bola/Kokus/Coccus Monococcus, Diplococcus, Streptococcus (rantai), Staphylococcus (anggur), Sarkina (kubus)	
	Spiral/Pegas/Spirillum Spiral, Koma, Spirosota (Koma = vibria)	
Jumlah Flagel	Atrik: tidak ada flagel. Contoh: E. Coli	
	Monotrik: satu flagel. Contoh: Vibrio cholera	
	Diatrik: dua flagel	
	Lopotrik: banyak flagela salah satu ujung	
	Amfitrik: banyak flagela di kedua ujung	
	Peritrik: Flagel banyak tersebar di seluruh permukaan sel bakteri.	

D. Peranan Bakteri Bagi Kehidupan

Peran positif bakteri	Antibiotik: <i>Streptomyces griseus</i>
	Penyubur tanah: <i>Azotobacter</i>
	Yoghurt: <i>Lactobacillus casei</i>
	Nata de coco: <i>Acetobacter xylinum</i>
	Terasi: <i>Loctobacillus sp.</i>
Peran negatif bakteri	<i>Escherichia coli</i> → penyebab diare,
	<i>Salmonella typhosa</i> → penyebab tyfus
	<i>Shygeella dysenteriae</i> → penyebab disentri,
	<i>Diplococcus pneumoniae</i> → penyebab radang paru-paru
	<i>Mycobacterium leprae</i> → penyebab penyakit lepra
	<i>Clostridium tetani</i> → Tetanus
	<i>Mycobacterium tuberculosis</i> → TBC
	<i>Treponema pallidum</i> → Sifilis
<i>Vibrio comma</i> → Kolera	
<i>Neisseria gonorrhoeae</i> → penyebab kencing nanah	

E. Alga Hijau-Biru (Cyanobacteria)

Ciri-ciri Alga Hijau-biru

Tidak memiliki membran inti sel (prokariotik) dan melakukan fotosintesis.

Warna biru kehijauan disebabkan oleh pigmen fikosianin.

Sel alga hijau-biru berkisar antara 1-50 mikron.

Dapat bersifat uniseluler (*Chlorococcus*), membentuk koloni (*Nostoc*) dan filamen (*Oscillatoria*).

Reproduksi Alga Hijau-biru

a. Pembelahan sel. Contohnya: *Chlorococcus*.

b. Fragmentasi. Membentuk homogonium untuk membentuk individu baru.

Contoh

Chlorococcus: terdapat di dasar kolam renang dan berkembang biak membelah diri

Nostoc: berupa benang yang tersusun atas deretan sel. Sel terbesar dinamakan heterocista.

Oscillatoria: berupa benang yang tersusun atas sel pipih, berkembang biak dengan fragmentasi, dan sering disebut homogonium

Gleocapsa: terdapat pada batu-batuan

Rivularia: berbentuk cambuk, sel pangkalnya berupa heterokista dan berfungsi sebagai alat pembiakan.

Peran Alga Hijau-Biru

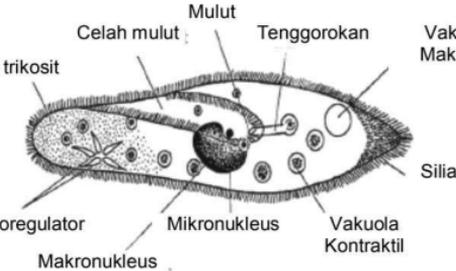
Produsen bagi zooplankton.

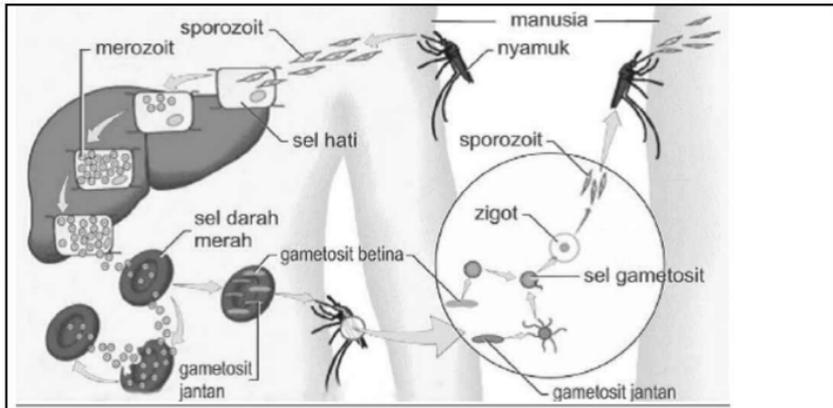
Pengikat nitrogen dari udara: *Anabaena azollae*.

Sumber pangan: *Spirulina* sumber makanan protein.

Protozoa, Alga, Jamur Lendir

A. Protozoa

<p>Flagellata Alat gerak berupa bulu cambuk</p>	<p>Phytoflagellata: menyerupai tumbuhan laut maupun perairan tawar, berklorofil, autotrof. Contoh: <i>Noctlicula miliaris</i> yang menyebabkan berpendar pada malam hari</p> <p>Zooflagellata Contoh: <i>Trichonympha</i> dan <i>Myxotricha</i>. Dalam usus rayap. <i>Trypanosoma gambiense</i>. Parasit penyebab penyakit tidur lewat lalat tsetse <i>Trypanosoma cruzi</i> → anemia <i>Trichomonas vaginalis</i>. Parasit penyebab peradangan pada vagina <i>Giardia lamblia</i>. Menimbulkan penyakit diare <i>Leishmania donovani</i>. Penyakit kalaazar</p>
<p>Rhizopoda Alat gerak berupa kaki semu</p>	<p><i>Entamoeba coli</i>. Parasit pada usus besar <i>Entamoeba gingivalis</i>. Penyebab radang pada gusi. <i>Entamoeba dysentri</i>. Penyebab disentri <i>Foraminifera</i>. Indikator adanya sumber minyak bumi. <i>Radiolaria</i></p>
<p>Ciliata Alat gerak berupa rambut getar</p>	<p><i>Balantidium coli</i>. Penyebab penyakit diare berdarah <i>Didinium</i>. Pemangsa <i>Paramecium</i>. <i>Paramecium caudatum</i></p> 
<p>Sporozoa Tidak memiliki alat gerak khusus dan bersifat parasit.</p>	<p><i>Plasmodium vivax</i>. Malaria tertiana (2x24 jam), <i>Plasmodium malariae</i>. Malaria quartana (72 jam), <i>Plasmodium falciparum</i>. Malaria tropika (tidak menentu), <i>Plasmodium ovale</i>. Malaria ovale (gejala menyerupai malaria tertiana).</p> <p>Perkembangbiakan plasmodium sp. Berkembang secara vegetatif dan generatif.</p> <p>Secara Vegetatif Dilakukan dengan schizogoni yaitu proses membelah diri (berlangsung dalam tubuh inang/ manusia) dan sporogoni yaitu membuat spora berlangsung dalam tubuh inang/ manusia.</p> <p>Secara Generatif Melalui perkawinan sel-sel gamet (terjadi) pada tubuh inang sementara/nyamuk). Sel gamet jantan (mikrogamet) berukuran lebih kecil dari sel gamet betina (makrogamet).</p>



B. Alga

Perkembangbiakan

Vegetatif: *Membelah diri* (terjadi pada ganggang bersel tunggal). *Fragmentasi* (terjadi pada ganggang berbentuk koloni). *Membentuk spora kembara* (spora yang dilengkapi dengan flagel). *Dinoflagellata* (Contoh: *Naticula* dapat berpendar)

Generatif: *Isogami* (peleburan dua sel kelamin yang memiliki bentuk dan ukuran yang sama). *Anisogami* (peleburan sel kelamin dengan ukuran berbeda). *Oogami* (Ovum tidak berflagel dan berukuran lebih besar. Ukuran sperma lebih kecil dan berflagel). *Konjugasi* (sama dengan isogami)

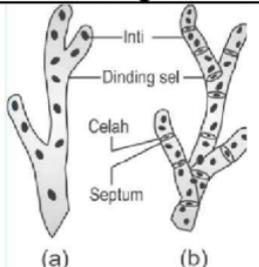
Chlorophyta (Alga Hijau)	Kelompok alga terbesar. Bersifat uniseluler maupun multiseluler. Berhabitat di darat (melekat pada tumbuhan atau hewan) dan di laut (berperan sebagai plankton atau bentos). Bereproduksi secara vegetatif (fragmentasi) dan generatif (kojugasi). Protein sel tunggal. Bersel satu: <i>Euglena</i> (bergerak) dan <i>Chlorella</i> , Koloni: <i>Volvox</i> (bergerak) dan <i>Hydrodictyon</i> Bentuk benang: <i>Spyrogyra</i> dan <i>Oedogonium</i> , Bentuk lembaran: <i>Ulva</i> dan <i>Chara</i> .
Phaeophyta (Alga Coklat)	Menyerupai tumbuhan tingkat tinggi. Berhabitat di laut bersuhu rendah. Memiliki klorofil dan flukosatin (berwarna coklat). Berkembang biak secara vegetatif (dengan zoospora dan berflagela) dan generatif (oogami/isogami). Contoh: <i>Turbinaria</i> , <i>Sargassum</i> , <i>Fucus</i> . Kegunaan: <i>Laminaria lavaniea</i> untuk pupuk. <i>Macrocystis</i> dan <i>Laminaria</i> untuk pengental pada industri makanan.
Chrysophyta (Algae Keemasan)	Bersifat uniseluler maupun multiseluler. Berwarna kuning hingga keemasan karena pigmen karoten. Berhabitat di tempat basah, di perairan tawar atau laut (berperan sebagai fitoplankton). Contoh: Uniseluler: <i>Ochrosomonas</i> , <i>Navicula</i> . Bentuk benang: <i>Vauchera</i>
Rhodophyta (Algae Merah)	Bersifat multiseluler. Berbentuk seperti benang maupun lembaran. Memiliki pigmen klorofil dan dominan fikokritin (menyebabkan warna merah). Berhabitat di perairan tawar maupun laut dalam. Tidak memiliki alat gerak. Berkembang biak dengan peleburan gamet jantan dan betina yang nantinya membentuk individu diploid (2n) Contoh dan kegunaan: <i>Euchema</i> dan <i>Gellidium</i> untuk agar-agar

C. Jamur Lendir (Myxomycota)

Protista yang menyerupai jamur. Memiliki fase asimilatif (bentuk berupa lendir) dan fase plasmodium (fase bergerak dan merayap). Jamur lendir akan memasuki fase reproduksi seksual (plasmogami → kariogami → meiosis) apabila saat fase plasmodium telah mengering dan membentuk kotak spora yang menghasilkan spora. Setelah spora terbentuk, dua pasma dari spora mengalami peleburan dan menghasilkan zigot. Contohnya: *Physarium polycephalum*.

Fungi (Jamur)

A. Sifat Fungi

 <p>a. Hifa yang bersekat b. Hifa tidak bersekat</p>	<p>Sifat:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tidak memiliki klorofil, - Bersifat heterotrof. Terkadang ada yang parasit dan saprober (pengurai), - Bersifat uniseluler (khamir) maupun multiseluler dengan membentuk hifa yang bercabang-cabang membentuk miselium, - Berhabit di tempat yang lembab, kurang cahaya matahari, cenderung asam. - Perkembangbiakan fungi dapat secara seksual dan secara asexual
Bedasarkan morfologi	<ul style="list-style-type: none"> - kapang (molds) - cendawan (mushroom) - khamir (yeast)
Reproduksi	<p>Aseksual: Pembelahan (membagi diri membentuk dua sel anak serupa), Penguncupan (sel anak tumbuh dari tonjolan kecil sel induk), pembentukan spora aseksual, fragmentasi.</p> <p>Seksual: konjugasi, pembentukan spora seksual.</p>
Spora Aseksual	<p>Konidiospora. Konidium yang terbentuk di ujung atau di sisi hifa.</p> <p>Sporangiospora. Terbentuk dalam kantung yang disebut sporangium, pada ujung hifa khusus.</p> <p>Oidium/arthrospora. Terbentuk karena terputusnya sel-sel hifa.</p> <p>Klamidospora. Terbentuk dari sel-sel hifa yang somatik.</p> <p>Blatospora. Merupakan tunas/kuncup pada sel-sel khamir.</p>
Spora Seksual	<p>Askospora terbentuk di dalam kantung yang dinamakan askus. Dalam setiap askus dapat menghasilkan delapan askospora.</p> <p>Basidiospora dibentuk di basidium</p> <p>Zigospora dibentuk pada gametangium</p> <p>Oospora dibentuk di dalam oogonium</p>

B. Pembagian Fungi

Oomycotina (Jamur Air)	<p>Hidup di perairan dan pengurai di perairan.</p> <p>Reproduksi vegetatif dengan sporangium zoospora</p> <p>Reproduksi generatif dengan fertilisasi</p> <p><i>Saprolegnia</i>: hidup pada ikan yang mati di akuarium</p> <p><i>Plasmopora viticola</i>: menyerang buah anggur</p> <p><i>Phytophthora infestan</i>: menyerang tanaman kentang</p>
Zygomycotina (Jamur Ganggang)	<p>Hifa bercabang dan tidak bersekat</p> <p>Reproduksi vegetatif: spora aseksual</p> <p>Reproduksi generatif: menghasilkan zygospora melalui konjugasi</p> <p><i>Rhizopus oryzae</i>: pembuatan tempe</p> <p><i>Mucor mucedo</i>: sebagai saprofit</p>

Ascomycotina (Jamur Beraskus)	Hifa bercabang dan bersekat
	Reproduksi vegetatif: membentuk konidia Reproduksi generatif: askospora yang dibentuk di dalam askus. Askus dilindungi tubuh buah (askokarp) <i>Aspergillus Oryzae</i> : pembuatan tape dan sake <i>Aspergillus wentii</i> : pembuatan kecap <i>Aspergillus flavus</i> : mengasilkan racun aflatoksin <i>Penicillium notatum</i> : penghasil antibiotik penisilin <i>Penicillium camemberti</i> : meningkatkan kualitas keju <i>Saccharomyces</i> : pembuatan tape dan bir <i>Rosellina</i> : menyerang akar the dan anggur <i>Xylaria</i> : pengurai kayu yang membusuk <i>Candida albicans</i> : penyakit selaput lendir dan vagina <i>Neurospora crassa</i> : pembuatan oncom
Basidiomycota (Jamur lembaran)	Hifa banyak bentuknya dan bersekat
	Reproduksi vegetatif: membentuk konidiospora Reproduksi generatif: membentuk tubuh buah yang rumit (basidiokarpus) di dalamnya terdapat basidia sebagai sumber spora seksual atau basidiospora <i>Auricularia polytricha</i> (jamur kuping), <i>Volvariela volvaceae</i> (jamur merang), <i>Mikorrhiza</i> (hasil simbiosis dengan akar pohon melinjo maupun pinus), <i>Ganadema applanatum</i> (jamur kayu)
Deuteromycotina (Jamur Tidak Sempurna)	Hifa bersekat
	Reproduksi vegetatif: pembentukan konidia <i>Tinea versicolor</i> penyebab panu, <i>Epidemophyton floccosum</i> penyebab penyakit kaki atlet, <i>Microsporium</i> penyebab penyakit rambut dan kuku.

C. Mikoriza

Mikoriza adalah jamur yang mengadakan simbiosis mutualisme dengan akar pohon, misalnya pohon melinjo dan pohon pinus. Akar pohon memberikan makanan organik kepada jamur, sedangkan jamur membantu mengambil air dan mineral dari lingkungan. Macam mikoriza adalah:

Ektomikoriza: lapisan tipis yang dibentuk oleh hifa jamur yang menembus lapisan epidermis dan korteks akar tumbuhan.

Endomikoriza: lapisan yang dibentuk oleh hifa jamur yang menembus lapisan dalam (endodermis) akar tumbuhan

D. Lichen

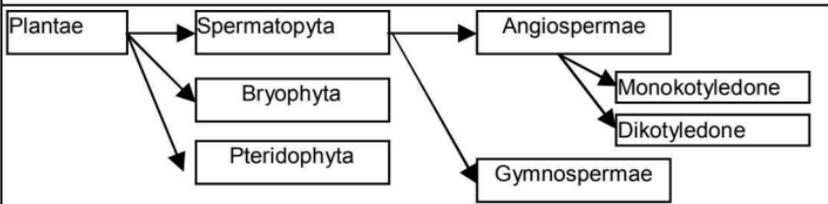
Lichen bukanlah lumut, tumbuhan sederhana, maupun organisme individual. Lichen merupakan asosiasi simbiotik dari berjuta-juta mikroorganisme fotosintetik (alga hijau uniseluler/ multiseluler maupun Cyanobacteria) yang disatukan dalam jaringan hifa fungi (Ascomycetes maupun Basidiomycetes). Lichen berkembang biak dengan fragmentasi atau dengan soredium.

Manfaat: makanan bagi hewan, digunakan dalam proses pewarnaan, penyamakan, industri parfum, sumber lakmus untuk indikator pH dan bioindikator pencemaran.

Plantae (Tumbuhan)

A. Klasifikasi Tumbuhan

Merupakan organisme multiseluler, autotrof, bereproduksi secara generatif dan vegetatif, vaskuler dan nonvaskuler.



B. Tumbuhan Berbiji (Spermatophyta)

Kelompok tumbuhan berbiji menggunakan biji sebagai alat reproduksi generatif.

Ciri tumbuhan spermatophyta.

- Menghasilkan biji yang terdapat embrio di dalamnya.
- Terdiri dari akar, batang dan daun. Di dalam organ terdapat jaringan-jaringan yang kompleks seperti jaringan pengangkut, parenkim, dsb.
- Alat reproduksi jantan dan betina terpisah.
- Sporofit merupakan tanaman utama dan gametofit pada spermatophyta mengalami reduksi.

Gymnospermae	<ul style="list-style-type: none"> Berbiji terbuka Berakar tunggang, daun sempit, tebal dan kaku (misalnya daun pinus). Batang dan akar berkambium. Biji terdapat dalam daun (makrosporofil) dan serbuk sari terdapat dalam mikrosporofil. Kedua tempat tersebut terletak terpisah (masing-masing disebut strobilus). Berkas pembuluh pengangkut pada akar dan batang belum menyatu dengan sempurna. Terjadi pembuahan tunggal, selang waktu antara pembuahan dan penyerbukan cukup lama. Contoh spesies: <i>Gnetum gnemon</i> (mlinjo), <i>Cycas rumphii</i> (pakis haji), <i>Pinus sp.</i>
Angiospermae	<ul style="list-style-type: none"> Memiliki bunga yang sesungguhnya (terdiri dari kelopak, mahkota, benang sari dan putik). Bakal biji tertutup, terdapat di dalam daun buah (putik). Terjadi pembuahan ganda: Peleburan inti generatif + ovum → embrio (lembaga) Peleburan inti generatif + inti kandung lembaga sekunder → calon endosperma (berfungsi sebagai cadangan makanan saat perkecambahan) selang waktu penyerbukan dengan pembuahan relatif singkat. Subdivisi Angiospermae dibagi menjadi dua kelas yaitu: Monokotyledone (tumbuhan berkeping satu), Dicotyledone (tumbuhan berkeping dua).

C. Perbedaan Ciri-ciri Monokotil dan Dikotil

Perbedaan	Monokotil	Dikotil
Pertulangan daun	Berbentuk sejajar dan melengkung.	Menyirip dan menjari.
Kontiledon	Pada setiap biji terdapat 1 buah.	Kontiledon pada setiap biji terdapat 2 buah.
Koleorhiza	Terdapat koleorhiza batang lembaga (koleoptil) sebagai pelindung ujung akar dan batang lembaga.	Tidak terdapat koleorhiza batang lembaga.
Kaliptra (tudung akar).	Memiliki	Tidak memiliki.
kambium	Tidak memiliki	Memiliki kambium
Perakaran	Sistem akar serabut	Sistem akar tunggang
Perbesaran akar dan batang.	Tidak dapat membesar	Dapat tumbuh membesar.

D. Klasifikasi Subdivisio Gymnospermae

Kelas	Ordo	Familia	Genus	Spesies
<i>Cycadineae</i>	<i>Cycadales</i>	<i>Cycadaceae</i>	<i>Cycas</i>	<i>C. rumphii</i> (pakis haji)
<i>Gynkyoinae</i>	<i>Gynkyoales</i>	<i>Gynkyoaceae</i>	<i>Gynkyo</i>	<i>G. biloba</i>
<i>Coniferinae</i>	<i>Araucariales</i>	<i>Araucariaceae</i>	<i>Agathis</i>	<i>Agathis alba</i> (damar)
	<i>Pinales</i>	<i>Pinales</i>	<i>Pinus</i>	<i>Pinus merkusi</i> (pinus)
	<i>Cupressales</i>	<i>Taxodiaceae</i>	<i>Sequoiia</i>	<i>Sequoiia gigantea</i> (sepong)
<i>Gnetinae</i>	<i>Gnetales</i>	<i>Gnetaceae</i>	<i>Gnetum</i>	<i>Gnetum gnemon</i> (melinjo)

E. Kelas Monokotil

Ordo	Familia	Genus	Spesies
<i>Poales</i> (<i>Glumiflorae</i>)	<i>Poaceae</i>	<i>Oryza</i>	<i>Oryza Sativa</i> (padi)
		<i>Tritikum</i>	<i>Tritikum sativum</i> (gandum)
		<i>Zea</i>	<i>Zea mays</i> (jagung)
<i>Cyperales</i>	<i>Cyperaceae</i>	<i>Cyperus</i>	<i>Cyperus rotundus</i> (keteki)
<i>Zingiberales</i> (<i>Scitamincae</i>)	<i>Zingiberaceae</i>	<i>Zingiber</i>	<i>Zingiber officinale</i> (jaje)
		<i>Alpinia</i>	<i>Alpinia galanga</i> (laos)
	<i>Musaceae</i>	<i>Musa</i>	<i>Musa paradisiaca</i> (pisang)
<i>Liliales</i> (<i>Liliflorae</i>)	<i>Liliaceae</i>	<i>Aloe</i>	<i>Aloe vera</i> (lidah buaya)
		<i>Allium</i>	<i>Allium cepa</i> (bawang merah)
			<i>Allium sativum</i> (bawang putih)
<i>Bromeliales</i>	<i>Bromeliaceae</i>	<i>Ananas</i>	<i>Ananas sativus</i> (nanas)
<i>Orchidales</i>	<i>Orchidaceae</i>	<i>Vanda</i>	<i>Vanda tricolor</i> (anggrek)
		<i>Vanilla</i>	<i>Vanilla planifolia</i> (panili)
<i>Arecales</i>	<i>Araceae</i>	<i>Colocasia</i>	<i>Colocasia esculenta</i> (talas)
		<i>Zantedeschia</i>	<i>Z. aethipica</i> (kuping gajah)
	<i>Aracaceae</i>	<i>Calamus</i>	<i>Calamus ceasius</i> (rotan)
<i>Pandanales</i>	<i>Pandanales</i>	<i>Pandanus</i>	<i>P. maryfolius</i> (pandan)
<i>Arecales</i>	<i>Areaceae</i>	<i>Cocos</i>	<i>Cocos nucifera</i> (kelapa)

F. Kelas Dikotil

Ordo	Familia	Genus	Spesies
Piperales	Piperaceae	<i>Piper</i>	<i>Piper nigrum</i> (lada)
Urticales	Moraceae	<i>Antocarpus</i>	<i>A. Intgra</i> (nangka)
Ronunculales	Annonaceae	<i>Annona</i>	<i>Annona muricata</i> (sirsak)
Rosales	Mimosaceae	<i>Mimosa</i>	<i>Mimosa pudica</i> (putri malu)
Myrtales	Myrtaceae	<i>Eugenia</i>	<i>Eugenia aquea</i> (jambu air)
		<i>Psidium</i>	<i>Psidium guajava</i> (jambu biji)
Solanales	Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>S. lycopersicum</i> (tomat)
			<i>S. tuberosum</i> (kentang)
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Manihot</i>	<i>M. esculenta</i> (singkong)

G. Lumut (Bryophyta)

Ciri

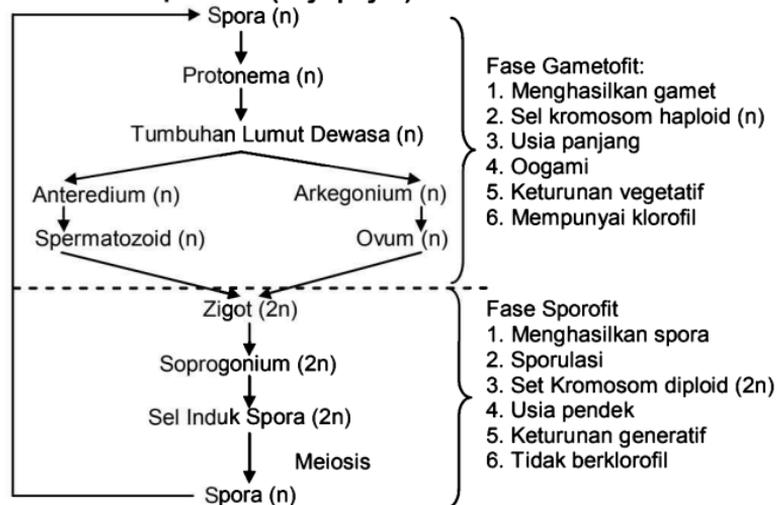
Tumbuhan peralihan antara thalus dan kormus. Nontracheophyta atau belum memiliki xylem dan phloem. Akar berupa rhizoid. Mempunyai klorofil. Habitat lumut adalah di darat yang lembab atau basah dan bersifat epifit atau epifil.

Klasifikasi Lumut

Lumut Hati/Hepaticae: *Marchantia polymorpha*

Lumut Daun/Musci: *Sphagnum fimbriatum*, *Polytrichum*

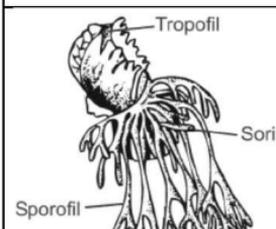
H. Daur Hidup Lumut (Bryophyta)



I. Paku (Pteridophyta)

Ciri-ciri

Akar, batang dan daun sejati. Memiliki pembuluh angkut dengan ikatan pembuluh. Berklorofil. Berkembangbiak dengan spora dan pergiliran keturunan antara fase gametofit dan fase vegetatif.



Spora tumbuhan paku terdapat pada kotak spora (sporangium) yang melekat pada permukaan bawah daun. Kumpulan sporangium disebut dengan **sorus**. Penutup sorus disebut **indusium**. Daun tumbuhan paku yang menghasilkan spora disebut **sporofil**. Sedangkan daun yang bertugas menyelenggarakan fotosintesis disebut **tropofil**.

Paku

Homspora/Isospora: Menghasilkan satu macam spora.

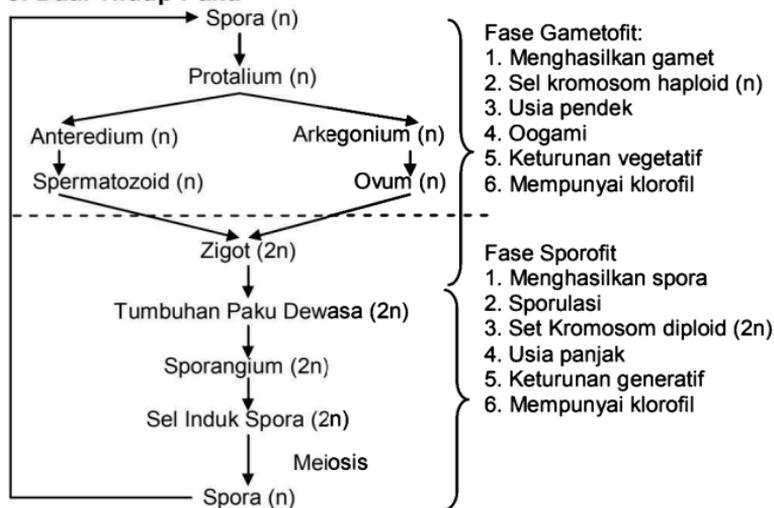
Contoh: *Lycopodium sp* (paku kawat)

Heterospora: menghasilkan dua macam spora yang berbeda bentuk dan jenisnya, yaitu makrospora (spora betina) dan mikrospora (spora jantan). Contoh: *Selaginella sp* (paku rane)

Peralihan: menghasilkan spora sama besar tapi berbeda jenis.

Contoh: *Equisetum debile* (paku ekor kuda)

J. Daur Hidup Paku



J. Gerak Pada Tumbuhan

Gerak Higroskopis: disebabkan oleh pengaruh pertumbuhan kadar air

- pecahnya buah polongan (petai cina, jarak)
- membukanya anulus pada sporangium (kotak spora) pada tumbuhan paku-pakuan
- membuka dan menutupnya sporangium pada tumbuhan lumut oleh peristom

Gerak Ethionom: gerak tumbuhan yang disebabkan oleh rangsangan dari luar

Gerak Tropisme

Adalah gerak bagian tubuh tumbuhan ke arah rangsang (tropi positif) dan menjauhi rangsang (tropi negatif)

- **Fototropi (heliotropi):** adalah gerak batang ke arah cahaya.
- **Geotropi:** adalah gerak tumbuh akar ke pusat bumi.
- **Hidrotropi:** adalah gerak tubuh tumbuhan ke arah air.
- **Tigmotropi (haptotropi):** adalah gerak membelok bagian tanaman sebagai akibat persinggungan. **Contoh:** membelitnya ujung batang dan sulur *Cucurbitaceae*.
- **Kemotropi:** adalah gerak karena rangsang kimia. contoh : akar menuju zat makanan atau menjauhi zat racun

Taksis (gerak pindah tempat)

Adalah gerak pindah tempat oleh tumbuhan (besel satu) atau bagian tumbuhan menuju atau menjauhi arah datangnya rangsang, meliputi :

Fototaksis: rangsangnya cahaya. **Contoh:** Chloroplas bergerak ke sisi sel yang mendapatkan cahaya matahari. *Euglena viridis* selalu bergerak menuju tempat yang terkena cahaya. Spora jamur *Pilobolus* akan bergerak menuju tempat yang terkena cahaya.

Kemotaksis: rangsangnya adalah zat kimia. **Contoh:** Bakteri aerob selalu berkumpul pada tempat yang banyak oksigen. Spermatozoid bergerak menuju sel telur pada peristiwa pembuahan lumut. Rangsangan penyebabnya adalah zat gula atau protein.

Nasti

Adalah gerak bagian tubuh tumbuhan sebagai tanggapan terhadap rangsangan yang datangnya dari luar. Gerak nasti disebabkan oleh perubahan tekanan turgor pada jaringan tertentu, meliputi:

Seismonasti: adalah gerak akibat pesinggungan. Contoh: gerak menutupnya daun putri malu (*Mimosa pudica*) bila terkena sentuhan.

Niktinasti: adalah gerak tidur sebagai rangsangnya gelap. Contoh: gerak menutupnya daun majemuk pada daun petai cina waktu malam.

Fotonasti: rangsangnya adalah cahaya. Contoh: seperti mekarnya bunga pukul empat (*Mirabilis jalapa*) pada sore hari.

Thermonasti: rangsangnya adalah panas.

Nasti kompleks: rangsang tidak hanya satu

Gerak endonom atau autonom (spontan)

Gerak ini merupakan gerak tumbuhan yang tidak disebabkan rangsangan dari luar. Diduga gerak yang terjadi disebabkan oleh rangsangan yang berasal dari dalam tumbuhan itu sendiri.

Contoh: gerak sitoplasma sel *Hydrilla* dan bawang merah

Animalia: Invertebrata

A. Porifera (Hewan Berpori)

Ciri-ciri

Hidup dalam air, tubuhnya merekat pada dasar perairan, pori-pori (ostia), mempunyai rongga yang disebut dengan spongocoel (ruang gastral berfungsi sebagai kloaka) dengan lubang keluar disebut oskulum.

Diplobastik (terdiri dari 2 lapisan):

Ektoderm: epidermis terdiri atas sel epitel pipih yaitu pinakosit

Endoderm: terdiri dari sel-sel berflagel yaitu sel leher (koanosit)

Mesoderm: terdapat dua sel. Sel skleroblast membentuk rangka tubuh seperti duri (spikula) dan sel amoebosit.

Tipe		Reproduksi
Tipe asconoid 	lubang ostium berhubungan langsung dengan spongocoel)	Aseksual: pembentukan tunas eksternal kemudian memisahkan diri. Seksual: pembuahan internal. Porifera bersifat hemafrodit.
Tipe syconoid 	lubang ostium dihubungkan dengan spongocoel oleh saluran yang bercabang-cabang	Pernafasan Pernafasan dilakukan oleh masing-masing sel secara difusi langsung. Oksigen diambil dari air oleh sel pinakosit dan koanosit. Skleroblast dan amoebosit memperoleh oksigen dari pinakosit.
Tipe Leuconoid 	ostium dihubungkan oleh saluran yang bercabang-cabang yang tidak berhubungan langsung dengan spongocoel	Pencernaan Pernafasan dilakukan oleh masing-masing sel secara difusi langsung.  Spongebob termasuk porifera

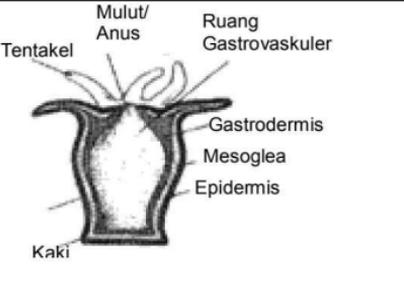
Klarifikasi

a. **Calcarea.** Spikula tersusun dari zat kapur. Contoh: *Sycon sp.*

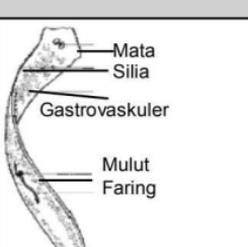
b. **Hexactinellida.** Spikula tersusun dari zat kersik. Contoh: *Pheronema sp.*

c. **Demospongia.** Tidak memiliki rangka atau rangka terdiri dari serabut sponging dengan rangka berupa duri. Contoh: *Spongilla sp.*

B. Coelenterata (Hewan Berongga)

<p>Ciri-Ciri</p> <p>Diplobastik (ektoderm dan endoderm). Tubuh tidak bersegmenn dan memiliki rongga gastrovaskuler.</p> <p>Memiliki tentakel yang dilengkapi dengan knidoblas dan nematosis.</p> <p>Rangka disusun oleh zat kapur atau tanduk.</p> <p>Belum memiliki alat peredaran darah, pernafasan dan ekskresi.</p>	 <p>Mulut/Anus</p> <p>Ruang Gastrovaskuler</p> <p>Tentakel</p> <p>Gastrodermis</p> <p>Mesoglea</p> <p>Epidermis</p> <p>Kaki</p>
<p>Reproduksi</p>	
<p>Aseksual: membentuk tunas</p>	<p>Seksual: membentuk gamet</p>
<p>Bentuk Tubuh</p>	
<p>Polip: melekat tidak berpindah</p>	<p>Medusa: berenang bebas</p>
<p>Klarifikasi Coelenterata:</p>	
<p>Hydrozoa: Tubuh hewan dewasa berbentuk polip. Contoh: <i>Hydra viridis</i>, <i>Obelia geniculata</i>, <i>Physalia sp.</i></p> <p>Scyphozoa: Tubuh hewan dewasa berbentuk medusa. Contoh: <i>Aurelia aurita</i> (ubur-ubur kuping), <i>Cyanea sp.</i></p> <p>Anthozoa: Tubuh hewan dewasa berbentuk polip. Contoh: <i>Acropora sp.</i> (karang koral), <i>Utricina sp.</i> (anemon laut)</p> <p>Ctenophora. Contoh: <i>Pleurobranchia</i>.</p>	

C. Vermes Plathyelminthes (Cacing Pipih)

<p>Ciri-ciri: Triploblastik (ektoderm, mesoderm, dan endoderm). Tidak bersegmenn dan simetris bilateral. Sistem ekskresi: sel api. Sistem saraf: ganglion otak dengan serabut saraf tepi.</p> <p>Reproduksi: kawin.</p>	
<p>1. Tubelaria</p>	
<p>Hidup bebas (non parasit). Permukaan tubuh diselubungi epdermis selular dan ditutupi oleh silia. Bersifat hemafrodit.</p> <p>Contoh: <i>Planaria sp.</i></p> <p>Ukuran 0,5 - 1 cm. Habitat di air tawar.</p> <p>Cara hidup soliter (menyendiri). Bersifat carnivora. Sebagai indikator air belum tercemar karena cacing ini hanya dapat hidup di air yang jernih.</p>	 <p>Mata</p> <p>Silia</p> <p>Gastrovaskuler</p> <p>Mulut</p> <p>Faring</p>
<p>2. Trematoda (Cacing Hisap)</p>	
<p>Cacing hisap, bersifat parasit, memiliki alat hisap di sekitar mulut, saluran pencernaan. Contoh: <i>Fasciola hepatica</i>, <i>Chlonorcis sinensis</i>, <i>Fasciolopsis butsii</i>, <i>Scistosoma japonicum</i>.</p>	
<p>Daur hidup <i>Fasciola hepatica</i> (cacing hati)</p>	
<p>Telur → mirasidium (di lingkungan perairan) → membentuk sporokista di tubuh siput <i>Lymnaea sp.</i> → redia → serkaria → metaserkaria (kista) menempel pada ikan air tawar dan temakan manusia → cacing dewasa (di manusia) → bertelur kembali → keluar bersama feses</p>	

3. Cestoda (Cacing Pita)

Tubuh bersegmen-segmen (ploglotid), kepala (skoleks) dilengkapi alat penghisap berkait (rostelum), tidak memiliki mulut dan saluran pencernaan. Contoh spesies: *Taenia solium*, *Taenia saginata*, *Diphyllobotrium latum*

Daur hidup *Taenia solium* (cacing pita pada babi)

Progлотid keluar dari tubuh manusia bersama feces → masuk ke dalam tubuh babi → larva onkosfer (heksakant) → sisteserkus di dalam otot babi yang dimakan manusia → cacing dewasa (di dalam tubuh manusia) → prototid keluar bersama feces.

D. Vermes - Nematelminthes (Cacing Gilig)

Tubuh berbentuk gilig, triplobastik (ektoderm, mesoderm, endoderm), memiliki rongga tubuh semu (pseudocoelom), reproduksi secara seksual dengan perkawinan, alat ekskresi berupa protonefrida.

Ascaris lumbricoides (cacing perut)

Ukuran 20 – 40 cm. Cacing betina lebih besar dari jantan. Hidup parasit pada usus manusia. Tubuh licin oleh kutikula.

Daur hidup:

Cacing dewasa di usus halus → telur keluar bersama feces → termakan inang → di usus halus menjadi larva → larva menembus dinding usus → mengikuti aliran darah ke paru-paru → ke trakea → tertelan ke esofagus.



Wuchereria bancrofti (cacing perut)

Hidup dalam pembuluh getah bening dan jaringan sekitarnya. Cacing betina menghasilkan larva mikrofilaria. Infeksi melalui vektor nyamuk *Culex fatigans*. Penyebab penyakit filariasi atau kaki gajah.

Necator americanus (cacing tambang)

Menghisap darah di usus halus dengan mengeluarkan zat antikoagulan (zat anti pembekuan darah). Berukuran 1 – 1,5 cm. Menyebabkan anemia pada inang. Infeksi terjadi secara aktif atau pasif.

Daur hidup:

Cacing dewasa di usus halus → telur keluar bersama feces → larva rhabditiform → larva filariaform → menembus kulit → mengikuti aliran darah ke paru-paru → ke trakea → tertelan masuk ke esofagus.

Oxyuris vermikularis (cacing kremi)

Hidup di usus besar manusia, kalau bertelur cacing betina menuju anus sehingga menimbulkan rasa gatal di anus.

E. Vermes – Annelida (Cacing Gelang)

Tubuh berbentuk gilig dan bersegmen-segmen, triplobastik, memiliki rongga tubuh, reproduksi secara seksual dengan perkawinan antara jantan dan betina, alat ekskresi berupa nefridia.

1. Polychaeta

Tubuh ditutupi banyak rambut dan memiliki parapodia untuk berjalan. Contoh: *Lycidice sp.* (cacing wawo) dan *Eucinice viridis* (cacing palolo).

2. Oligochaeta

Tubuh ditutupi sedikit rambut dan tidak memiliki parapodia. Contoh: *Pheretima posthuma* dan *Lumbricus terrestris* (cacing tanah).



3. Hirudinea

Tubuh tidak ditutupi rambut dan memiliki alat hisap di sekitar mulutnya. Contoh: *Hirudo medicinalis* (lintah) dan *Haemodipsa zeylanica* (pacet)



F. Echinodermata

Echinos: duri dan derma: kulit. Habitat di laut. Tubuh tidak bersegmen-segmen dan ditutupi oleh epidermis yang dilengkapi dengan duri-duri kapur, memiliki kaki ambulakral, reproduksi seksual dengan pembuahan eksternal dan aseksual dengan regenerasi bagian-bagian tubuh dan pembelahan sel.

1. Asteroidea (bintang laut)

Tubuh berbentuk bintang dengan 5 lengan. Mempunyai pedikelaria (duri-duri yang berbentuk carut yang berfungsi untuk membersihkan diri dan melindungi papula. Daya regenerasi tinggi. Contoh: *Asteroidea forberi* (bintang laut).



2. Ophiuroidea (bintang ular)

Tubuh berbentuk bola cakram kecil dengan 5 lengan panjang. Tidak beranus. Contoh: *Ophiotix fragilis* (bintang ular).

3. Holothuroidea (teripang)

Tubuh bulat memanjang seperti mentium dan tidak berduri. Contoh: *Holothuria sp.* (teripang)

4. Crinoidea (lili laut)

Tubuh menyerupai tumbuhan lili. Contoh: *Metacrinus interuptus* (lili laut).

5. Echinoidea (landak laut)

Tubuh berbentuk bola atau oval tanpa lengan. Contoh: *Diodema saxtile* (bulu babi).

G. Mollusca

Memiliki tubuh yang lunak, tidak bersegmen, bilateral simetris, bercangkang dan ada yang tidak memiliki cangkang. Cangkang terbuat dari zat kapur dengan bentuk amat beragam. Reproduksi seksual dengan fertilisasi internal. Habitat di darat, laut, dan air tawar. Mempunyai sistem pencernaan, transportasi, respirasi, ekskresi, saraf, otot, dan reproduksi.

1. Pelecypoda/ Bivalva/ Lamellibranchiata

Cangkangnya ada di bagian anterior dan bagian dorsal yang membesar disebut umbo. Kedua cangkang dapat ditutup karena ada otot aduktor yang berjumlah dua buah. Cangkang tersusun dari tiga lapisan:

Periostrakum (lapisan terluar), prismatic (lapisan tengah), dan nakreas (lapisan terdalam atau lapisan mutiara). **Contoh:** *Mytucus viridis* (kerang hijau), *Asaphis detlorata* (remis), *Pinctada maxima* (kerang mutiara)

2. Cephalopoda

Kaki berada di bagian kepala (cephalopoda), tidak memiliki cangkang (kecuali *Nautillus sp.*) memiliki kantong tinta untuk perlindungan diri. Mata sudah sempurna tetapi tidak memiliki kelopak mata. **Contoh:** *Loligo indica* (cumi-cumi) dan *Octopus sp.* (gurita).



3. Gastropoda

Kaki berada di bagian perut (gastropoda), memiliki cangkang (kecuali *Vaginula sp.*). Bersifat hemafrodit dan alat reproduksi berupa ovotestes. Contoh: *Achatina fulica* (berkicot) dan *Lymnea sp.*

H. Arthropoda

Tubuh terbagi menjadi ruas kepala (cephalus), dada (thoraks), dan perut (abdomen), triplobastik, rangka luar tersusun dari zat kitin, reproduksi seksual dengan fertilisasi internal maupun eksternal, alat pnafasan disebut paru-paru buku.

1. Crustacea (Udang-udangan)

Tubuh terdiri *cephalothoraks* (persatuan kepala dan dada) dan *abdomen* (perut). Memiliki mata majemuk. Reproduksi seksual dengan fertilisasi eksternal. Telur menetas menjadi larva kemudian larva mengalami *eksidisi/molting* (pengelupasan kulit) akan menjadi hewan dewasa. Contohnya: *Leander sp* (udang), *Portunus sexedantus* (kepiting).

Morfologi Udang

Cephalothoraks: sepasang mata faset bertangkai, dua pasang antena peraba dan pengatur keseimbangan tubuh, tiga pasang rahang yaitu sepasang mandibula (rahang bawah), dua pasang maksila (rahang atas) dan lima pasang kaki terdiri dari selipeda untuk menangkap makanan dan pereopoda untuk berjalan.

Abdomen: pada abdomen terdapat peleopoda (kaki renang), uropoda, dan telson (sirip horizontal).

Anatomi Udang

Sistem Pencernaan: mulut, esofagus, lambung, usus, anus.

Sistem Respirasi: insang.

Sistem Sirkulasi: darah melalui jantung melalui 3 pasang ostium (lubang berklep) dan darah dipompa keluar melalui 7 arteri sinus (ruang terbuka). Termasuk sistem peredaran darah terbuka.

Sistem Ekskresi: terdiri dari dua buah kelenjar hijau (struktur seperti nefridium) yang mengeluarkan cairan berwarna.

Sistem Saraf: Otak di sebelah dorsal arah anterior dan sebuah rantai ganglion di sebelah ventral.

Reproduksi: bersifat gonokoris (alat kelamin terpisah)

2. Myriapoda (Kelabang dan Kaki Seribu)
Tubuh terbagi menjadi kepala dan perut (tidak memiliki dada), perut bersegmen-segmen, pada setiap segmen terdapat sepasang kaki.
Pembagian Myriapoda
Chilopoda (Kelabang atau Lipan) Hewan terestrial, bergerak cepat, karnivora, aktif memakan hewan lain. Mangsanya dilumpuhkan dengan racun dari kelenjar racun di mulut. Respirasi dengan trakea. Contoh: <i>Scolopendrella immaculata</i> (lipan/kelabang besar).
Diplopoda Hewan terestrial bergerak lambat dan pemakan tumbuhan. Tubuh silindris dengan segmentasi terlihat jelas. Badannya jika disentuh akan menggulung. Contoh: keluwang atau kaki seribu.
3. Arachnoidea
Tubuh terbagi menjadi <i>cephalothoraks</i> dan <i>abdomen</i> , memiliki 2 pasang mulut yaitu <i>kelisera</i> dan <i>pedipalpus</i> .
Pembagian Myriapoda
Scorpionida. Contoh: <i>Theoponus caudatus</i> (kalajengking)
Arachnoidea. Contoh: <i>Mastigopraectus giganteus</i> (laba-laba raksasa)
Acarina. Contoh: <i>Sarcoptes scabei</i> (caplak).
Morfologi Laba-laba
Terdiri dari <i>cephalothoraks</i> dan <i>abdomen</i> yang keduanya dihubungkan oleh pengkerutan. Pada <i>cephalothoraks</i> terdapat 8 mata sederhana di daerah anterior dan di sebelah ventral terdapat 6 pasang alat tambahan terbagi menjadi: <i>cheliceræ</i> sepasang pertama yang mengandung kelenjar racun, pedipalpus sepasang kedua berbentuk seperti kaki dengan cakar di ujungnya yang berguna untuk memegang mangsa dan empat pasang berikutnya untuk berjalan dengan 2 atau 3 cakar pada ujungnya. Mempunyai alat pemintal yang disebut spinneret.
Anatomi Laba-laba
Sistem Pencernaan: Mulut, esofagus, lambung penghisap, lima pasang kantung lateral yang disebut sekum, usus yang menerima kelenjar-kelenjar hepatic, rektum yang berlanjut ke anus.
Sistem Respirasi: Berparu-paru buku.
Sistem Reproduksi: Ketika kopulasi sel-sel sperma dipindahkan oleh pedipalpus ke tubuh betina. Fertilisasi internal. Biasanya betina membunuh dan memakan jantan setelah kawin. Telur diletakkan dalam kokon-kokon sutera.
4. Insecta (Serangga)
Tubuh terbagi menjadi kepala, dada, dan perut, memiliki 3 pasang kaki pada bagian dada dan pada umumnya bersayap.
Metamorfosis
Tidak sempurna (Hemimetabola): <i>Lepidoptera</i> , <i>Coleoptera</i> , <i>Diptera</i> , dan <i>Hymenoptera</i> . telur → nimfa (hewan muda) → imago (dewasa)
Sempurna (Holometabola): <i>Orthoptera</i> , <i>Hemiptera</i> , dan <i>Homoptera</i> . telur → larva → pupa (kepompong) → imago
Pembagian Insecta
Apterigota (Tidak Bersayap) Tidak mengalami metamorfosis. Telur langsung dewasa. Contoh: <i>Lepisma sacchariana</i> (kutu buku)
Pterigota (bersayap)
Archyptera/Isoptera (sayap sama). Contoh: <i>Anax imperator</i> (capung). <i>Archotemopsis</i> (rayap).
Orthoptera (sayap lurus). Contoh: <i>Periplaneta americana</i> (kecoa), <i>Gryllus bimaculatus</i> (jangkrik).
Hemiptera (sayap pendek). Contoh: <i>Cimex rotundatus</i> (kutu busuk), <i>Leptocoris acuta</i> (walang sangit)
Homoptera (bersayap depan dan belakang sama). Contoh: <i>Pediculus capitis</i> (kutu kepala)
Diptera (sayap dua). Contoh: <i>Culex pipiens</i> (nyamuk), <i>Aedes aegypti</i> (nyamuk demam)

berdarah), *Musca domestica* (lalat rumah)

Neuroptera (sayap jaring). Contoh: *Myrmeleon frontalis* (undur-undur)

Hymenoptera (sayap selaput). Contoh: *Apis indica* (lebah madu), *Formicidae sp.* (semut)

Coeloptera (sayap tebal dan keras). Contoh: *Oryctes rhinoceros* (kumbang), *Photinus scintillanus* (kunang-kunang).

Siphonotera (pinjal). Contoh: *Ctenocephallus felis* (kutu kucing)

Lepidoptera (bersayap sisik). Contoh: *Attacus atlas* (kupu gajah)

Anatomi Belalang

Sistem Respirasi: Trakea dan kantung-kantung udara di seluruh tubuh.

Sistem Eksresi: Pembuluh malphigi.

Reproduksi: Alat kelamin terpisah. Dua buah testis dan dua buah ovarium terdapat dalam bagian dorsal abdomen.

Vertebrata

A. Pisces

Agnatha (Ikan Tidak Berahang)

Bentuk menyerupai ikan. Tidak memiliki rahang dan tidak bersisik. Rangka tersusun dari tulang rawan. Sirip tidak berpasangan. Jantung memiliki 1 bilik. Contoh: *Pteromyzon sp.* (belut laut).

Chondrichthyes (Ikan Betulang Rawan)

Ikan bertulang rawan, memiliki rahang, jantung beruang dua, mulut terletak di daerah ventral kepala, insang terletak di bagian luar dan tidak memiliki penutup. Contoh: *Raja sp.* (ikan pari), *Squalus acanthias* (hiu.)

Osteichthyes (Ikan Betulang Sejati)

Ikan bertulang sejati, insang tertutup oleh tutup insang, tutup tertutup oleh sisik yang terbentuk melalui roses osifikasi, jantung memiliki 1 serambi dan 1 bilik, berdarah dingin tetapi suhu badan tidak dipengaruhi suhu lingkungan.

Klasifikasi ikan bertulang sejati:

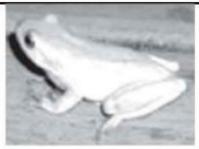
Ganoidea (Ikan bersisik mengkilat). Mempunyai tulang rawan, tutup insang, gelembung hawa dan bertelur. Contoh: *Lepidosteus sp* (Ikan buaya)

Teleostei. Sisik sikloid, bentuk tipis dan bulat dengan garis menjari dan melingkar rangka dari tulang sejati, mempunyai tutup insang, ada yang mempunyai saluran hawa. Contoh: *Cyprinus carpio* (ikan mas)

Dipnoi. Selain insang, juga mempunyai paru-paru yaitu 1 atau 2 gelembung yang berhubungan dengan saluran usus yang disebut pulmosis. Lubang hidung tidak buntu, rangka terdiri dari tulang rawan. Contoh: *Protopterus* (Ikan paru-paru Afrika)

B. Amphibia

Berhabitat di darat maupun air. Mengalami metamorfosis, berdarah dingin dan suhu tubuh dipengaruhi lingkungan. Berkembang biak dengan bertelur dan fertilisasi eksternal. Larva (kecebong) berhabitat di air dan bernafas dengan insang. Larva berkembang, bernafas dengan insang dalam. Setelah dewasa bernafas dengan paru-paru dan kulit, jantung memiliki 2 serambi dan 1 bilik, Contoh: *Rana cancrivora* (katak hijau) dan salamander



C. Reptilia

Telah beradaptasi hidup di lingkungan darat. Memiliki dua pasang tungkai yang berkuku. Reptilia yang hidup di lingkungan air tungkainya berubah berselaput. Kulit kering bersisik dari zat tanduk serta pada umumnya tidak memiliki kelenjar lendir. Sel darah merah berinti, jantung terdiri dari 2 serambi dan 2 bilik serta sekat antara bilik kanan dan kiri belum sempurna.

Klasifikasi Reptilia

1. Chelonia.

Sebagian besar skeletonnya bemodifikasi menjadi karapas (perisai dorsal) dan plastron (perisai ventral). Contoh: penyu (*Chelonia mydas*).

2. Squamata

Reptilia ini tubuhnya tertutup oleh sisik-sisik kecil yang fleksibel dan tidak mempunyai rusuk abdominal.

a. Lacertilla (Sauria)

Tubuh panjang, kelopak mata biasanya dapat digerakkan, lidah bercabang dua. Mempunyai kantung kemih.

Contoh: kadal (*Lacerta sp.*), tokek (*Hemidactylus turcicus*), bunglon (*Draco sp.*) komodo (*Varanus komodoensis*)

b. Ophidia (Ular)

Tidak mempunyai kaki, tulang dada, lubang telinga dan kantung kemih. Bola mata tidak dapat digerakkan dan tidak mempunyai kelopak mata. Lidah panjang dan bercabang dua serta dapat dikeluarkan.

Contoh: kobra (*Naja tripudians*), python (*Python reticulatus*)

c. Crocodilla

Berkulit tebal dengan rusuk-rusuk abdominal. Antara kedua ventrikelnya terdapat lubang yang disebut *foramen panizae* yang memungkinkan pemberian oksigen pada alat-alat pencernaan dan pemeliharaan keseimbangan tekanan cairan di dalam jantung sewaktu menyelam.

Contoh: buaya (*Alligator sp.*)

E. Aves

Pada umumnya berhabitat di darat walaupun ada yang mencari makanan di air. Anggota gerak depan berupa sayap. Berdarah panas dengan suhu tubuh tetap. Fertilisasi secara internal. Jantung 2 serambi dan 2 bilik serta sekatnya telah sempurna. Alat pernafasan paru-paru dan pundi-pundi hawa (untuk burung-burung yang terbang). Testis sepasang berkembang dengan baik sedangkan ovarium yang berkembang hanya sebelah kiri. Rangka tubuh terdiri dari tulang-tulang yang kuat dan berisi udara.

Contoh Klasifikasi Aves

Ada 27 ordo aves, berikut ini contoh ordo-ordo aves:

1. **Sphenisciformes.** Contoh: penguin raja (*Aptenodytes fosteri*).
2. **Pelecaniformes.** Contoh: burung camar (*Morus bassana*)
3. **Anseriformes.** Contoh: angsa/soang (*Cygnus sp.*)
4. **Galliformes.** Contoh: merak (*Pavo cristatus*), ayam hutan (*Gallus sp.*)
5. **Columbiformes.** Contoh: merpati (*Columba livia*)

E. Mamalia

Pada kulit terdapat kelenjar minyak dan keringat. Mamalia darat anggota gerak bebas berupa tungkai depan dan tungkai belakang. Bentuk kaki disesuaikan dengan fungsinya. Bersifat homiotherm (suhu tubuh tetap). Pernafasan dengan paru-paru. Jantung terdiri dari bilik kanan dan kiri serta serambi kanan dan kiri. Sekat jantung sudah sempurna. Sel darah merah tidak berinti. Otak sudah berkembang dengan baik. Fertilisasi internal.

Contoh Klasifikasi Mamalia

1. **Primata.** Contoh: monyet (*Macaca fascicularis*), orang utan (*Pongo sp.*)
2. **Rodentia.** Contoh: tikus (*Rattus sp.*), landak (*Erethyzin sp.*)
3. **Carnivora.** Contoh: kucing (*Felis catus*), anjing (*Canis familiaris*).
4. **Probosoidea.** Contoh: gajah (*Elephas maximus*)
5. **Chiroptera.** Contoh: kalong (*Pteropus edulis*)
6. **Marsupialia.** Contoh: kanguru (*Dendrolagus*), koala (*Phascolarctus*)
7. **Cetacea.** Contoh: lumba-lumba (*Dolphinus delphis*).
8. **Perissodactyla.** Contoh: badak (*Rhinoceros sp.*), Kuda (*Equus sp.*)
9. **Artiodactyla.** Contoh: sapi (*Bos indicus*), domba (*Ovis sp.*)
10. **Sirenia.** Contoh: ikan duyung air tawar (*Trichechus sp.*)
11. **Lagomorpha.** Contoh: kelinci (*Oryctologus cuniculus*)

Ekologi dan Lingkungan

A. Ekologi

Ekologi (Bahasa Yunani *oikos*: rumah, *logos*: ilmu) adalah ilmu mengenai interaksi antara organisme dengan lingkungannya.

Lingkungan:

a. **Komponen abiotik**: Faktor-faktor kimiawi dan fisik tak hidup yang berada di sekitar organisme.

b. **Komponen biotik**: Komponen yang bersifat hidup.

Organisasi kehidupan

Individu: organisasi tunggal.

Populasi: sekumpulan individu sejenis di suatu tempat, dalam waktu tertentu.

Komunitas: Kumpulan beberapa populasi yang menempati wilayah yang sama dan saling berinteraksi.

Ekosistem: Kesatuan fungsional antara komponen biotik dan abiotik.

Biosfer: Kesatuan seluruh ekosistem di bumi.

Rantai Makanan

Tingkat trofik I: produsen, yaitu tumbuhan yang melakukan fotosintesis.

Tingkat trofik II: meliputi konsumen primer, yaitu hewan-hewan herbivor.

Tingkat trofik III: meliputi konsumen sekunder, yaitu hewan-hewan karnivor.

Tingkat trofik IV: meliputi organisme pengurai (*detritivor*), yaitu bakteri dan fungi.

Aksi-Interaksi

Kompetisi: interaksi antara dua organisme berbeda populasi dikarenakan kesamaan kebutuhan dan habitatnya.

Predasi: interaksi antara organisme pemangsa (*predator*) dan yang dimangsa. *Predator* umumnya memiliki tubuh yang lebih besari dibanding yang dimangsa.

Simbiosis mutualisme: interaksi antara organisme yang bersifat saling menguntungkan.

Simbiosis Komensalisme: interaksi antara dua organisme, salah satu pihak diuntungkan dan pihak lain tidak mendapat pengaruh.

Simbiosis parasitisme: interaksi antara parasit dan inangnya. Ukuran parasit lebih kecil dari ukuran inangnya.

Netral: interaksi antar populasi tidak saling mempengaruhi.

Interaksi yang Melibatkan Komponen Biotik dan Abiotik

Arus energi

Energi (matahari) → produsen → konsumen I → konsumen II → pengurai

Produktivitas Ekosistem

Merupakan perubahan energi cahaya atau energi kimiawi anorganik menjadi energi kimiawi organik (senyawa organik) oleh organisme autotrof pada suatu ekosistem, yang nantinya dapat digunakan sebagai bahan makanan.

Daur Biogeokimia

Siklus yang melibatkan perpindahan senyawa kimia (senyawa anorganik) melalui jalur organisme (sebagai perantara) dan kemudian senyawa tersebut kembali ke lingkungan fisiknya.

Misal: Daur karbon

Organisme Autotrofik

Makhluk tersebut mampu membentuk zat organik dari bahan anorganik yang diperoleh dari lingkungan organisme autotrofik dibagi menjadi:

Fototrofik: menggunakan cahaya sebagai energi sintesis nutrisi, dan

Kemoautotrof: menggunakan energi kimia sebagai energi sintesis nutrisi.

Organisme Heterotrofik

Makhluk tersebut memperoleh makanan dari hasil pembentukan organisme lain (senyawa organik).

Suksesi Ekologis

Suksesi primer: Suksesi terjadi pada daerah yang sebelumnya tidak terdapat organisme, contohnya suksesi pada lahar bekas bencana letusan Gunung Merapi,

Suksesi sekunder: suksesi yang terjadi pada daerah yang komunitas di tempat tersebut telah dimusnahkan atau dihilangkan karena adanya gangguan, contohnya suksesi padang rumput menjadi hutan.

B. Tipe Ekosistem

Ekosistem Darat

Gurun: padang pasir dengan tumbuhan kaktus dan kurma

Padang rumput: sabana (padang rumput yang luas), stepa (padang rumput yang dikelilingi semak-semak)

Hutan gugur: pada daerah empat musim

Taiga: bioma hutan konifer seperti pinus ditandai dengan banyak salju.

Tundra: terletak di kutub dan tumbuhan berupa semak pendek dan lumut

Ekosistem Air Tawar

Ekosistem danau dan ekosistem sungai

Ekosistem Air Laut

Ekosistem laut, ekosistem pantai, ekosistem estuari (terbentuk oleh pertemuan air tawar dan air laut), ekosistem terumbu karang.

C. Lingkungan

Pencemaran Lingkungan

Pencemaran udara: gas CO, gas CO₂, H₂S dari asap pabrik.

Pencemaran air: tumpahan minyak, limbah industri rumah tangga.

Pencemaran tanah: sampah plastik dan pestisida.

Pencemaran suara: suara kendaraan bermotor, mesin pabrik.

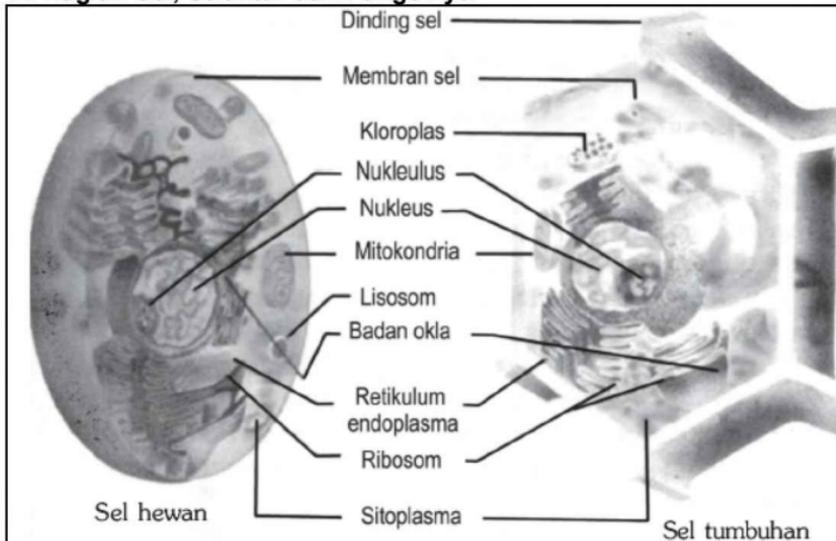
reduce: mengurangi penggunaan plastik, pestisida, CFC:

reuse: pemanfaatan barang bekas

recycle: mendaur ulang barang-barang bekas pakai

Struktur Fungsi Sel

A. Bagian Sel, Struktur dan Fungsinya



Inti sel (nucleus): tersusun dari asam nukleat, protein, dan lipid

Membran sel: tersusun dari lipid dan protein. Fungsi: pertahanan sel dari lingkungan eksternal, memberikan bentuk sel, mengatur transportasi lintas membran.

Dinding sel: tersusun dari lignin, pektin, dan selulose. Fungsi: untuk pertahanan sel di lingkungan eksternal, memberikan bentuk dan menguatkan sel.

Sitoplasma: cairan yang terdapat di dalam sel berfungsi sebagai media untuk reaksi-reaksi kimiawi yang terdapat di dalam sel.

Ribosom: berfungsi sebagai tempat sintesis protein. Secara struktural, ribosom dapat terikat dengan retikulum endoplasma dan dapat bebas pada sitoplasma.

Retikulum endoplasma: organel sel yang berupa jaringan tubula (jalanan rongga-rongga) dan gelembung membran (sisteme), berfungsi sebagai tempat sintesis protein, sintesis hormon steroid, dan pengangkutan zat. Secara struktural, retikulum endoplasma dibagi menjadi dua jenis, yaitu kasar (terdapat ribosom pada permukaan sitoplasmanya) dan halus (tidak terdapat ribosom).

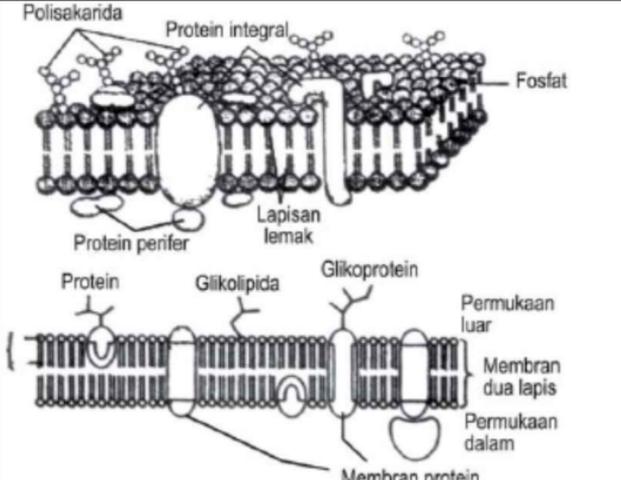
Lisosom: merupakan kantung yang berisi enzim hidrolitik yang digunakan sel untuk mencerna makromolekul.

Mitokondria: organel sel berbentuk lonjong, dibungkus oleh membran luar dan dalam (sehingga matriks mitokondria), berfungsi sebagai tempat sintesis ATP (energi).

Sentriol: berfungsi saat pembelahan sel

Badan golgi: berbentuk seperti kantung-kantung pipih bertumpuk-tumpuk, berfungsi untuk sekresi dan ekskresi sel.

B. Membran Sel

	<p>Membran sel tersusun dari komponen protein, lipid bilayer, dan karbohidrat. Protein yang terdapat di membran dibagi menjadi protein peripheral (tidak tertanam di daerah lipid bilayer) dan protein intrinsik (tertanam dalam lipid bilayer; merupakan protein transmembran).</p>
<p>Karbohidrat pada membran pada umumnya berupa oligosakarida (polisakarida pendek) yang terikat dengan lipid membentuk struktur glikolipid dan juga terikat dengan protein membentuk struktur glikoprotein.</p>	

C. Perbedaan Sel Eukariotik dengan Prokariotik

Eukariotik	Prokariotik
Memiliki membran inti sel	Tidak memiliki membran inti, materi genetik terkumpul pada zona yang menyerupai inti, yaitu: nukleoid.
Memiliki organela-organela seperti endoplasma, badan golgi, mitokondria	Tidak memiliki
Terdapat beberapa sel yang memiliki alat gerak berupa flagela.	Tidak memiliki flagela, tetapi alat gerak berupa silia (pada beberapa prokariotik).

D. Perbedaan Sel Hewan dan Tumbuhan

Hewan	Tumbuhan
Tidak ada dinding sel, hanya membran sel	Memiliki dinding sel dan membran sel
Tidak memiliki plastida	Memiliki plastida
Memiliki sentrosom	Tidak memiliki
Mempunyai lisosom	Tidak memiliki
Timbunan zat makan berupa glikogen	Timbunan zat makanan berupa pati

Jaringan dan Organ Tumbuhan

A. Jaringan

Jaringan pada tumbuhan secara garis besar dibedakan menjadi dua yaitu **jaringan meristem** (sel-selnya masih aktif membelah) dan **jaringan dewasa** (permanen, jaringan ini tidak bersifat meristematik).

1. Jaringan meristem (Jaringan yang Aktif Membelah)

Berdasarkan Letaknya

Meristem Ujung (Apikal): jaringan muda terbentuk oleh sel-sel initial yang berada pada ujung-ujung dari alat-alat tumbuhan. Tumbuhan dapat bertambah tinggi dan panjang.

Meristem Samping (Lateral): terbentuk oleh sel-sel initial yang terletak antara bagian alat-alat tumbuhan aktivitas meristem ini tumbuhan akan mengalami penambahan besar ke samping.

Berdasarkan Terjadinya

Promeristem: jaringan meristem yang telah ada sejak tumbuhan pada fase embrional.

Meristem primer: jaringan meristem pada tumbuhan dewasa yang masih aktif membelah, terdapat pada titik tumbuh, menyebabkan tumbuhan bertambah tinggi.

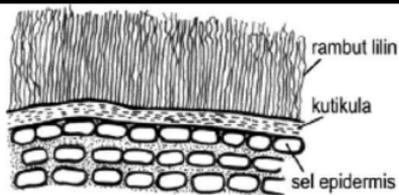
Meristem sekunder: merupakan jaringan meristem yang berasal dari meristem primer, menyebabkan tumbuhan menjadi besar, terdapat pada kambium.

2. Jaringan dewasa (permanen)

2a. Jaringan epidermis

Jaringan pelindung terdapat di seluruh permukaan tubuh. Berfungsi sebagai pelindung.

Derivat epidermis: stomata, trikoma, dan sel kipas.



2b. Jaringan parenkim

Jaringan dasar yang terdapat hampir di semua bagian tubuh. Selnya hidup, dinding sel tipis, letak sel tidak rapat.

Berdasarkan fungsinya: Parenkim asimilasi (Klorenkim), Parenkim udara (Aerenkim), Parenkim air, Parenkim makanan, Parenkim pengangkut

Berdasarkan bentuknya: Parenkim palisade, Parenkim bunga karang, Parenkim bintang, Parenkim lipatan.

2c. Jaringan penyokong

Kolenkim: sel bersifat hidup, lentur, dinding sel selulosa dan mengalami penebalan. Fungsinya mengokohkan batang yang muda berkayu dan bersifat elastis

Skerenkim: sel bersifat mati. Keras dan penebalan. Dinding sel dari lignin

2d. Jaringan gabus (felogen)

Pada tumbuhan dikotil, jaringan ini dibentuk oleh kambium gabus yang berfungsi untuk melindungi jaringan di bawahnya atau melindungi organ agar tidak kehilangan air terlalu banyak. Felogen terdiri dari

Felium: pembentukannya ke arah luar

Feloderm: pembentukannya ke arah dalam

2e. Jaringan pengangkut

Xilem: pengangkut mineral dari akar ke daun. Terdiri dari

- Trakeid: Selnya mati, dindingnya lignin, dindingnya miring berpori
- Trakea: Selnya mati, dindingnya lignin, dindingnya melintang berfusi.
- Parenkim Xilem: Tersusun dari sel-sel yang masih hidup.

Floem: alat transportasi zat organik hasil asimilasi. Terdiri dari:

Unsur-unsur tapis, parenkim floem, serat-serat floem, sel pengantar, sel albumin

Tipe-tipe ikatan pembuluh:

a. **Konsentrasi**

amfivasal: xilem mengelilingi floem

amfikribal: floem mengelilingi xilem

b. **Kolateral:** floem berada di sebelah luar dan xilem berada di dalam.

c. **Bikolateral:** xilem diapit dua floem.

d. **Radial:** letak xilem dan floem berselang-seling secara radial

B. Organ Tumbuhan

1. Akar

Fungsi: menyerap air dan unsur hara, menyimpan cadangan makanan, memperkokoh tumbuhan, sebagai alat perkembangbiakan vegetatif.

Struktur akar:

Epidermis: epidermis akar akan membentuk bulu-bulu akar

Korteks: penting untuk pertukaran gas.

Endodermis: lapisan pemisah antara korteks dengan silinder pusat.

Stele (Silinder Pusat): Lapisan silinder pusat disebut perisikel atau perikambium. Perisikel yang letaknya segaris dengan xilem akan membentuk cabang akar.

2. Batang

Stuktur batang: epidermis, korteks, dan silinder pusat. Tipe berkas pengangkutan pada batang yaitu kolateral terbuka (pada Dikotil dan Gymnospermae) dan kolateral tertutup (Monokotil).

Jaringan Primer

Monokotil: epidermis, berkas pembuluh, empulur, dan sklerenkim.

Dikotil: epidermis, korteks, xilem, floem, dan kambium pembuluh.

Jaringan sekunder: Terdapat pada tumbuhan dikotil yaitu floem sekunder, xylem sekunder, dan kambium gabus.

3. Daun

Berfungsi sebagai: tempat fotosintesis, alat reproduksi vegetatif, tempat penyimpan bahan makanan, alat untuk transpirasi.

Struktur daun: epidermis atas dan bawah, mesofil (pada Dikotil terdiri dari jaringan palisade dan spons), berkas pengangkut (xylem dan floem), dan stomata.

Tubuh Manusia: Jaringan dan Organ

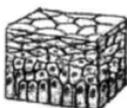
A. Jaringan

1. Jaringan Epitel

Merupakan jaringan yang menutupi tubuh (baik dalam maupun luar) serta melindungi tubuh dari pengaruh buruk faktor eksternal. Jaringan epitel berfungsi sebagai pelindung (epitel dan kulit), sekresi (pada sel-sel epitelium rongga mulut), dan juga penyerapan (pada usus). Berikut macam-macam epitel.



Epitel pipih



Epitel peralihan



Epitel kubus



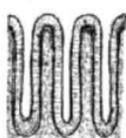
Epitel bersilia



Epitel kelenjar



Epitel silindris



Epitel tubuler



Epitel alveolus majemuk



Epitel sakulus

Epitel pipih selapis: pembuluh limfe, kapiler, selaput perut, alveoli endotel jantung.

Epitel pipih berlapis: rongga mulut, rongga hidung, esofagus, vagina, telapak kaki.

Epitel silinder selapis: jonjot usus, kantung empedu, usus, lambung.

Epitel silinder berlapis: laring, faring trakea, kelenjar ludah.

Epitel kubus selapis: lensa mata, nefron ginjal, permukaan ovarium.

Epitel kubus berlapis: foliok ovarium, testis, kelenjar keringat

Epitel transisional: kantung kemih, ureter, uretra

Epitel Berdasarkan Fungsi

Epitel epitelium kelenjar, epitelium absorpsi, dan epitelium sensori.

2. Jaringan Otot

Otot polos: inti satu di tengah, sel berujung runcing, bekerja di luar kesadaran, reaksinya lambat, tidak cepat lelah (pada saluran pencernaan, pembuluh darah, dan saluran pernafasan)



Otot lurik: berinti banyak di bagian tepi sel, bekerja sesuai kehendak, reaksinya cepat, cepat lelah (terdapat pada rangka).



Otot jantung: inti berada di tengah, reaksi lambat, tahan kelelahan, bekerja di luar kesadaran, serabut bercabang (terdapat di dinding jantung).

3. Jaringan Konektif (Penyambung)
Jaringan Pengikat
Jaringan Ikat Padat: terbuat dari serabut kolagen yang putih. Terdapat pada tendon, ujung otot yang melekat pada tulang, demis kulit, ligamen
Jaringan Ikat Longgar: susunan serabut selnya longgar. Mengelilingi berbagai organ dan menopang sel-sel saraf serta pembuluh darah
Jaringan Penunjang/Penguat
1. Jaringan Tulang Rawan (Kartilago)
<ul style="list-style-type: none"> a. Kartilago Hialin: putih kebiruan, mengkilat, dan jernih. Terdapat di cakram epifisis, dan ujung rusuk. b. Kartilago Elastis: tersusun dari serabut kolagen dan bersifat elastis. Terdapat di: daun telinga, epiglotis dan bronkiolus. c. Kartilago Fibrosa: berwarna gelap, tetapi banyak mengandung serabut kolagen yang membentuk suatu berkas dan tersusun sejajar.
2. Jaringan Tulang Sejati (Osteon)
<ul style="list-style-type: none"> a. Tulang Kompak terdapat matriks yang banyak, rapat, dan padat. Contoh: tulang-tulang pipa. b. Tulang Spons (Bunga Karang): tersusun tidak rapat dan berongga. Contoh: tulang-tulang pipih
Jaringan Darah dan Limfe
Sel-sel Darah: sel darah merah (<i>eritrosit</i>), sel darah putih (<i>leukosit</i>), sel darah pembeku (<i>trombosit</i>).
Plasma Darah: Plasma darah mengandung serum
Jaringan Penghubung Berserat
Jaringan penghubung berserat tersusun dari sel-sel lemak yang berbentuk poligonal. Fungsi jaringan ini adalah untuk tempat penyimpanan lemak, sebagai cadangan makanan, melindungi organ-organ dalam tubuh dari suhu dingin dan bantalan. Jaringan ini sering kita jumpai pada lapisan bawah kulit, sekitar persendian, dan di antara organ-organ dalam tubuh.
4. Jaringan Saraf
Jaringan terdiri dari sel-sel (neuron). Neuron terdiri dari dendrit, badan sel, dan neurit. Neuron memiliki badan sel yang mempunyai juluran-juluran dendrit dan akson yang panjang. Dendrit membawa rangsang ke badan sel. Akson meneruskan impuls ke sel saraf lainnya. Tempat hubungan neuron yang satu dengan yang lainnya disebut sinapsis. Akson diseliputi oleh selubung neurelema (sel Schwann) di sebelah luar dan selubung myelin di sebelah dalam. Plasma pada akson disebut aksoplasma.

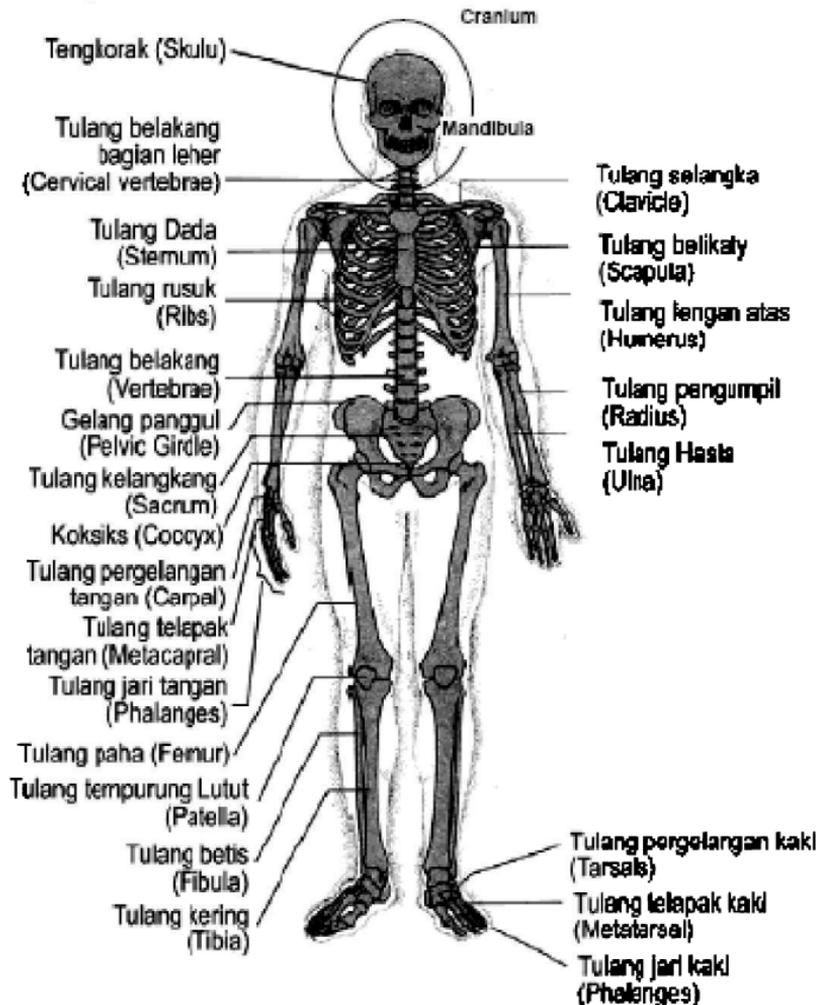
B. Organ dan Sistem Organ

Sistem	Organ	Fungsi
Sistem pencernaan	Mulut, faring, esofagus, lambung, usus, hati, kantong empedu, dan pankreas.	Mencerna makanan, mengabsorpsi molekul-molekul makanan yang sudah disederhanakan.
Sistem pernapasan	Hidung, faring, laring, trakea, bronkus, paru-paru.	Pertukaran gas (oksigen dan karbon dioksida)
Sistem gerak	Tulang, otot	Menyokong dan melindungi organ dalam
Sistem transportasi	Jantung, arteri, vena, kapiler, pembuluh limfatik, kelenjar limfa.	Mengangkut oksigen dan sari makanan ke seluruh sel-sel tubuh dan mengangkut zat hasil metabolisme yang tidak berguna keluar dari sel-sel tubuh, serta melindungi tubuh dari penyakit.

Sistem ekskresi	Paru-paru, ginjal, kulit dan hati	Mengeluarkan sisa metabolisme dari dalam tubuh dan menjaga keseimbangan sel dengan lingkungannya.
Sistem saraf	Otak, serabut saraf, simpul saraf, medula spinalis, medula oblongata.	Menerima dan merespon rangsang dari lingkungannya.
Sistem reproduksi	Testes, ovarium	Perkembangbiakan.

Sistem Gerak Pada Manusia

A. Rangka



<p>1. Fungsi Rangka</p> <ul style="list-style-type: none"> - Penyokong dan pemberi bentuk tubuh. - Sebagai tempat pelekatan otot. - Pelindung organ-organ dalam yang lunak. - Tempat pembentukan sel darah merah dan sel darah putih. - Tempat penimbunan mineral dalam tubuh.
<p>2. Sistem Rangka</p>
<p>2a. Rangka Aksial</p> <p>Berfungsi untuk: memberikan sumbu topangan untuk tubuh tegak (bipedal), mengelilingi dan melindungi otak, sumsum tulang belakang, pari-paru dan jantung.</p>
<p>A. Tulang Tengkorak (Kranium)</p> <p>1. Tulang-tulang yang membentuk bagian kepala tulang baji (<i>sfenoid</i>) 2 tulang; tulang tapis (<i>etmoid</i>) 1 tulang; tulang pelipis (<i>temporal</i>) 2 tulang; tulang dahi (<i>frontal</i>) 1 tulang; tulang ubun-ubun (<i>parietal</i>) 2 tulang tulang kepala belakang (<i>oksipital</i>) 1 tulang</p> <p>2. Tulang-tulang yang menyusun wajah tulang rahang atas (<i>maksila</i>) 2 tulang; tulang rahang bawah (<i>mandibula</i>) 2 tulang; tulang pipi (<i>zigomatikus</i>) 2 tulang; tulang langit-langit (<i>palatinum</i>) 2 tulang; tulang hidung (<i>nasale</i>) 2 tulang; tulang mata (<i>lakrimalis</i>) 2 tulang; tulang pangkal lidah 1 tulang.</p> <p>B. Tulang Belakang (Vertebrae)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tulang Leher (Servikal) tulang leher disebut atlas, sedangkan ruas kedua disebut tulang pemutar terdiri dari 7 buah 2. Tulang Punggung (Dorsalis) 12 buah 3. Tulang Pinggang (Lumbalis) 5 4. Tulang Sakral (Sakrum) 4 <p>C. Tulang Rusuk/Iga (Costae)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tulang rusuk sejati (<i>costa vera</i>) sebanyak 7 pasang. 2. Tulang rusuk palsu (<i>costa spuria</i>) sebanyak 3 pasang. <p>D. Tulang Dada (Sternum)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. tulang hulu, 2. tulang badan, 3. tulang bahu pedang.
<p>2b. Rangka Apendikuler</p> <p>Berfungsi untuk menopang lengan dan kaki</p>
<p>A. Tulang Bahu</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tulang belikat – 2 tulang 2. Tulang selangka – 2 tulang <p>B. Tulang Panggul (Pelvis)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tulang usus (ileum) – 2 tulang 2. Tulang duduk (ishkium) - 2 tulang 3. Tulang kemaluan – 2 tulang <p>C. Tulang Anggota Gerak Atas</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tulang lengan atas (<i>humerus</i>) – 2 tulang 2. Tulang hasta (<i>ulna</i>) – 2 tulang 3. Tulang pengumpil (<i>radius</i>) – 2 tulang 4. Tulang pergelangan tangan (karpal) – 2 kali 8 tulang 5. Tulang tapak tangan (metakarpal) – 2 kali 5 tulang 6. Tulang jari-jari (phalanges) – 2 kali 14 ruas jari <p>D. Tulang Anggota Gerak Bawah</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tulang paha (femur) – 2 tulang, 2. Tulang tempurung lutut (patela) – 2 tulang,

<p>3. Tulang betis (fibula) – 2 tulang 4. Tulang kering (tibia) – 2 tulang 5. Tulang pergelangan kaki (tarsal) – 2 kali 7 tulang 6. Tulang tapak kaki (metatarsal) – 2 kali 5 tulang 7. Tulang jari kaki (phalanges) – 2 kali 14 tulang</p>
<p>3. Tulang Penyusun Rangka</p>
<p>Tulang rawan (kartilago) Tulang rawan bersifat elastis, matriks tulang berupa kolagen, serta disusun dari sel-sel kondroblas. Macam-macamnya: tulang rawan hialin, elastis, dan fibrosa.</p>
<p>Tulang keras (osteon) Tulang keras bersifat keras/kaku, matriks tulang mengandung kapur, serta dibentuk dari sel-sel osteoblas.</p>
<p>4. Tulang Berdasarkan Bentuknya</p>
<p>Tulang pipih (seperti tulang rusuk dan tengkorak), Tulang panjang (seperti tulang paha dan tulang kering), dan Tulang pendek (tulang pada jari-jari kaki dan tangan). Tulang tak beraturan (seperti pada wajah dan tulang belakang)</p>
<p>5. Proses Osifikasi Tulang</p>
<p>Kartilago → ban periosteum terbentuk → perkembangan pusat osifikasi primer → masuknya pembuluh darah → rongga sumsum tulang terbentuk → penipisan dan pemanjangan ban → pembentukan pusat osifikasi sekunder → sisa kartilago sebagai lempeng epifisis → pembentukan batas epifisis.</p>
<p>7. Persendian pada Rangka Manusia</p>
<p>Sinartrosis: Sendi yang tidak bisa digerakkan. Dibagi menjadi:</p>
<p>1) sinkondrosis: dihubungkan oleh tulang rawan, misalnya sendi antara tulang rusuk dengan tulang dada, dan</p>
<p>2) sinfibrosis: dihubungkan oleh serabut, misalnya sendi di antara tulang-tulang tengkorak.</p>
<p>Diartrrosis: Sendi yang memungkinkan digerakkan. Dibagi menjadi:</p>
<p>1) Sendi lesung (peluru): sendi pada tulang lengan atas yang berhubungan dengan pundak; tulang paha berhubungan dengan tulang pelvis. Sendi ini memungkinkan terjadinya pergerakan untuk memutar lengan dan kaki sehingga dapat gerakkan dalam beberapa sumbu.</p>
<p>2) Sendi engsel: antara tulang lengan atas dengan tulang hasta. Sendi ini membatasi pergerakan hanya pada sumbu tunggal (satu arah).</p>
<p>3) Sendi putar: memungkinkan untuk memutar lengan depan pada siku (satu gerakan berputar).</p>
<p>4) Sendi pelana: persendian pada ibu jari.</p>
<p>Amfiartrosis: Sendi yang memungkinkan untuk sedikit gerak. Misalnya pada sendi di antara tulang rusuk dengan tulang punggung.</p>
<p>8. Kelainan pada Tulang</p>
<p>Skoliosis: tulang punggung berbentuk seperti huruf S (dapat dikarenakan posisi duduk yang salah).</p>
<p>Lordosis: posisi tulang panggul membelok ke depan</p>
<p>Kifosis: tulang punggung membungkuk.</p>
<p>Fraktura: tulang mengalami keretakan.</p>
<p>Nekrosa: kerusakan pada selaput tulang, sehingga suplai makanan berhenti.</p>
<p>Artritis sika: pengeringan minyak sendi, sehingga pergerakan sendi terhambat.</p>
<p>Artritis eksudatif: peradangan pada bagian sendi (disebabkan oleh infeksi bakteri).</p>

B. Otot

Pergerakan Otot

Sinergi (searah)

Gerak pronasi oleh otot-otot pronator di lengan bagian bawah.

Antagonis (berlawanan)

- *abduktor-adduktor*: menjauhkan dan mendekatkan lengan dari tubuh,
- *fleksor-ekstensor*: lengan meluruskan dan membelokkan lengan,
- *pronator-supinator*: menelungkup dan mengadahkan telapak tangan,
- *depresor-elevator*: menurunkan dan mengangkat lengan ke atas.

Mekanisme Gerak Otot

Sebuah otot terdiri dari berkas serat otot (sel-sel otot lurik dan berinti banyak) yang disebut **myofibril**. Masing-masing myofibril tersebut terdiri dari **miosin** (filamen tebal) dan **aktin** (filamen tipis) yang diatur dalam unit kontrail yang disebut sarkomer.

Relaksasi otot: panjang bagian sarkomer lebih panjang daripada saat terjadi kontraksi otot.

Kontraksi otot: sarkomer tampak memendek karena filamen aktin dan myosin saling meluncur di atas satu sama lain.

Mekanisme kinerja dipengaruhi datangnya rangsang untuk bergerak. Rangsangan dari luar oleh tubuh akan diubah menjadi sinyal kimjawi dalam bentuk asetilkolin. Asetilkolin yang terlepas, akan membebaskan ion kalsium (Ca^{2+}) yang berad di antara sel-sel otot, sehingga pada akhirnya menyebabkan filamen aktin meluncur mendekati filamen myosin (membentuk aktomiosin) yang mengakibatkan sarkomer memendek dan terjadinya kontraksi otot bergerak.

Sitem Produksi Energi Otot

Sumber energi untuk kontraksi otot adalah Adenosin Trifosfat (ATP) yang diproduksi di mitokondria. Produksi ATP melalui siklus Krebs (siklus asam trikarboksilat) dalam mitokondria. Semua zat makanan harus diubah menjadi asam piruvat. Asam piruvat inilah yang akan masuk menembus membran ganda mitokondria dari sitosol. Jadi zat makanan, misal gula hanya ada di sitosol dan tidak akan dapat masuk ke mitokondria sebelum diubah menjadi asam piruvat. Dalam keadaan anaerob, sel otot kekurangan oksigen. Asam piruvat diubah menjadi asam laktat. Asam laktat inilah yang menyebabkan pegal. Respirasi aerob menghasilkan 38 ATP sedangkan respirasi anaerob hanya 2 ATP.

Sistem Transortasi dan Sirkulasi

A. Darah

1. Fungsi Darah

Mengangkut nutrisi, senyawa-senyawa sisa metabolisme, oksigen, hormon. Termoregulator atau pengatur suhu tubuh. Mengatur keseimbangan pH dalam tubuh. Imunitas atau pertahanan tubuh.

2. Komponen Darah

2a. Korpuskuler

I. Eritrosit (Darah Merah)

Pada wanita dewasa sekitar 4,5 juta cc dan pria 5 juta cc. Bentuk bikonkaf dan berwarna merah yang disebabkan oleh haemoglobin (Hb). Kadar Hb dipakai sebagai patokan penyakit anemia. Umur eritrosit 120 hari setelah itu dihancurkan di hati. Hb dirombak menjadi *bilirubin* (zat warna empedu). Eritrosit manusia dan mamalia tidak berinti kecuali onta dan llama.

II. Leukosit (Darah Putih)

Mempunyai inti terkadang lebih dari satu lobus sehingga disebut *polimorphonuclear* (PMN). Pada orang dewasa terdapat 5.000 – 10.000 cc. Bersifat fagosit (pemakan) kuman yang masuk ke dalam tubuh. Dapat menembus dinding kapiler (*diapedesis*) Jumlahnya bertambah jika ada kuman atau benda asing yang masuk tubuh.

Pembagian Leukosit:

1. Agranulosit

- a. **Monosit:** berinti besar, bersifat fagosit, dapat bergerak cepat.
- b. **Limfosit:** berinti satu, untuk imunitas, tidak dapat bergerak.

2. Granulosit

- a. **Neutrofil:** granula merah kebiruan, bersifat fagosit.
- b. **Basofil:** granula biru, bersifat fagosit.
- c. **Eosinofil:** granula merah bersifat fagosit

Kelainan jumlah sel darah putih:

Leukopeni: kurang dari 5.000 cc

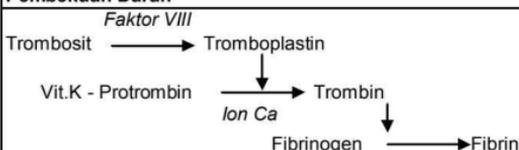
Leucositosis: diatas 10.000 cc sd 200.000 cc

Leukemia: jumlahnya di atas 200.000 cc

III. Trombosit (Platelet)

Sel darah pembeku dgn jumlah 200.000 – 500.000 cc. Terdapat faktor pembekuan (*hemostatis*) diantaranya faktor VIII (*antihemophilic factor*). Jika seseorang secara genetik trombositnya tidak mengandung faktor ini berarti menderita *hemofilia*.

Pembekuan Darah



2b. Plasma Darah

Terdiri dari cairan dan protein darah yaitu albumin, globulin, dan fibrinogen. Cairan darah yang tidak mengandung unsur fibrinogen disebut serum darah. Protein dalam susunan inilah yang bertindak sebagai antibodi terhadap adanya benda asing (antigen). Zat antibodi adalah gamaglobulin.

Reaksi antibodi:

Antibodi yang dapat menggumpalkan antigen → presipitin

Antibodi yang dapat menguraikan antigen → lisis

Antibodi yang dapat menawarkan racun → antitoksin

3. Golongan Darah

3a. Sistem ABO oleh Landsteiner

Golongan Darah	Aglutinogen (Antigen)	Aglutinin (Antibodi)	Jika aglutinogen dan aglutinin yang sesuai bercampur maka akan terjadi reaksi penggumpalan (aglutinasi). Golongan darah O: donor universal Golongan darah AB: resivien universal
A	A	β	
B	B	α	
AB	A dan B	-	
O	-	α dan β	

3b. Sistem Rhesus

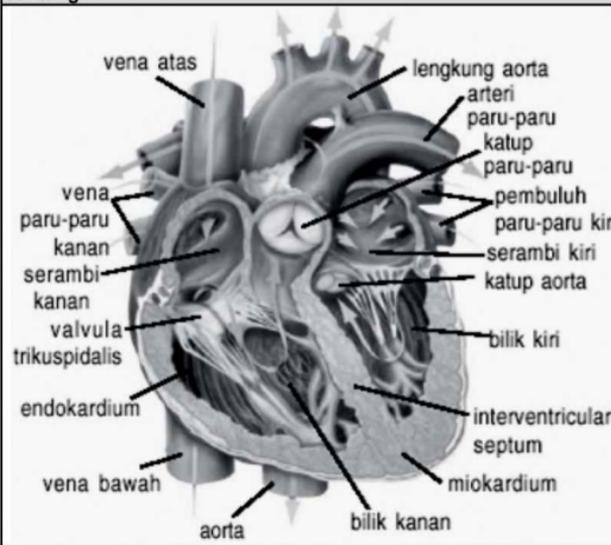
Golongan Darah	Antigen Rhesus	Anti Rhesus
Rhesus Positif	ada	Tidak ada
Rhesus Negatif	Tidak ada	Tidak ada

Prinsip sistem rhesus adalah adanya antibodi terhadap antigen D (anti D). Sistem Rhesus mengenal dua golongan yaitu rhesus positif (Rh+) dan rhesus negatif (Rh-) dimana secara genetik Rh + dominan terhadap Rh-.

Ketidaksesuaian rhesus mengakibatkan penyakit *Eritroblastosis Foetalis*. Pertolongannya dengan transfusi *eksanguinasi (exchange transfusion)*

B. Alat Peredaran Darah

Jantung



Dinding jantung:
perikardium-miokardium-endokardium.

4 Ruang jantung:
Serambi (atrium) kanan dan kiri
Bilik (ventrikel) kanan dan kiri.

Katup jantung:
Bikuspidalis (atrium kiri dgn ventrikel kiri).
Trikuspidalis (atrium kanan dgn ventrikel kanan).

2 Semilunaris (ventrikel kiri dgn aorta dan ventrikel kanan dgn arteri pulmonalis)

Denyut Jantung

Fase sistolik: jantung berkontraksi bilik jantung menguncup. Darah dalam bilik di pompa ke pembuluh nadi paru-paru atau ke aorta secara bersama.

Fase diastolik: jantung relaksasi. serambi jantung menguncup dan bilik jantung mengembang maksimal.

Pembuluh Darah

Arteri: membawa darah dari jantung menuju organ-organ di seluruh tubuh. **Aorta:** Arteri terbesar terhubung dengan bilik kiri membawa darah kaya O₂ yang akan dibawa ke seluruh tubuh.

Arteri pulmonalis: mengangkut darah yang kaya CO₂ menuju organ paru-paru kiri dan kanan. Gas CO₂ di dalam paru-paru diganti dengan O₂.

Vena: mengembalikan darah ke jantung.

Vena cava superior mengangkut darah dari bagian atas. **Vena cava inferior** dari bagian bawah, misalnya kaki, ginjal, hati, dan lain-lain. **Vena pulmonalis:** mengangkut darah yang kaya O₂ dari paru-paru menuju ke serambi kiri. **Venula:** pembuluh balik yang langsung berhubungan dengan kapiler.

Kapiler: merupakan cabang arteri, pembuluh mikroskopis dengan dinding tipis dan berpori.

Karakteristik	Pembuluh Nadi (Arteri)	Pembuluh Balik (Vena)
Tempat	Agak ke dalam tersembunyi	Dekat permukaan tubuh, tampak kebiru-biruan
Dinding pembuluh	Tebal, kuat, elastis	Tipis, tidak elastis
Aliran darah	Dari jantung	Menuju jantung
Denyut	Terasa	Tidak terasa
Katup	Di satu tempat dekat jantung	Di sepanjang pembuluh
Jika terluka	Darah memancar keluar	Darah hanya menetes

Peredaran Darah	
Pulmonal: bilik kanan → paru-paru → serambi kiri.	
Sistemik: bilik kiri → seluruh tubuh → serambi kanan.	
Skema Sirkulasi Darah pada Manusia	
Darah dari seluruh tubuh → vena cava superior dan inferior → serambi kanan → bilik kanan → arteri pulmonalis → paru-paru → darah bersih dari paru-paru → vena pulmonalis → serambi kiri → bilik kiri → aorta → seluruh tubuh → Darah dari seluruh tubuh	
Pembuluh Getah Bening (Limfe)	
Duktus limfatikus dekstra (pembuluh limfa kanan): Pembuluh ini terletak pada pembuluh balik di bawah tulang selangka kanan. Pembuluh limfe kanan merupakan tempat muara dari semua cairan limfe yang berasal dari kepala, leher, dada, paru-paru, jantung, dan lengan kanan.	
Duktus torasikus (pembuluh limfa dada): Pembuluh ini terletak pada pembuluh balik di bawah tulang selangka kiri. Pembuluh ini merupakan tempat muara pembuluh lemak dari usus. Pembuluh limfe ini juga mengumpulkan cairan limfe yang berasal dari bagian lain selain yang disebutkan di atas.	
Cairan limfe (penyerapan lemak). Kelenjar limfe (produksi limfosit dan pertahanan tubuh).	
Limpa (membongkar Hb tua dan cadangan eritrosit). Tonsil (pembentukan limfosit)	
Penyakit Sistem Peredaran Darah	
Hemofilia: darah sukar membeku.	Varises: pembesaran pembuluh vena
Anemia: kurang darah (hb)	Ambein/wasir: pembesaran pembuluh vena di anus.
Leukimia: kelebihan darah putih	Jantung koroner: penyumbatan pembuluh darah arteri oleh lemak, sehingga darah menuju jantung menjadi tidak lancar
Aterosklerosis: pengerasan dinding pembuluh darah oleh lemak	
Arteriosklerosis: pengerasan dinding pembuluh oleh kapur	

C. Sistem Sirkulasi Pada Hewan

Cacing
Peredaran darah tertutup. Darah cacing tanah mengandung hemoglobin yang berfungsi untuk mengangkut O ₂ . Hemoglobin cacing tanah tidak terdapat pada sel-sel darah merah. Jantung cacing tanah berupa lima lekung aorta . Darah dari pembuluh darah dorsal mengalir ke bagian kepala, kemudian melewati lima lekung aorta ke arah belakang melewati pembuluh darah ventral yang berada di bagian perut. Pembuluh darah ventral mengangkut darah ke arah belakang, kemudian diteruskan ke suatu sistem pembuluh darah yang lebih kecil dan rumit, yang berakhir di kapilerkapiler. Di sinilah terjadi pertukaran gas.
Serangga (Belalang)
Peredaran darah terbuka(darah tidak di dalam pembuluh darah). Darah belalang yang beredar ke seluruh tubuh tidak membawa O ₂ , tetapi hanya membawa sari makanan karena O ₂ dibawa oleh sistem trakea. Darah dari jantung pembuluh dipompakan ke bagian depan melalui aorta. Dari aorta, darah dikeluarkan ke jaringan-jaringan tubuh dan beredar ke seluruh tubuh tanpa melalui pembuluh darah. Di sinilah terjadi pertukaran zat. Darah memberikan sari makanan yang dibawa pada jaringan tubuh dan mengambil sisa metabolisme dari jaringan tubuh. Darah akan masuk ke jantung pembuluh lagi melewati lubang-lubang halus.
Ikan
Jantung yang terdiri atas dua ruang: satu serambi dan satu bilik. Jantung terletak di dekat insang. Peredaran darah tertutup. Darah dari jantung akan dipompa melewati aorta ventral (perut) dan mengalir ke insang. Darah memasuki kapiler-kapiler dalam insang. Di sinilah terjadi pertukaran gas, yaitu CO ₂ dilepas dan darah akan mengambil O ₂ . Selanjutnya, darah mengalir melewati aorta dorsal (punggung) menuju kapiler-kapiler di seluruh tubuh, untuk memberikan O ₂ dan sari makanan. Akhirnya darah kembali menuju ke jantung melewati vena.

Amfibi

Jantung terdiri tiga ruang: yaitu satu bilik dan dua serambi, tetapi sebenarnya pada bilik terdapat sekat yang semu, sehingga darah dari serambi kiri dan kanan yang masuk ke bilik tidak dapat bercampur. Darah dari seluruh tubuh yang kaya CO_2 masuk melalui vena cava menuju ke serambi kanan. Dari sini darah akan mengalir ke bilik, kemudian darah akan dipompakan meninggalkan jantung menuju aorta yang bercabangcabang, yaitu arteri pulmonalis yang menuju paru-paru dan arteri kutanea yang menuju kulit. Di dalam paru-paru dan kulit terjadi pengambilan O_2 . Setelah itu, darah akan mengalir menuju serambi kiri. Dari serambi kiri ini darah dialirkan ke bilik, akhirnya darah dipompakan meninggalkan jantung melewati aorta dan didarkan ke seluruh tubuh.

Reptil dan Burung

Sistem peredaran darah ganda (darah dipompa dua kali di kapiler pada paru-paru atau kulit setelah keheingan tekanannya untuk memastikan aliran darah yang kuat ke otak, otot, dan organ-organ lain), jantung memiliki 2 serambi dan 2 bilik.

Sistem Pencernaan

A. Alat Pencernaan

1. Gigi

Terbentuk dari tulang (*dentin*).

Struktur:
mahkota gigi, leher, dan akar gigi.

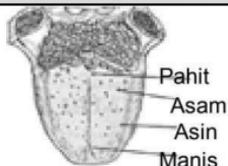
Macam gigi:
- gigi seri: memotong
- gigi taring: mengoyak
- gigi geraham: mengunyah

Gigi susu 20 gigi:
Seri atas: 4
Seri bawah: 4
Taring atas: 2
Taring bawah: 2
Geraham atas: 4
Geraham bawah: 4

Gigi tetap 32 gigi:
Seri atas: 4
Seri bawah: 4
Taring atas: 2
Taring bawah: 2
Geraham kecil atas: 4
Geraham kecil bawah: 4
Geraham besar atas: 6
Geraham besar bawah: 6

2. Lidah

- Sebagai pengecap makanan,
- Mengatur letak makanan dalam mulut sehingga lebih mudah dikunyah,
- Membantu menelan dan mendorong makanan ke dalam kerongkongan



<p>3. Kelenjar Ludah</p> <p>Fungsi</p> <ol style="list-style-type: none"> Menghasilkan cairan yang berfungsi: <ul style="list-style-type: none"> - memperlincirkan makanan sehingga makanan lebih mudah ditelan, dan - melapisi makanan supaya tidak melukai pencernaan. Menghasilkan enzim ptialin atau enzim amylase. <p>Tiga kelenjar ludah.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kelenjar parotis: terletak di bawah daun telinga di antara otot pengunyah dengan kulit pipi. Cairan ludah hasil sekresinya dikeluarkan melalui duktus stensen ke dalam rongga mulut melalui satu lubang di hadapan gigi geraham ke dua atas. • Kelenjar submandibularis: terletak lebih ke belakang dan ke samping dari kelenjar sublingualis. Salurannya (<i>duktus wharton</i>) menuju ke lantai rongga mulut di belakang gigi seri pertama. • Kelenjar sublingualis: terletak di bawah lidah, salurannya (<i>duktus rinivus</i>) menuju lantai rongga mulut.
<p>4. Kerongkongan (Esofagus)</p> <p>Faring: persimpangan antara kerongkongan dengan tenggorokan.</p> <p>Epiglotis: katup yg memisahkan rongga kerongkongan dengan rongga tenggorokan Epiglotis menutup tenggorokan sehingga makanan tidak masuk ke saluran pernafasan.</p> <p>Gerak peristaltik: gerak mengerut dan mengendurnya otot leongitudinal pada kerongkongan membantu mendorong makanan ke bawah</p>
<p>5. Lambung (Ventrikulus)</p> <p>Bagian lambung:</p> <p>Kardiaks: bagian atas sebagai pintu masuk makanan dari kerongkongan.</p> <p>Fundus: bagian tengah lambung, tempat makanan ditampung dan mengalami perlakuan kimiawi.</p> <p>Pilorus: bagian bawah lambung sebagai pintu keluar makanan dan berhubungan langsung dengan usus dua belas jari. Pilorus ini bekerja atas pengaruh pH makanan. pH makanan asam → pintu pilorus terbuka. pH makanan basa → pintu pilorus menutup.</p>
<p>6. Hati (Lever)</p> <p>Dua pembuluh darah di hati:</p> <ol style="list-style-type: none"> Vena porta hepatika yang berasal dari lambung dan usus. Mengandung darah yang miskin oksigen tapi kaya akan asam amino, monosakarida, vitamin yang larut dalam air dan mineral. Arteri hepatika, cabang dari arteri kuliaka yang kaya akan oksigen. <p>Fungsi hati:</p> <ol style="list-style-type: none"> Memproduksi cairan empedu untuk mengemulsikan lemak. Pusat metabolisme protein, lemak, dan karbohidrat. Merupakan gudang penyimpanan berbagai zat seperti mineral (Cu, Fe), vitamin A, D, E, K, B12, glikogen., Pusat detoksifikasi zat yang beracun di dalam tubuh. Memproduksi protein plasma (albumin, fibrinogen, protrombin, heparin). Fagositosis mikroorganisme dan eritrosit dan leukosit yang sudah tua atau rusak.
<p>7. Usus Halus</p> <p>Duodenum (usus dua belas jari) Panjang 25 cm. Muara dari saluran getah pankreas yang mengandung enzim tripsin, amylase, dan lipase.</p> <p>Jejunum (usus tengah) Panjang 7 meter. Tempat pencernaan terakhir sebelum sari makanan diserap.</p> <p>Ileum (usus penyerapan) Panjang 1 meter. Permukaan rongga usus berupa jonjot-jonjot usus yang berfungsi memperluas permukaan penyerapan sari makanan. Banyak terdapat pembuluh darah yang siap mengedarkan sari makanan ke seluruh tubuh.</p>

8. Usus Besar

Kelanjutan dari usus halus. Air pada makanan diserap sehingga feces memadat. Terdapat bakteri *Escherichia coli* yang membantu proses pembusukan sisa pencernaan makanan dan berperan dalam pembentukan vitamin K.

Usus besar terdiri dari bagian yang menaik (*ascending colon*), bagian yang mendatar (*transverse colon*), dan bagian yang menurun (*descending colon*). Usus besar mempunyai tambahan yang disebut usus buntu (*appendix*). Usus besar berfungsi untuk mengatur kadar air pada sisa makanan. Sisa makanan tidak terpakai oleh tubuh akan dikeluarkan melalui anus.

B. Enzim dan Sekresi Pencernaan

Tempat	Enzim/ Sekresi	Sumber	Objek	Fungsi/Hasil
Mulut	Ptyalin	Kelenjar ludah	Amilum	Dekstrin, disakarida
Lambung	HCl	Mukosa lambung	Makanan	Pelarut makanan
			Bakteri	Pembunuh bakteri
			Pepsinogen	Pepsin
	Pepsin	Kelejar lambung	Protein	Proteosa dan pepton
	Renin	Mukosa lambung	Keseinogen	Kasein
Lipase	Mukosa lambung	Lemak	Asam lemak dan gliserol	
Usus dua belas jari	Empedu	Hati	Lemak	Mengemulsi lemak
	Tripsin	Kelenjar pankreas	Proteosa	Pepton
			Pepton	Albumosa
	Steapsin	Kelenjar pankreas	Emulsi lemak	Asam lemak dan gliserol
	Amilase	Kelenjar pankreas	Dekstrin	Maltosa
	Bikarbonat	Kelenjar pankreas		Netralisis HCl
Jejunum dan ileum	Enterokinase	Kelenjar usus	Tripsinogen	Tripsin
			Erepsinogen	Erepsin
	Erepsin	Kelenjar usus	Pepton dan albumosa	Asam amino
	Maltase	Kelenjar usus	Maltosa	Glukosa
	Sakrase	Kelenjar usus	Sakrosa	Glukosa dan Fruktosa
	Laktase	Kelenjar usus	Laktosa	Glukosa dan Galaktosa
Lipase usus	Kelenjar usus	Emulsi lemak	Asam lemak dan gliserol	

C. Zat Makanan

Karbohidrat

Karbohidrat merupakan kompleks senyawa yang tersusun dari molekul gula, terdiri dari unsur C, H, dan O. Karbohidrat dibagi menjadi:

- **Polisakarida.** Tersusun dari 2 molekul gula atau lebih. Misalnya: selulosa, pektin, lignin.
- **Disakarida.** Tersusun dari 2 molekul gula, misalnya sukrosa, laktosa, dan maltosa),
- **Monosakarida.** Tersusun dari 1 molekul gula, misalnya glukosa, fruktosa, galaktosa).

Karbohidrat dicerna sejak memasuki mulut oleh enzim **amilase pada ludah** (saliva), sehingga menjadi kompleks senyawa gula yang lebih sederhana. Kemudian senyawa-senyawa tersebut dicerna lagi oleh **enzim amilase pankreas** menjadi karbohidrat sederhana seperti maltosa. Lalu **enzim maltase** mencerna maltosa menjadi glukosa. Hasil pemecahan karbohidrat diserap di usus halus. Kalori yang dihasilkan satu gram glukosa menghasilkan 4,1 kalori. Kadar glukosa dalam darah harus normal, apabila berlebihan dapat menyebabkan hiperglikemia (pada penderita diabetes melitus), sedangkan bila kurang disebut hipoglikemia.

Protein

Protein merupakan makromolekul yang tersusun dari asam-amino-asam amino yang terhubung dengan ikatan peptida. Merupakan molekul yang mengandung unsur C, H, O, N dan terkadang S, P. Protein dicerna sejak lambung oleh enzim pepsin, sehingga protein dapat dipecah menjadi bentuk yang lebih sederhana menjadi proteosa dan pepton. Pepton dan albuminosa hasil pemecahan protein di lambung, nantinya akan dicerna lagi setelah mencapai usus oleh **enzim erepin** menjadi asam amino. Selain itu juga terdapat enzim-enzim dalam usus dua belas jari yang mencerna protein seperti **tripsin, kimotripsin, karboksipeptidase** (memecah asam amino satu persatu), dan **aminopeptidase**.

Pembagian asam amino

- Asam amino esensial:** asam amino yang tidak dapat dibentuk oleh tubuh dan didapatkan dengan cara mengonsumsi bahan makanan. **Jenis:** isoleusin, leusin, lisin, metionin, valin, treolin, fenilalanin, triptofan, histidin dan arginin.
- Asam amino nonesensial:** asam amino yang dapat dibentuk oleh tubuh. **Jenis:** alanin, asparagin, asam aspartat, sistin, asam glutamat, sistein, glisin, glutamin, serin, prolin, dan tirosin.

Fungsi protein adalah: Sebagai zat membangun tubuh. Pembentuk hormon. Sumber energi. Setiap gram pencernaan protein, dihasilkan energi sebesar 4,1 kalori.

Lemak

Lemak merupakan makromolekul yang tersusun dari asam lemak dan gliserol, serta merupakan zat makanan yang menghasilkan kalori paling besar yaitu 9,3 gram untuk setiap kalorinya. Lemak dicerna dalam usus dua belas jari oleh enzim lipase atau steapsin sehingga lemak mengalami emulsi kemudian pecah menjadi asam lemak dan gliserol.

Pembagian Lemak

Lemak Sederhana. Lemak sederhana adalah minyak, lilin, dan lemak yang tersusun oleh trigliserida. Trigliserida yang menyusun lemak ini meliputi gliserol dan tiga asam lemak. Asam lemak dibedakan menjadi dua.

- 1) Asam lemak jenuh,** yaitu asam lemak yang tidak memiliki ikatan rangkap. Asam lemak jenuh disebut juga *asam lemak nonesensial* artinya asam lemak yang dapat disintesis sendiri oleh tubuh. Contoh: asam stearat dan asam palmitat (lemak pada hewan). Asam lemak jenuh paling banyak ditemukan pada susu sapi.
- 2) Asam lemak tak jenuh,** yaitu asam lemak yang mempunyai ikatan rangkap. Asam lemak ini disebut juga *asam lemak esensial*, artinya asam lemak yang tidak dapat disintesis sendiri. Sumber asam lemak ini berasal dari tumbuhan. Biasanya ditemukan dalam bentuk cair. Contoh: asam linoleat, asam oleat, dan asam arakhidonat.

Lemak Campuran. Lemak ini meliputi fosfolipid dan lipoprotein. Jika kita amati, dinding sel tubuh kita tersusun dari fosfolipid ini. Adanya fosfolipid sebagai penyusun dinding sel tersebut menyebabkan air dalam sel tidak banyak yang menguap.

Turunan Lemak. Golongan ini terdiri atas asam lemak, sterol, gliserol, dan kolesterol. Kadar kolesterol tinggi menyumbat peredaran darah dan dapat menyebabkan penyakit jantung koroner.

Fungsi lemak adalah: sebagai sumber energi, pelarut vitamin A, D, E, K, bahan untuk pembentukan hormon-hormon yang mengandung gugus lemak.

Vitamin: Larut Dalam Air			
Vitamin	Sumber	Fungsi	Defisiensi
Vit. B1 (Thiamin)	Padi, kacang polong, sayuran hijau, susu, kuning telur, ikan, hati.	Mempengaruhi penyerapan lemak dalam usus. Biokatalisator metabolisme karbohidrat.	Beri-beri. Hilangnya nafsu makan. Proses metabolisme karbohidrat terhambat.
Vit B2 (Riboflavin)	Susu, hati, telur, ragi, sayuran, mentega.	Penghasil energi. Membebaskan energi dari metabolisme karbohidrat, lemak dan protein. Memelihara jaringan tubuh terutama di sekitar mulut. Mempengaruhi impuls menuju mata	Mata lelah dan pusing. Pandangan kabur. Kornea meradang mulut dan lidah meradang.
Vit B6 (Asam Panthotemat)	Buah, sayuran, daging, hati, ikan, susu, kentang, telur	Sebagai koenzim proses metabolisme. Mempengaruhi produksi Antibodi. Mempengaruhi pertumbuhan kulit dan darah.	Kulit muka luka, dan Meradang. Nasfu makan berkurang absorpsi makanan di usus terganggu
Vit. B3 (asam panthotenat)	Buah, sayuran, daging, hati, ikan, susu, kentang, telur.	Sebagai koenzim A dalam metabolisme karbohidrat lemak dan protein. Menjaga agar gula darah normal.	Gangguan pencernaan. Nafsu makan berkurang. Mudah lelah. Otot mengalami tegang
Vit B12 (Sianokobalin)	Ikan, kerang, udang, hati, daging, susu, telur, keju	Pertumbuhan jaringan. Metabolisme sel darah	Mudah lelah. Nyeri saat bernafas. Peradangan pada saraf. Anemia
Asam Nikotrinat (Niasin)	Hati, ikan, telur, daging, tomat, kacang, sayuran hijau	Sebagai koenzim dalam proses metabolisme. Dapat membebaskan energi dari karbohidrat.	Terjadi pellagra. Mudah lelah. Nafsu makan berkurang. Gangguan pencernaan
Asam folat (Vit M)	Hati, daging, sayuran hijau, kacang, pisang, polong-polongan.	Berpengaruh dalam pembentukan DNA atau RNA. Mempengaruhi pembentukan koenzim yang memproduksi sel darah merah dan protein.	Berat badan menurun. Mudah lelah. Rusaknya sel darah merah. Diare. Kerusakan kulit
Biotin Vit H)	Hati, susu, polongpolongan, kacang, sayuran.	Koenzim metabolisme karbohidrat, lemak, dan protein	Nafsu makan berkurang dan mudah lelah
Vit C (asam askorbonat)	Buah-buahan, sayursayuran, hati	Berperan dlm proses oksidasi. Mengaktifkan enzim protein dan lemak. Mempengaruhi pembentukan kolagen. Memelihara pembuluh darah.	Nyeri pada otot. Kerusakan pembuluh darah. Metabolisme protein dan lemak terhambat. Nafsu makan berkurang

Vitamin: Larut Dalam Lemak			
Vitamin	Sumber	Fungsi	Defisiensi
Vitamin A	Wortel, tomat, pepaya, sayuran, susu, mentega.	Menjaga kesehatan mata, kulit, tulang, gigi.	Mata meradang Kulit kusam
Vitamin D	Susu, ikan, telur, sinar UV, minyak ikan.	Mempengaruhi proses metabolisme kalsium. Memelihara tulang dan gigi. Membunuh absorpsi fosfor.	Penyakit tulang yaitu rakitid dan osteomalasia
Vitamin E	Sayuran hijau, kecambah, biji-bijian, polong polongan, gandum.	Menjaga sel-sel darah. Menjaga kehalusan kulit. Menyuburkan pada wanita.	Rusaknya sel-sel darah Merah. Kulit kusam. Penimbunan lemak pada otot.
Vitamin K	Hati, daging, dapat dibuat oleh bakteri usus.	Mempengaruhi pembentukan protrombin Menghambat proses pembekuan darah	Perdarahan. Menghambat penyembuhan luka

Mineral: Makroelemen			
Nama	Sumber	Mineral	Defisiensi
Natrium	Garam dapur, telur, susu, ikan, daging	Menjaga tekanan osmotik. Memelihara pH tubuh. Menjaga fungsi sistem saraf	Naiknya tekanan darah. Gangguan pada organ dalam, terutama jantung dan ginjal. Kejang otot. Tulang dan gigi rapuh. Darah sukar membeku. Pertumbuhan terhambat
Kalsium (Ca)	Susu, keju, ikan, brokoli, biji-bijian, polong-polongan.	Memelihara dan pembentukan tulang-gigi dan kadar air dalam sel tubuh. Mengatur proses pembekuan darah, hormon, kontraksi dan relaksasi otot. Menjaga pH tubuh dan denyut jantung. Sebagai katalisator. Transmisi impuls saraf.	Jantung mudah berdebar. Denyut jantung tidak normal. Lemahnya otot. Gangguan impuls saraf
Kalium (K)	Buah-buahan, sayuran, daging, sereal.	Sebagai katalisator reaksi kimia. Sintesis protein. Respirasi seluler. Penting untuk darah, tulang, dan gigi.	Tulang dan gigi keropos. Berat badan turun. Nyeri tulang. Nafsu makan berkurang
Fosfor (P)	Susu, daging, ikan, kuning telur, kacang polong, sereal.	Memelihara pH dan keseimbangan tubuh. Mengatur kerja enzim tertentu dan transfer karbondioksida dari darah ke paru-paru.	Gangguan otot. Mudah emosi dan gangguan mental.
Magnesium (M)	Padi, sereal, susu, kacang polong, daging.	Mengatur kerja enzim tertentu. Meningkatkan proses pembekuan darah.	Pengaturan otot terganggu. Kerusakan ginjal dan jantung. Mudah lelah

Klor (Cl)	Garam dapur, susu, telur, daging	Mengatur penyimpanan dan pembebasan energi	Gangguan pencernaan. Rusaknya gigi. Rusaknya rambut
Belerang (S)	Susu, telur, daging, keju, kacang polong, sayur, buah	Memelihara saraf dan otot	Belum diketahui
Mineral: Mikroelemen			
Nama	Sumber	Mineral	Defisiensi
Zat Besi (Fe)	Susu, daging, hati, kuning telur, padi, buah, sayur	Mengatur metabolisme dan transport CO ₂ ke sel dan dari sel. Membentuk hemoglobin dan hormon dlm kelenjar tiroid. Mengaktifkan kelenjar tiroid	Mudah lelah. Pusing. Berat badan turun. Nafsu makan berkurang. Anemia. Penyakit gondok
Yodium (I)	Garam dapur, ikan.	Pembentukan enzim-enzim. Berperan dalam penyembuhan luka. Mengatur metabolisme	Pertumbuhan terlambat. Luka sulit sembuh
Seng (Zn)	Ikan, susu, telur, hati, daging, gandum	Menguatkan tulang dan gigi	- Gangguan saraf. Kemandulan.
Fluor (F)	Ikan, susu, kuning telur, otak	Mencegah osteoporosis	Anemia. Gangguan tulang. Kulit luka
Tembaga (Cu)	Biji-bijian, polong polongan, hati, padi, ginjal.	Membantu pembentukan hemoglobin. Memelihara fungsi saraf. Sebagai komponen enzim	
Air			
Air merupakan pelarut universal yang berfungsi sebagaimedium reaksi-reaksi yang terjadi di dalam tubuh. Selain itu air juga berfungsi untuk memelihara keseimbangan tubuh, sebagai bahan pengangkut senyawa-senyawa metabolit, dan pelarut vitamin B dan C. Tubuh manusia sebagian besar terdiri dari komponen air, sehingga membutuhkan ari dalam jumlah besar.			

D. Penyakit dan Kelainan pada Sistem Pencernaan

- **Paratititis:** Penyakit gondong. Penyebab virus. Terjadi infeksi pada kelenjar parotis.
- **Xerostomia:** Kelainan yang menyebabkan produksi saliva sedikit.
- **Gastritis:** Radang di dinding lambung. Penyebab makanan kotor dan kelebihan HCl.
- **Disfagia:** Lambung yang rusak akibat alkohol dan suatu racun tertentu.
- **Peritonitis:** terjadi akibat peradangan yang terjadi pada selaput perut.
- **Apendisitis:** Radang usus buntu. Penyebab makanan yang membusuk atau bakteri.
- **Konstipasi:** Sembelit. Sulit BAB. Penyerapan air di usus besar yang berlebih.
- **Diare:** Gangguan penyerapan air akibatnya mencret. Penyebab bakteri pada kolon.
- **Hemoroid/Ambein/Wasir:** Pecahnya pembuluh vena di anus. Penyebab sembelit.

E. Sistem Pencernaan Hewan

Gigi pada Hewan

Karnivora: pada umumnya memiliki gigi seri dan gigi taring runcing untuk membunuh mangsanya serta merobek-robek dagingnya. Gigi geraham depan dan geraham bergerigi digunakan untuk menggerus dan melumatkan makanan.

Herbivora: memiliki geligi dengan permukaan yang luas dan bergelombang untuk melumatkan tumbuh-tumbuhan. Gigi seri dan gigi taring umumnya termodifikasi untuk menggigit dan memotong tumbuhan.

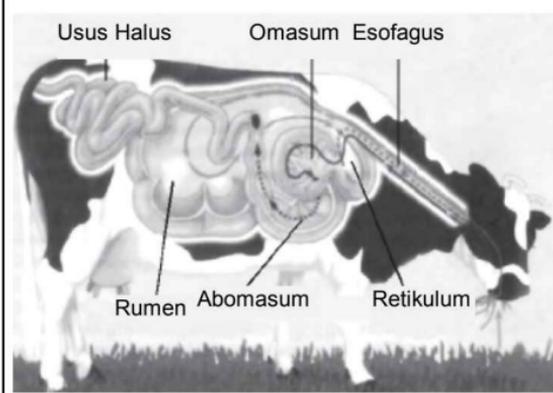
Omnivora: dentisi omnivora relatif tidak terspesialisasi. Susunan geligi permanen berjumlah 32. gigi seri digunakan untuk memotong, gigi taring tajam untuk merobek, 2 geraham depan untuk menggerus dan 3 geraham untuk melumatkan.

Lambung Ruminansia

Saluran pencernaan pada herbivora memiliki ruangan fermentasi khusus di mana bakteri dan protista simbiotik hidup. Mikroorganisme tersebut tidak hanya mencerna selulosa, tetapi juga gula. Pada bagian lambung ruminansia terdapat ruangan.

Proses:

Setelah makanan dicerna di mulut → **rumen** → **retikulum** (tempat prokariota dan protista simbiotik hidup) yang menghasilkan hasil samping metabolisme yaitu asam lemak → makanan dimuntahkan kembali ke mulut, sapi mengunyah kembali makanan tersebut → ditelan kembali → ke **omasum** → **abomasum**



Sistem Respirasi

A. Respirasi Manusia

Proses Respirasi

Respirasi Aerob (Oksidasi): pemecahan molekul dengan menggunakan oksigen

Respirasi Anaerob: pemecahan molekul tidak menggunakan oksigen.

Tahap Respirasi

Glikolisis: Pengubahan glukosa menjadi asam piruvat.

Siklus Krebs: Rangkaian reaksi yang mengubah asetil KoA menjadi CO₂.

Rantai Transpor Elektron: Transpor elektron terjadi di dalam mitokondria yang banyak menghasilkan ATP.

Alat Respirasi

1. Hidung

Pada bagian ujung dan pangkal hidung ditunjang oleh **tulang nasalis**. Rongga hidung dibagi menjadi dua bagian oleh **septum nasalis**, yaitu bagian kiri dan kanan. Bagian depan septum ditunjang oleh tulang rawan, sedangkan bagian belakang ditunjang oleh **tulang vomer** dan tonjolan **tulang ethmoid**.

Bagian bawah rongga hidung dibatasi oleh **tulang palatum, dan maksila**. Bagian atas dibatasi oleh **ethmoid**, bagian samping oleh **tulang maksila, konka nasalis inferior, dan ethmoid** sedangkan bagian tengah dibatasi oleh **septum nasalis**. Pada dinding lateral terdapat tiga tonjolan yang disebut **konka nasalis superior, konka media dan konka inferior**. Bagian atas dari rongga hidung terdapat daerah **olfaktorius**, yang mengandung sel-sel pembau. Sel-sel ini berhubungan dengan saraf otak pertama (**nervus olfaktorius**).

Fungsi hidung: menghangatkan udara, melembapkan Udara, membersihkan udara

2. Laring

Bagian sebelah atas laring disebut faring. Struktur Laring disusun oleh tulang rawan *epiglotis, tiroid, krikoid, aritenoid, kuneiformis, kornoculatum*

Laring memiliki 2 cabang yang membentuk saluran makanan yang disebut **esofagus** dan saluran pernapasan yang disebut **trakea**.

3. Trakea (Tenggorokan)

Trakea memanjang ke bawah dan ujungnya bercabang dua yang disebut **bronkus** menuju paru-paru kiri dan kanan. Batang trakea bagian dalam dilapisi oleh selaput lendir.

4. Bronkus

Bronkus tersusun atas percabangan, yaitu bronkus kanan dan kiri. Pada seseorang yang menderita asma bagian otot-otot bronkus ini berkontraksi sehingga akan menyempit. Bronkus kemudian bercabang lagi sebanyak 20–25 kali percabangan membentuk **bronkiolus**. Pada ujung bronkiolus inilah tersusun alveolus yang berbentuk seperti buah anggur.

5. Paru-Paru

Terdiri dari paru-paru kiri dan kanan. Di dalam paru-paru ini bronkiolus bercabang-cabang lagi membentuk gelembung udara yang disebut **alveolus**. Alveolus ini memiliki dinding yang elastis dan banyak mengandung kapiler darah, di situlah terjadinya pertukaran udara secara proses difusi. Paru-paru ini dibungkus oleh selaput pembungkus yang disebut **pleura**.

Mekanisme Pernapasan

1. Pernapasan Dada

Proses inspirasi

Tulang rusuk berkontraksi → tulang rusuk naik → volume rongga dada membesar, berakibat tekanan udaranya kecil → udara masuk.

Proses ekspirasi

Tulang rusuk mengendur → tulang rusuk turun → volume rongga dada mengecil berakibat tekanan udaranya besar → udara keluar

2. Pernapasan Perut

Proses inspirasi

Otot-otot mengendur → Otot diafragma mendatar → rongga dada membesar → tekanan udara rongga dada lebih kecil → udara masuk

Proses ekspirasi

Otot diafragma berkontraksi → volume rongga dada mengecil → tekanan udara rongga dada lebih besar → udara ke luar

Pertukaran O₂ dan CO₂

Di Pulmo: $\text{Hb} + \text{O}_2 \rightarrow \text{HbO}_2$ dan $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

Di Jaringan: $\text{HbO}_2 \rightarrow \text{Hb} + \text{O}_2$ dan $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$

100 cc darah arteri pada 100 mmHg mampu mengangkut 19 cc O₂

100 cc darah vena pada 40 mmHg mampu mengangkut 19 cc O₂

Jadi 100 cc darah menyampaikan 7 cc O₂ ke dalam jaringan

Volume Udara Pernafasan

Udara residu 1.000 cc	Udara suplementer (cadangan) 1.500 cc	Udara pernapasan biasa (tidal) 500 cc	Udara koplementer 1.500 cc
Kapasitas vital paru-paru			
Kapasitas total paru-paru			

Keadaan normal sewaktu istirahat, orang akan bernapas sebanyak 12 kali per menit.

Ventilasi pulmonal, yaitu volume tidal dikalikan dengan jumlah pernapasan per menit. $500 \text{ cc} \times 12 = 6.000 \text{ ml}$ per menit.

Ventilasi alveoli, yaitu volume udara yang masuk alveoli dikalikan jumlah pernapasan per menit. $(500 \text{ cc} - 150 \text{ cc}) \times 12 = 4.200 \text{ ml}$ per menit.

Gangguan Pada Sistem Pernapasan Manusia

Asma: Otot bronkusnya berkontraksi. Terjadi penyempitan saluran pernapasan.

Sinusitis: Peradangan yang terjadi pada sebelah atas rongga hidung.

Renitis: Radang yang terjadi pada rongga hidung karena alergi benda tertentu.

Bronkitis: Radang pada selaput *lendir*, trakea, dan saluran bronkia.

Tonsilitis: Pembengkakan kelenjar limfe di daerah tekak karena infeksi

TBC: peradangan dinding alveolus oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*.

Emfisema: Bagian alveolus robek, akibatnya pertukaran gas terganggu.

Difteri: laring dan bronkusnya mengalami penyumbatan berupa lendir.

Asfiksia: seseorang mengalami gangguan dalam pengangkutan oksigen.

Pneumonia: alveolus terisi banyak lendir yang disebabkan infeksi bakteri.

B. Respirasi Hewan

Sistem Respirasi pada Mamalia

Sistem respirasi diawali ketika udara memasuki lubang hidung, kemudian disaring oleh rambut, dihangatkan, dilembapkan → udara menuju ke faring → trakhea → bronkus → bronkiolus → alveoli. Epitelium tipis yang terdiri dari jutaan alveoli di dalam paru-paru berfungsi sebagai tempat oksigen berfusi. Sedangkan karbon dioksida berdifusi dari kapiler, menembus epitelium alveolus ke dalam ruangan udara.

Pengangkutan karbon dioksida oleh darah dilakukan dengan tiga cara yaitu:

- Karbon dioksida terikat haemoglobin membentuk karbominohaemoglobin,
- Karbon dioksida larut di dalam plasma membentuk asam karbonat dengan enzim karbonat anhidrase,
- Karbon dioksida terikat dalam gugus ion bikarbonat (HCO_3^-) melalui proses pertukaran klorida.

Sistem Respirasi pada Serangga (Sistem Trakea)

Sistem trakea tersusun dari pipa udara yang bercabang di seluruh tubuh, merupakan bentuk variasi permukaan respirasi internal yang melipat-lipat. Pipa yang paling besar disebut trakea. Setelah udara memasuki trakea, kemudian udara dialirkan menuju cabang-cabang pipa yang halus menjulur dan memanjang ke permukaan hampir setiap sel. Udara mengalami difusi sepanjang epitelium lembab yang melapisi ujung pangkal sistem trakea.

Sistem Respirasi pada Burung

Sistem respirasi burung menggunakan paru-paru sebagai alat pernafasan.

- Pertukaran udara pada burung terjadi di bagian parabronkus yang banyak mengandung pembuluh darah.
- Paru-paru pada burung memiliki keistimewaan karena mengalami perluasan menjadi saccus pneumaticus (pundi-pundi hawa).
- Pundi-pundi hawa tersebut berfungsi untuk membantu pernafasan burung saat terbang memperbesar ruang siring (alat suara) sehingga menghasilkan suara lebih keras, melindungi tubuh dari proses kehilangan panas, dan menyelubungi organ dalam dari udara dingin.
- Pada saat terbang, konsumsi O_2 dapat meningkat 20 kali. Ekspirasi (pengeluaran gas) terjadi saat sayap diturunkan, sedangkan inspirasi terjadi saat gerakan sayap dinaikkan. Proses inspirasi dan ekspirasi dilakukan oleh pundi-pundi hawa yang berada di antara tulang korakoid dan bagian ketiak.

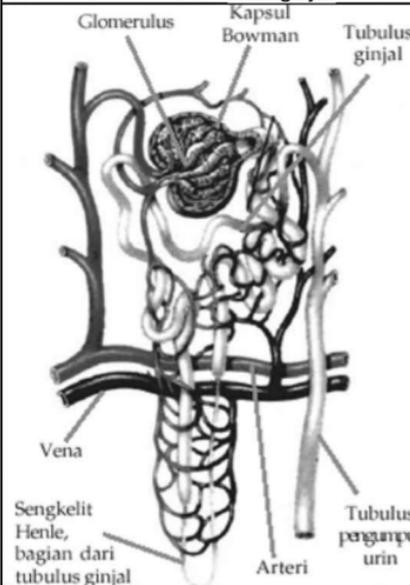
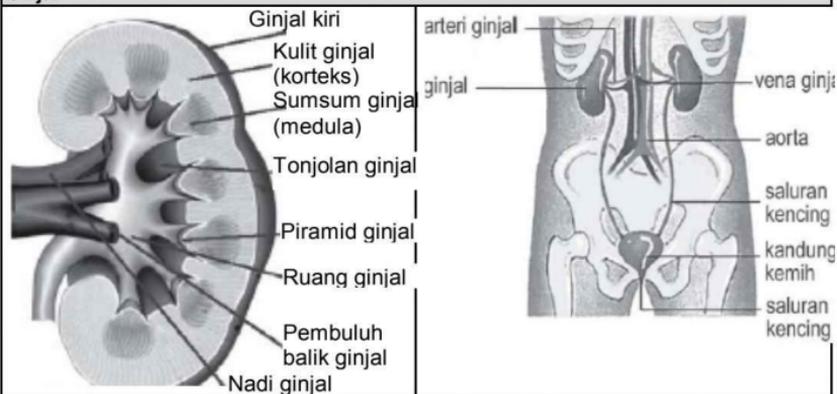
Skema respirasi pada burung

Glottis → trakea → bercabang membentuk bronkus primaries → mesobronkus → berhubungan dengan saccus pneumaticus → mesobronkus bercabang membentuk bronkus sekundarius caudodorsal dan caudomedial → bronkus sekundarius caudomedial bercabang menjadi bronkiolus (banyak pembuluh darah).

Sistem Ekskresi

A. Sistem Ekskresi pada Manusia

Ginjal



Sistem ekskresi pada ginjal menghasilkan urin melalui dua proses utama yaitu: filtrasi cairan tubuh dan penyulingan Larutan cair yang dihasilkan dari proses filtrasi tersebut. Ginjal terdiri dari proses filtrasi utama yaitu:

Korteks: terdapat badan malpighi yang terdiri dari simpai bowman dan glomerulus.

Medula: mengandung tubulus kontortus dan tubulus kolektivus.

Rongga ginjal/pelvis renalis: tempat penampung urin.

Pada bagian korteks dan medula ginjal terdapat sekitar 1 juta nefron. Nefron ini berfungsi sebagai alat penyaring.

Susunan nefron terdiri atas bagian-bagian berikut.

- 1) *Badan malpighi*, yang meliputi kapsul Bowman dan glomerulus.
- 2) *Tubulus kontortus* yang meliputi tubulus proksimal, Henle, dan tubulus distal.

Mekanisme Sistem Ekskresi

Filtrasi darah. Terjadi di glomerulus, menghasilkan urin primer. Urin primer: urin yang mengandung asam amino, glukosa, ureum, keratin dan kreatinin.

Reabsorpsi urin primer, yaitu penyerapan kembali zat-zat yang masih berguna bagi tubuh. Terjadi di tubulus kolektivus proksimalis, menghasilkan urin sekunder). Urin sekunder: mengandung garam, ureum, keratin, dan kreatinin.

Augmentasi, yaitu proses penambahan zat-zat buangan ke dalam urin. Terjadi di tubulus kolektivus distalis, proses ini menghasilkan urin sesungguhnya yang selanjutnya urin ditampung di tubulus kolektivus. Urin yang terbentuk dialirkan melalui ureter ke dalam kantung kemih (vesica urinaria) Urin dikeluarkan lewat saluran ureta.

Komposisi Urin (Air Kencing)

Ureum: Hasil akhir dari metabolisme protein. Ureum

Kreatin: Kreatin merupakan zat hasil buangan dari otot.

Asam urat: Memiliki kadar normal dalam darah kurang lebih 2–3 mg setiap 100 cc. Sekitar 1,5–2 mg akan dikeluarkan melalui urin setiap hari.

Natrium klorida (garam dapur): garam seperti natrium dan kalium klorida masuk ke dalam tubuh melalui makanan, untuk mengimbangi jumlah yang masuk melalui mulut maka zat ini akan dikeluarkan melalui urin.

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Jumlah Urin

Jumlah air yang diminum

Jumlah garam yang dikeluarkan dari darah

Hormon antidiuretik (ADH): dihasilkan oleh kelenjar hipofisis bagian belakang. Jika darah sedikit mengandung air, maka ADH akan banyak disekresikan ke dalam ginjal, akibatnya penyerapan air meningkat maka urin jadi pekat dan jumlahnya sedikit.

Kelainan pada Ginjal

Diabetes Melitus: urin mengandung gula.

Diabetes Insipidus: ADH menurun. Sering buang air kecil,

Batu Ginjal: Terbentuk dari kalsium dan asam urat. Pemicu sedikit minum dan sering menahan kencing, sehingga zat tersebut akan mengendap.

Albuminuria: Adanya kerusakan alat-alat filtrasi pada ginjal. Urin masih mengandung senyawa albumin atau protein.

Nefritis: Adanya infeksi bakteri di glomerulus. Pada keadaan ini, filtrat banyak mengandung protein, sehingga urin masih mengandung protein. Selain itu, ureum yang seharusnya terbuang, akan masuk kembali ke dalam darah dan akibatnya penyerapan air terganggu. Akhirnya, air akan tertimbun pada kaki sehingga menyebabkan kaki membengkak yang disebut **edema**.

Apabila terjadi kelainan pada ginjal yang menyebabkan disfungsi ginjal atau gagal ginjal maka seseorang harus menjalani cangkok ginjal atau melakukan cuci darah.

Hati

Hati terdiri atas lobus kiri dan kanan. Hati terletak di dalam rongga perut dan merupakan kelenjar terbesar dalam tubuh kita. Hati dilindungi oleh selaput tipis pada bagian luar yang disebut *kapsula hepatis*. Di dalam hati terdapat kelenjar empedu dan pembuluh darah yang dipersatukan oleh selaput tipis yang disebut *Kapsula Gilson*. Sel-sel hati bersatu membentuk *lobula* terdapat kurang lebih 100 ribu lobula. Masing-masing lobula ini mempunyai panjang diameter antara 0,8 – 2 mm. Antara lobula satu dengan yang lain dipisahkan oleh ruanganruangan yang disebut *lakuna*. Di dalam hati juga terdapat sel-sel histiosit yang berfungsi untuk merombak sel darah merah yang telah tua.

Fungsi Hati

Menawarkan Racun

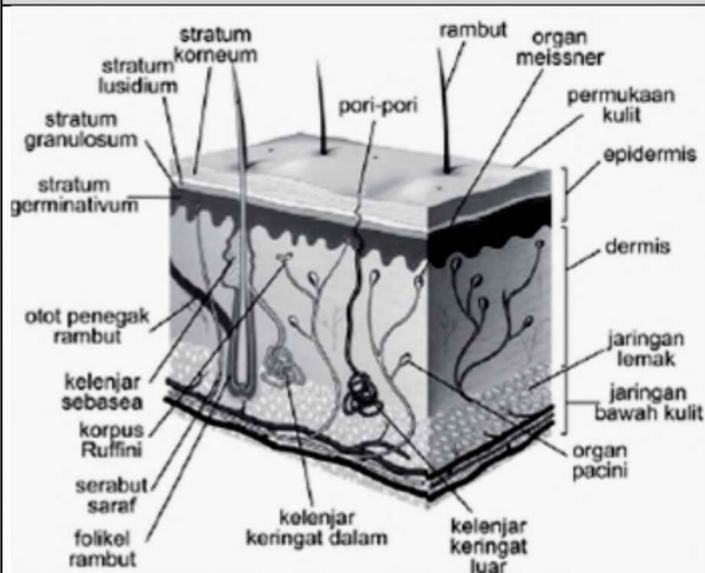
Tempat Pembentukan dan Pembongkaran Sel Darah Merah

Tempat Pembentukan dan Pembongkaran Protein

Mengubah Glukosa Menjadi Glikogen atau Sebaliknya

Menghasilkan Zat yang Melarutkan Lemak

Kulit



Struktur Kulit

Epidermis (Kutilkula):

- Stratum korneum:** lapisan zat tanduk, mati dan mengelupas.
- Stratum lusidum:** Sel tidak berinti mengandung banyak pigmen.
- Stratum granulosum:** Sel berinti dan menghasilkan pigmen warna kulit (melanin).
- Stratum germinativum:** Selalu membentuk sel-sel kulit ke arah luar

Dermis (Kulit Jangat):

- Akar Rambut:** Terdapat otot polos penegak rambut (*Musculus arektor pili*), dan ujung saraf indera perasa nyeri. Udara dingin akan membuat otot-otot ini berkontraksi dan mengakibatkan rambut akan berdiri.
- Pembuluh Darah:** Pembuluh darah banyak terdapat di sekitar akar rambut. Melalui pembuluh darah ini akar-akar rambut mendapatkan makanan, sehingga rambut dapat tumbuh.
- Kelenjar Minyak (glandula sebacea):** Terdapat di sekitar akar rambut. Adanya kelenjar minyak ini dapat menjaga agar rambut tidak kering.
- Kelenjar Keringat (glandula sudorifera):** Menghasilkan keringat. Kelenjar keringat berbentuk botol dan bermuara di dalam folikel rambut. Bagian tubuh yang banyak terdapat kelenjar keringat adalah bagian kepala, muka, sekitar hidung, dan lain-lain. Kelenjar keringat tidak terdapat dalam kulit tapak tangan dan telapak kaki.
- Serabut Saraf**

Pada lapisan dermis terdapat puting peraba yang merupakan ujung akhir saraf sensoris. Ujung-ujung saraf tersebut merupakan indera perasa panas, dingin, nyeri, dan sebagainya. Jaringan dermis juga dapat menghasilkan zat *feromon*, yaitu suatu zat yang memiliki bau khas pada seorang wanita maupun laki-laki. Feromon ini dapat memikat lawan jenis.

B. Sistem Ekskresi pada Hewan

Sistem Ekskresi pada Invertebrata

Ekskresi pada cacing pipih

Memiliki sistem tubuler yang disebut sebagai **protonefridia**. Organnya disebut **protonefridium**, merupakan jaringan kerja tubula tertutup yang tidak memiliki pembukaan internal, bercabang di seluruh tubuh dan cabang paling kecil diselubungi oleh **sel-sel api bersilia**. Pergerakan silia sel-sel api tersebut dapat menggerakkan air sepanjang saluran ekskresi, sehingga zat-zat sisa dapat dikeluarkan melewati nefridiofor.

Ekskresi pada Belalang

Organ ekskresi pada serangga dan artropoda disebut **tubula Malpighi** (berfungsi seperti ginjal dan vertebrata). Organ-organ tersebut berfungsi mengeluarkan limbah bernitrogen dari haemofilia (cairan sirkulasi pada serangga), dan berperan dalam osmoregulasi. Selain tubula meliputi Malpighi, sistem ekskresi pada serangga juga memiliki **trakhea** yang berfungsi mengatur pembuangan karbondioksida hasil proses metabolisme.

Ekskresi pada Annelida dan Mollusca

Annelida dan Mollusca memiliki organ ekskresi yang disebut metanefridia. Masing-masing segmen cacing memiliki metanefridia. Metanefridia berfungsi untuk pengaturan ekskresi dan osmoregulasi. Metanefridia bertindak sebagai penyaring yang mengeluarkan sisa metabolisme dan mengembalikan zat-zat yang masih dibutuhkan ke dalam tubuh.

Sistem Ekskresi pada Vertebrata

Ikan menggunakan ginjal sebagai alat ekskresi. Ikan mempunyai dua ginjal, bentuknya memanjang dan berwarna merah. Ikan menjaga tekanan osmotiknya dan mencegah pengambilan terlalu banyak garam melalui proses *difusi*. Selain itu, sebagian besar zat buangan nitrogen keluar dari tubuh melalui difusi keluar dari insangnya. Saluran ekskresi ada yang berupa *kloaka* atau saluran *urogenital*.

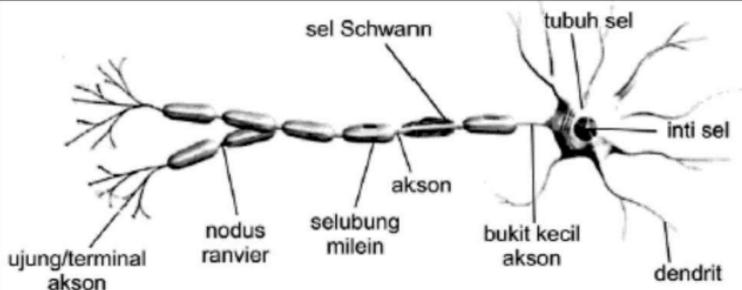
Ikan air tawar, penggunaan energi dapat mengembalikan air ke dalam lingkungan. Hal ini dilakukan untuk menghindari pengenceran dalam tubuhnya. Mereka mencegah kehilangan garam dengan cara difusi dan mengambil air dengan cara osmosis.

Ikan air laut. Ikan laut harus menjaga tubuhnya agar tidak terus-menerus kehilangan cairan tubuh. Ikan hiu mengadakan toleransi terhadap tingkatan urea yang tinggi dalam peredaran darahnya, kurang lebih 2,5%. Pada ikan laut yang lain untuk menggantikan kehilangan air dengan cara meminum air laut dan menghilangkan garamnya, untuk dikembalikan ke dalam air laut dengan transpor aktif melalui insang.

Sistem Saraf

A. Sistem Saraf Manusia

Sistem Saraf



Jaringan saraf tersusun atas *neuron* (sel saraf) dan *neuroglia*. Sel **neuroglia** memberikan nutrisi dan bahan-bahan lain yang digunakan untuk neuron. Neuron berfungsi sebagai konduktivitas (penghantar), eksistabilitas (dapat dirangsang), dan kemampuan merespon rangsangan dengan sangat baik. Neuron terdiri dari:

a. Badan Sel (Perikarion)

Bagian sel menyimpan inti sel (*nukleus*) dan anak inti (*nukleolus*), berjumlah satu atau lebih yang dikelilingi sitoplasma granuler. Dalam sitoplasma badan sel juga terdapat badan Nissl yang merupakan modifikasi dari retikulum endoplasma kasar. Badan Nissl mengandung protein yang digunakan untuk mengganti protein yang habis. Selama metabolisme, protein ini juga bermanfaat untuk pertumbuhan neuron. Jika badan sel rusak, maka serabut-serabut neuron akan mati.

b. Dendrit

Dendrit merupakan tonjolan sitoplasma dari bagian badan sel. Dibanding akson, dendrit lebih halus, lebih pendek, dan memiliki percabangan yang lebih banyak. Fungsi dendrit adalah untuk meneruskan rangsang dari organ penerima rangsang (*reseptor*) menuju ke badan sel.

c. Akson (Neurit)

Bagian ini merupakan tonjolan sitoplasma yg panjang dan berfungsi utk meneruskan impuls saraf yang berupa informasi berita dari badan sel. Akson terdiri dari:

1) **Neurofibril:** bagian terdalam dari akson yang berupa serabut-serabut halus dan memiliki tugas pokok untuk meneruskan impuls.

2) **Selubung Myelin:** tersusun oleh sel-sel pipih yang disebut sel *Schwann*. Selubung mielin merupakan bagian paling luar dari akson yang berfungsi untuk melindungi akson. Selain itu, bagian ini pulalah yang memberikan nutrisi dan bahan-bahan yang diperlukan untuk mempertahankan kegiatan dari akson.

3) **Nodus Ranvier:** bagian akson yang menyempit dan tidak dilapisi selubung mielin dan tersusun dari sel-sel pipih.

Macam-Macam Neuron

Neuron Sensorik (Neuron Aferen). Disebut juga saraf indra. Berfungsi menerima rangsang dari alat indra lalu meneruskan impuls saraf ke pusat saraf (otak atau sumsum tulang belakang). Badan sel dari neuron sensori ini bergerombol membentuk *ganglia*. Bagian dendrit berhubungan langsung dengan alat indera (*reseptor*) dan bagian aksonnya berhubungan dengan sel saraf yang lain. Akson akan berakhir di interneuron.

Neuron Motorik. (Neuron Eferen). Pada bagian ujung dendritnya dihubungkan dengan ujung akson yang berhubungan langsung dengan bagian efektor (otot maupun kelenjar). Neuron motor

ini berfungsi untuk meneruskan impuls dari sistem saraf pusat ke otot dan kelenjar yang akan melakukan respon tubuh. Impuls secara langsung berjalan dari neuron sensori ke neuron motor.

Neuron Konektor. Sel saraf yang menghubungkan antara neuron satu dengan neuron lain.

Interneuron (Neuron Asosiasi)

Interneuron ini merupakan sel saraf penyusun sistem saraf pusat, fungsinya untuk meneruskan impuls saraf dari neuron sensori ke neuron motor. Struktur interneuron ini, yaitu bagian ujung dendritnya dihubungkan langsung dengan ujung akson dari sel saraf yang lain.

Mekanisme Jalannya Impuls

Dihantarkan Melalui Sel Saraf. Impuls dapat diteruskan dan mengalir melalui sel saraf yang disebabkan adanya perbedaan potensial listrik yang disebut dengan *polarisasi*. Muatan listrik di luar membran sel saraf adalah positif sedang muatan yang di luar adalah negatif.

Dihantarkan Lewat Sinaps. Apabila impuls mengenai tombol sinaps, maka permeabilitas membran prasinapsis terhadap ion kalsium menjadi meningkat. Ion kalsium kemudian akan masuk, sedangkan gelembung sinaps akan melepaskan neurotransmitter ke celah sinaps. Gelembung sinaps meleur dengan membran prasinapsis. Impuls sampai ke membran postsinaps karena dibawa oleh neurotransmitter, kemudian neurotransmitter dihidrolisis oleh enzim yang dihasilkan oleh membran postsinaps.

B. Organ Saraf Manusia

1. Sistem Saraf Pusat - Otak

Otak manusia dewasa berat \pm 1,5 kg. Otak dibungkus oleh tiga membran pelindung yang disebut *meninges*. Di antara dua membran sebelah dalam ada cairan **serebrospinal** yang berfungsi sebagai bantalan bagi otak terhadap guncangan atau benturan. Pada tengkorak lapisan terluar dari meninges disebut *duramater*, lapisan tengah disebut dengan *arachnoid* dan lapisan terdalam, yaitu *piamater*. Otak memiliki empat kamar berupa ventrikel yang terisi juga oleh cairan serebrospinal. Sel-sel yang melapisi ventrikel dilengkapi dengan silia yang berfungsi untuk menjaga agar cairan serebrospinal tetap beredar. Antara dua ventrikel terdapat alas kapiler yang luas sehingga dapat memungkinkan pertukaran bahan antara darah dan cairan serebrospinal. Di dalam otak terdapat 12 pasang saraf **kranial**.

Otak Besar

Otak besar terletak di bagian paling depan dengan struktur yang menonjol yang disebut dengan **serebrum**. Bagian ini memiliki dua belahan, yaitu kiri dan kanan. Bagian kiri mengkoordinasikan bagian tubuh sebelah kanan, sedangkan otak bagian kanan mengatur dan mengkoordinasikan bagian tubuh sebelah kiri. Otak besar ini terdiri atas dua lapisan berikut.

(1) **Korteks:** bagian luar dari serebrum. Bagian ini terbuat dari bahan abu-abu, yaitu massa badan sel. Keadaan korteks memiliki permukaan yang berlipat-lipat sehingga dapat memperluas permukaannya.

(2) **Lapisan Dalam:** terdapat serabut saraf bermielin yang disusun dari bahan putih. Di bagian otak besar ini terdapat talamus, hipotalamus, bagian dari kelenjar pituitari, dan kelenjar pineal. **Talamus** merupakan penjaga pintu gerbang pada korteks serebrum. Semua pesan sensori yang sampai ke otak harus melalui talamus terlebih dahulu agar dapat dirasakan secara sadar, kecuali bau semua rangsangan dari reseptor diterima talamus dan kemudian diteruskan ke area sensorik serebrum.

Hipotalamus berfungsi sebagai pusat koordinasi bagi banyak kegiatan organ-organ dalam. Selain itu, hipotalamus juga berfungsi untuk mengatur suhu dan kandungan air dalam darah. Hipotalamus juga merupakan penghasil hormon. Hormon yang dihasilkan, antara lain *oksitisin* dan ADH (antidiuretik hormon) yang tersimpan di lobus posterior pada pituitari, serta TSH (hormon perangsang tiroid) dan LH (Luteinizing hormon) yang tersimpan di lobus anterior pada pituitari. Otak besar dibagi menjadi beberapa bagian penting sebagai berikut.

(1) **Lobus Oksipitalis** Berperan penting terhadap penglihatan.

(2) **Lobus Temporalis.** Bagian ini berperan sebagai pusat pendengaran.

(3) **Lobus Frontalis** Daerah ini berperan dalam koordinasi dan pengendalian gerak otot dan berpikir, belajar, memori, pandangan ke depan, analisis logis, kreativitas,

(4) **Lobus Parietalis** Daerah ini terletak di bagian belakang. Antara lobus frontalis dengan

lobus parientalis terdapat lekukan atau parit yang disebut dengan sulkus sentralis atau celah Rolando. Lobus parientalis ini berfungsi untuk menerima rangsang panas, dingin, tekanan, dan sentuhan.

Otak Tengah

Otak tengah disebut juga *diensefalon* dan terletak di depan otak kecil dan jembatan varoli. Otak tengah ini berukuran kecil dan tidak mencolok. Fungsi utamanya adalah untuk memberikan impuls antara otak depan dengan otak belakang dan otak dengan mata. Di samping itu juga berfungsi menjaga keseimbangan. Melalui pusat medula oblongata dan otak tengah menuju ke atas merupakan jaringan serabut saraf yang disebut dengan formasi retikuler yang berfungsi dalam mengaktifkan atau membangunkan otak depan. Aksi formasi retikuler sangat selektif, artinya formasi retikuler ini dapat mengakibatkan kematian.

Otak Belakang

Medula Oblongata

Kerusakan pada bagian medula oblongata ini dapat mengakibatkan kematian. Fungsi: menstimulasi otot-otot antartulang rusuk dan diafragma sehingga dapat memungkinkan untuk pemapasan; mengkoordinir saraf yang mengatur detak jantung, diameter arteriola, tekanan darah, suhu tubuh, gerakan alat-alat pencernaan, dan sekresi kelenjar pencernaan; mengkoordinir gerak refleks, misalnya kedipan mata, bersin, bersendawa, dan muntah. Medula oblongata ini akan diteruskan ke bawah yang disebut sumsum tulang belakang. Bagian sumsum lanjutan yang menghubungkan antara sumsum lanjutan dengan otak disebut *pons varolii (jembatan varoli)*.

Serebelum (otak kecil)

Terdiri atas dua belahan yang berliku-liku sangat dalam. Fungsi: mengkoordinasikan kegiatan lokomotor tubuh, antara lain pengaturan otot, posisi, dan keseimbangan tubuh. Rusaknya bagian serebelum ini dapat mengakibatkan seseorang kehilangan koordinasi gerakan otot tubuh.

2. Sistem Saraf Pusat - Sumsum Tulang Belakang (Medula Spinalis)

Sumsum tulang belakang (*medula spinalis*) merupakan lanjutan ke bawah dari medula oblongata. Sumsum tulang belakang ini terletak memanjang dari ruas tulang leher sampai dengan antara tulang pertama dan kedua.

a) Menghubungkan sistem saraf tepi ke otak. Informasi melalui neuron sensori ditransmisikan dengan bantuan interneuron.

b) Sebagai pusat dari gerak refleks, misalnya refleks menarik diri.

Irisan melintang menunjukkan bagian luar berwarna putih yang banyak mengandung dendrit dan akson, sedangkan bagian dalam berwarna abu-abu. Pada bagian yang berwarna abu-abu inilah terdapat cairan *serebrospinal*, seperti yang terdapat pada otak. Cairan ini tepatnya terletak di saluran tengah yang berhubungan dengan rongga ventrikel dalam otak. Bagian tengah yang berwarna abu-abu ini jika dilihat seperti huruf H. bagian ini mengandung badan saraf motorik yang mempunyai akson menuju ke efektor dan juga mengandung saraf sensorik.

3. Susunan Saraf Tepi

Terdiri atas serabut saraf otak dan serabut saraf sumsum tulang belakang (spinal). Serabut saraf sumsum dari otak, keluar dari otak sedangkan serabut saraf sumsum tulang belakang keluar dari sela-sela ruas tulang belakang.

Sistem Saraf Sadar

Bekerja atas dasar kesadaran dan kemauan kita. Saraf ini meneruskan impuls dari reseptor ke sistem saraf pusat, dan meneruskan impuls dari sistem saraf pusat ke semua otot kerangka tubuh. Sistem saraf sadar terdiri atas

1. **12 pasang saraf kranial**, yang keluar dari otak. Terdiri dari

a) Saraf olfaktorik, optik, dan auditorik → saraf sensori.

b) Saraf okulomotorik, troklear, abduksen, spinal, hipoglosal. → saraf motorik.

c) Saraf trigeminal, fasial, glossofaringeal, dan vagus. → gabungan sensorik dan motorik.

2. **31 pasang saraf spinal** yang keluar dari sumsum tulang belakang

Sistem Saraf Tak Sadar (Otonom)

Bekerja tanpa disadari, secara otomatis, dan tidak di bawah kehendak saraf pusat. Contoh gerakan: denyut jantung, perubahan pupil mata, gerak alat pencernaan, pengeluaran keringat, dan lain-lain. Kerja saraf otonom ternyata sedikit banyak dipengaruhi oleh hipotalamus di otak. Bila hipotalamus dirangsang, maka akan berpengaruh terhadap gerak otonom seperti mempercepat denyut jantung, melebarkan pupil mata, dan menghambat kerja saluran pencernaan.

Sistem saraf otonom ini dibedakan menjadi dua.

a) Sistem Saraf Simpatik

Saraf ini terletak di depan ruas tulang belakang. Fungsi saraf ini terutama untuk memacu kerja organ tubuh, walaupun ada beberapa yang malah menghambat kerja organ tubuh. Fungsi memacu, antara lain mempercepat detak jantung, memperbesar pupil mata, memperbesar bronkus. Adapun fungsi yang menghambat, antara lain memperlambat kerja alat pencernaan, menghambat ereksi, dan menghambat kontraksi kantung seni.

b) Sistem Saraf Parasimpatik

Saraf ini memiliki fungsi kerja yang berlawanan jika dibandingkan dengan saraf simpatik. Saraf parasimpatik memiliki fungsi, antara lain menghambat detak jantung, memperkecil pupil mata, memperkecil bronkus, mempercepat kerja alat pencernaan, merangsang ereksi, dan mempercepat kontraksi kantung seni. Karena cara kerja kedua saraf itu berlawanan, maka mengakibatkan keadaan yang normal.

C. Gerak Refleks vs Gerak Sadar

Gerak Sadar

Rangsang → reseptor → Otak → Efektor

Gerak Refleks

Rangsang → reseptor → saraf konektor → Efektor

D. Kelainan Fungsi Saraf

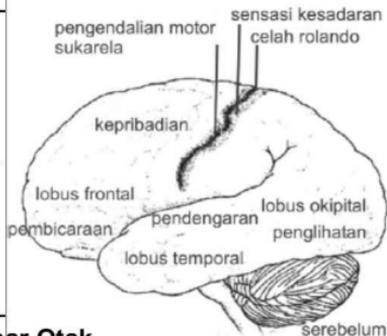
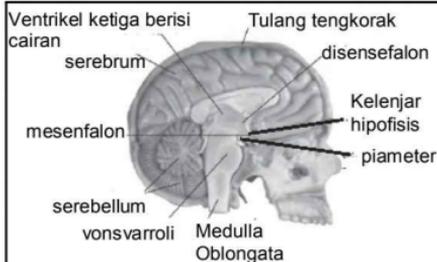
Parkinson: Penyakit ini disebabkan karena berkurangnya neurotransmitter dopamin pada basal ganglia. Gejala penyakit ini, yaitu gemetar pada tangan, kaku otot, sehingga sulit bergerak.

Epilepsi: Disebabkan terdapatnya jaringan parut pada otak, tumor, gangguan metabolisme, dan lain-lain. Gejala kejang-kejang dan hilang kesadaran.

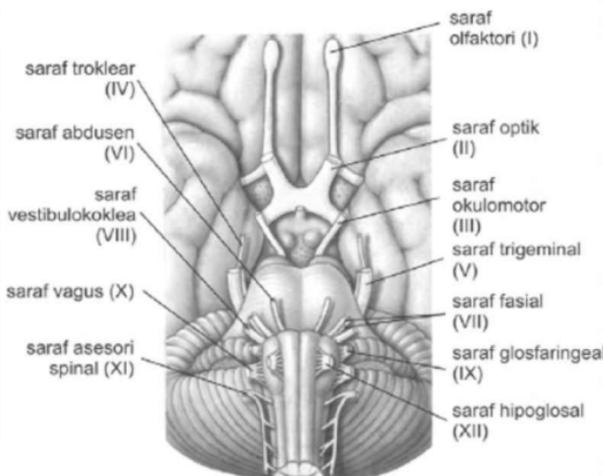
Stroke: Dipicu oleh tekanan darah tinggi (*hipertensi*). Hipertensi dapat mengakibatkan pecahnya pembuluh darah di otak, sehingga akan mengganggu fungsi otak. Gejala stroke: pusing-pusing, apabila sudah parah diikuti dengan gejala lain, yaitu sulit berbicara, tidak dapat melihat, lumpuh, bahkan mati separuh.

Neuritis: Disebabkan karena benturan fisik misalnya pukulan, patah tulang. Ada juga yang disebabkan oleh defisiensi vitamin, antara lain vitamin B1, B6, dan B12. Gejala neuritis, antara lain kesemutan dan terasa sakit pada daerah yang disarafi.

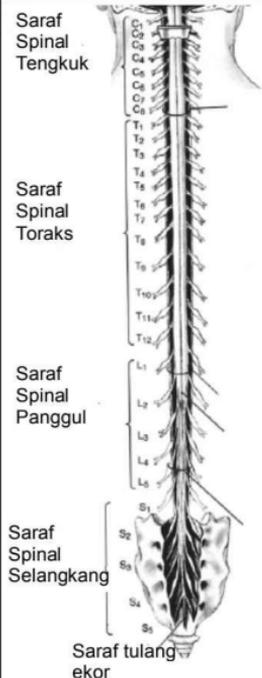
E. Gambar Organ Saraf Manusia



Gambar Otak



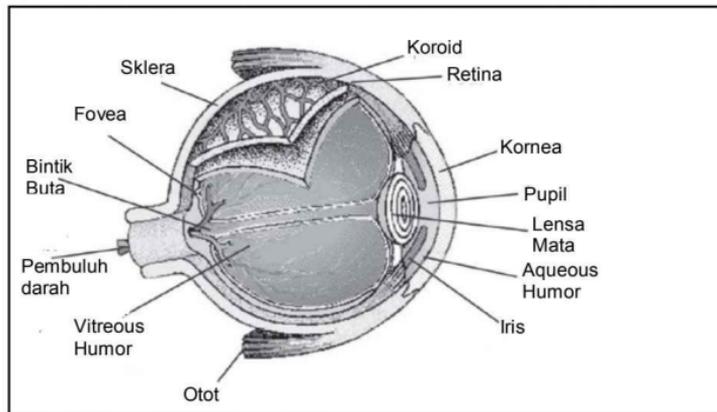
Gambar Saraf Kranial



Gambar Saraf Spinal

Alat Indera

A. Mata



Struktur Mata

Sklera

Lapisan luar yang sangat kuat. Sklera berwarna putih putih, kecuali di depan. Terdapat **kornea**, yaitu lapisan yang berwarna bening dan berfungsi untuk menerima cahaya masuk kemudian memfokuskannya. Untuk melindungi kornea ini, maka disekresikan air mata sehingga keadaannya selalu basah dan dapat membersihkan dari debu.

Koroid

Lapisan tengah kaya akan pembuluh darah dan pigmen warna. Daerah ini terdapat **iris**. Bagian irislah terdapatnya perbedaan ini karena di tempat ini memiliki pigmen warna. **Pupil**: bagian depan iris terletak di belakang kornea tengah. Jika di ruang gelap pupil melebar (dilatasi). Di ruang yang sangat terang maka pupil menyempit (konstriksi). Di sebelah dalam pupil terdapat lensa yang berbentuk cakram otot yang disebut **musculus siliaris**. Otot ini sangat kuat dalam mendukung fungsi lensa mata, yang selalu bekerja untuk memfokuskan penglihatan. Seseorang yang melihat benda dengan jarak yang jauh tidak mengakibatkan otot lensa mata bekerja, tetapi apabila seseorang melihat benda dengan jarak yang dekat maka akan memaksa otot lensa bekerja lebih berat karena otot lensa harus menegang untuk membuat lensa mata lebih tebal sehingga dapat memfokuskan penglihatan pada benda-benda tersebut. Pada bagian depan dan belakang lensa ini terdapat rongga yang berisi cairan bening yang masing-masing disebut **aqueous humor** dan **vitreous humor**. Adanya cairan ini dapat memperkokoh kedudukan bola mata.

Retina

Bagian terdalam dari mata. Lapisan ini lunak, namun tipis, hampir menyerupai lapisan pada kulit bawang. Retina tersusun dari sekitar **103 juta sel-sel yang berfungsi untuk menerima cahaya**. Di antara sel-sel tersebut sekitar **100 juta sel** merupakan **sel-sel batang** yang berbentuk seperti tongkat pendek dan **3 juta** lainnya adalah **sel konus** (kerucut). Sel-sel ini berfungsi untuk penglihatan hitam dan putih, dan sangat peka pada sedikit cahaya. Sel-sel batang ini tidak dapat membedakan warna. Suatu zat yang dihasilkan sel-sel batang ini adalah zat warna jingga yang sangat rentan terhadap cahaya, yang disebut **rodopsin**. Artinya jika ada

cahaya yang terang maka dapat memudarkan zat warna jingga ini. Ketika kita berada di luar rumah dengan menatap cahaya matahari, kemudian masuk kembali ke dalam rumah. Tentunya seketika itu kita belum dapat melihat benda-benda di dalam rumah. Setelah sekitar 20 detik kemudian Anda baru akan dapat melihat kembali dengan jelas benda-benda di dalam rumah. Hal ini disebabkan Zat warna jingga yang pudar karena cahaya yang terang tersebut akan terbentuk kembali dengan memerlukan waktu yang kurang lebih 20 detik. Ketika zat warna jingga sudah terbentuk maka kita akan dapat melihat di tempat yang redup. Pada umumnya manusia tidak mempunyai kemampuan melihat dengan baik pada tempat yang gelap dibandingkan dengan hewan. **Sel konus** sangat **peka terhadap cahaya terang**, dan peka terhadap pengamatan warna. Bagian retina yang memiliki sel-sel konus paling banyak adalah fovea. Sedangkan di luar fovea lebih banyak mengandung sel-sel batang. Pada retina mata terdapat daerah yang tidak terdapat sel-sel batang maupun konus. Daerah ini disebut **bintik buta**.

Mekanisme Penglihatan

Rangsang cahaya → kornea → cairan pengisi bola mata → aqueous humor → lensa mata → cairan bola mata vitreous humor → retina → saraf pusat → melihat.

Kelainan pada Akomodasi Lensa Mata

Astigmat: pandangan kabur. Ini disebabkan karena rusaknya kornea mata. Untuk mengatasinya seseorang harus menggunakan kacamata silindris.

Miopi (Mata dekat): Daya akomodasi yang lemah, sehingga bayangan benda tidak tepat pada bintik kuning melainkan di depan bintik kuning. Gejala kelainan ini yaitu hanya dapat melihat dalam jarak lebih dekat dari normal, sekitar kurang dari 30 cm, Mengatasinya dengan kacamata lensa negatif (minus)

Hipermetropi (mata jauh). Hanya dapat melihat dengan jarak yang jauh sekitar lebih jauh dari 30 cm. Mengatasinya dengan kacamata lensa positif (plus).

Presbiop. Sering diderita oleh orang tua, disebabkan karena daya akomodasi berubah-ubah akibat titik proksimum dan remotum penglihatan berubah-ubah. Mengatasinya dengan kacamata berlensa rangkap yaitu positif dan negatif.

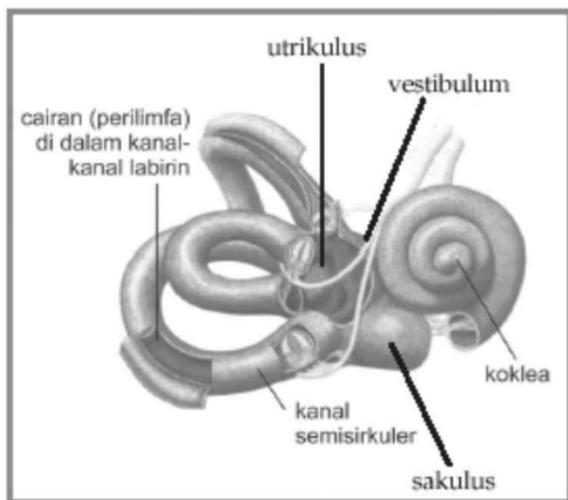
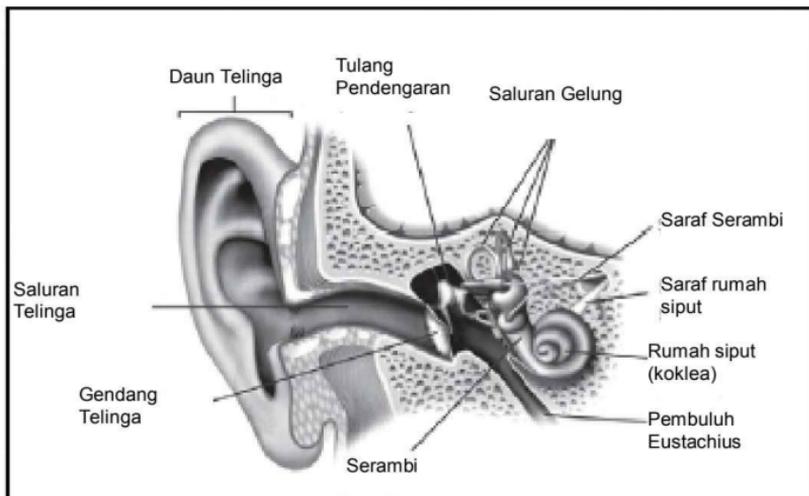
Penyakit pada Mata

Katarak. Pengeruhan pada kornea mata. Penyebab diabetes melitus, sinar X, obat-obat kortison dalam waktu lama. Penyakit ini dapat disembuhkan melalui operasi, dengan menanam lensa buatan di dalam bola mata.

Trakhoma. Disebabkan terjadinya peradangan konjungktiva, yang diakibatkan karena infeksi virus. Apabila dibiarkan penyakit ini dapat menimbulkan kebutaan.

Rabun Senja. Penyebab kekurangan vitamin A. Vitamin A penting untuk kerja retina.

B. Telinga



Telinga Luar

Tersusun oleh daun telinga yang dibentuk dari bahan tulang rawan. Sedangkan saluran telinga luar berfungsi untuk menjaga udara di dalam tetap hangat dan lembab. Di sepanjang saluran ini terdapat banyak bulu kurang lebih 4000 buah kelenjar khusus yang menghasilkan kotoran telinga. Bulu-bulu tersebut berfungsi untuk menghalang masuknya serangga dan debu. Jika ada serangga atau debu yang berhasil masuk, maka tali kuping akan menjaturnya. Kotoran telinga juga berfungsi mencegah terjadinya infeksi telinga terutama jika kita berenang.

Telinga Tengah**Membran Timpani (gendang telinga)**

Membran timpani ini berupa selaput tipis yang berfungsi untuk menerima getaran suara. Apabila ada rangsang suara mengenai bagian ini maka akan bergetar.

Tulang Pendengaran

Terdiri dari tulang martil (*malleus*), tulang landasan (*inkus*) dan tulang sanggardi (*stapes*). Ketiga tulang ini berfungsi untuk mengkonsentrasi getaran.

Saluran Eustachius

Menghubungkan antara telinga dengan faring. Inilah yang menyebabkan seseorang yang menderita influenza maka pendengarannya terganggu, karena pada bagian ini tersumbat oleh lendir. Saluran eustachius berfungsi untuk menjaga keseimbangan tekanan udara antara udara luar dan dalam telinga.

Telinga Dalam**Saluran Gelung (Kanalis Semisirkularis)**

Kanalis semisirkularis merupakan saluran setengah lingkaran yang berjumlah 3 buah. Saluran ini tersusun saling tegak lurus pada sudutnya, dan terdapat pada tulang pelipis. Kanalis semisirkularis berfungsi sebagai reseptor gravitasi. Kanalis semisirkularis mempunyai dasar yang menggembung disebut ampula.

Vestibulum

Membran vestibulum terdiri atas *sakula* dan *utrakula* yang berupa kantong dan dilapisi oleh sel-sel rambut dan silia. Di dalam sakula dan utrikula terdapat cairan limfa dan di dalam dindingnya masing-masing memiliki sel reseptor yang disebut dengan *makula*. Kristal kapur tersebar di antara rambutrambut dalam makula yang disebut dengan *otolith*. Otolith dipengaruhi oleh gravitasi.

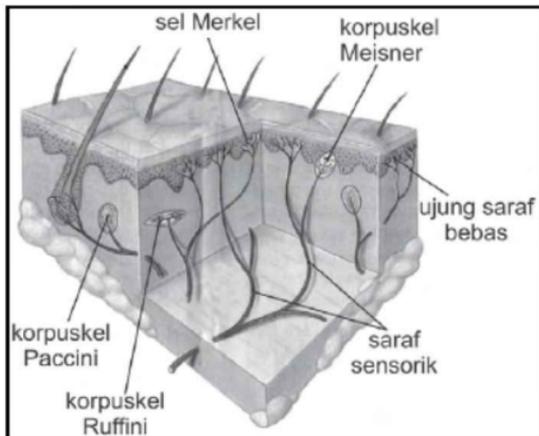
Rumah siput (Koklea)

Bagian ini merupakan alat pendengar yang berbentuk seperti rumah siput. Di dalam koklea terdapat korti yang berfungsi untuk menerima getaran suara.

Mekanisme mendengar

Rangsang bunyi → membrana tympani → tulang martil → landasan → sanggardi → tingkap oval → cairan limpa dalam koklea → sel-sel fonoreseptor → selaput tingkap → saraf pusat → mendengar.

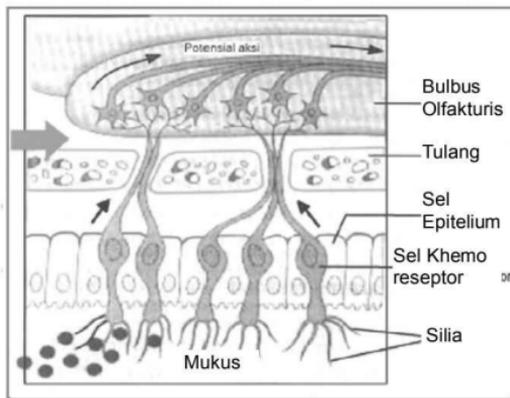
C. Kulit



Mekanisme mendengar

- Paccini (ujung saraf penerima tekanan kuat),
- Meissner (ujung saraf peraba),
- Krauss (ujung saraf perasa dingin),
- Merkel (ujung saraf perasa sentuhan dan tekanan ringan), dan
- Ujung saraf tanpa selaput (untuk perasa nyeri).

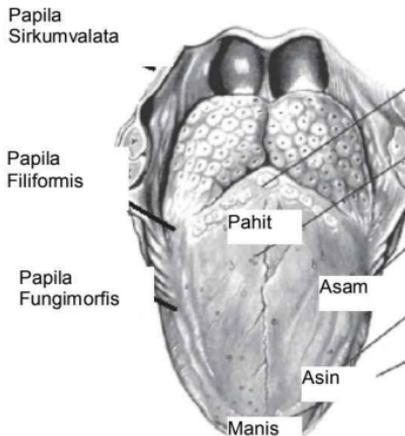
D. Indera Pembau (Hidung)



Mekanisme Penciuman

Hidung terlindung dari lapisan tulang rawan dan bagian rongga dalam mengandung sel-sel epitel yang berfungsi untuk menerima rangsang kimia. Bagian tersebut dilengkapi lendir dan rambut-rambut pembau. Di dalam rongga hidung terdapat selaput lendir yang mengandung sel-sel pembau. Pada sel-sel pembau terdapat ujung-ujung saraf pembau atau saraf kranial (*nervus olfaktorius*), yang selanjutnya akan bergabung membentuk serabut-serabut saraf pembau untuk menjalin dengan serabut-serabut otak (*bulbus olfaktorius*).

E. Indera Pengecap (Lidah)



Mekanisme Penciuman

Lidah terdiri atas dua kelompok otot yaitu *otot intrinsik* yang berfungsi untuk melakukan semua gerakan lidah dan *otot ekstrinsik*. Otot ekstrinsik ini mengaitkan lidah pada bagian-bagian sekitarnya serta melakukan gerakan-gerakan kasar yang sangat menekannya pada langit-langit dan gigi, kemudian mendorongnya masuk ke faring.

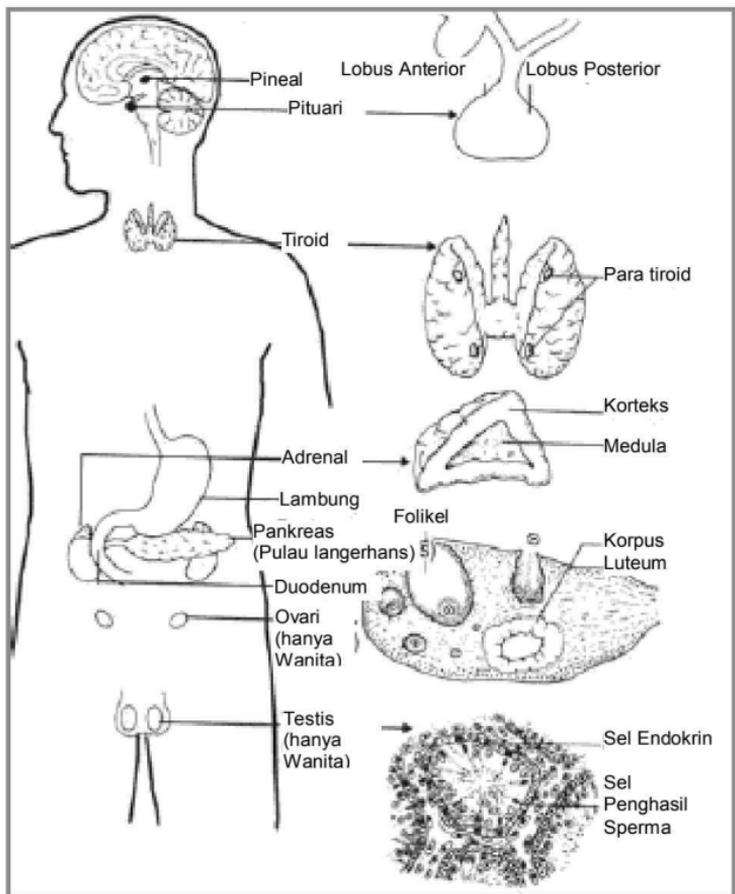
Permukaan atas lidah seperti beludru, yang ditutupi oleh beberapa lapisan, antara lain seperti berikut.

Papila filiformis. Banyak dan menyebar pada seluruh permukaan lidah yang berfungsi untuk menerima rasa sentuh dari rasa pengecap.

Papila sirkumvalata. memiliki bentuk V dan terdapat 8–12 jenis yang terletak di bagian dasar lidah. Papila ini berukuran paling besar daripada yang lain.

Papila fungiformis. menyebar pada permukaan ujung dan sisi lidah berbentuk jamur.

Sistem Hormon



A. Kelenjar Hipofisis – Kelenjar Pituitari (master of glands)

1. Lobus Depan (Anterior)

1a. GHG (Hormon pertumbuhan)

Merangsang pertumbuhan kerangka dan tubuh. Hiposekresi GHG pada anak-anak mengakibatkan pertumbuhan terhambat atau kerdil, sedangkan hipersekresi GHG mengakibatkan gigantisme.

1b. Prolaktin (PRL)

Merangsang sekresi susu setelah melahirkan, meningkatkan reabsorpsi garam oleh ginjal. Pada laki-laki dapat meningkatkan perkembangan kelenjar kelamin dan sekresi hormon testosteron.

1c. Hormon perangsang tiroid (TSH)

Merangsang kelenjar tiroid untuk menyekresikan tiroksin. Kelebihan TSH dapat mengakibatkan gondok.

1d. Hormon adrenokortikotropik (ACTH)

Merangsang korteks kelenjar adrenal untuk menyekresikan beberapa hormon.

1e. Hormon perangsang folikel (FSH)

Merangsang perkembangan folikel-folikel dalam ovarium, merangsang sekresi estrogen oleh folikel, dan mempengaruhi pematangan telur pada seorang wanita.

1f. Hormon Luteinizing (LH)

Pada laki-laki merangsang perkembangan tubulus seminiferus dan produksi sperma. Merangsang ovulasi, membentuk korpus luteum, dan merangsang korpus luteum untuk menyekresikan hormon progesteron pada wanita. Pada laki-laki merangsang testis untuk menyekresikan hormon androgen ke aliran darah. Hormon androgen ini merupakan hormon kejantanan pria.

1g. Beta-lipotropin (B – LPH)

Meningkatkan metabolisme lemak.

1h. Hormon perangsang melanosit (MSH)

Merangsang pigmentasi pada kulit.

2. Lobus Tengah

Bagian ini berfungsi untuk mensintesis hormon yang memberikan pigmen warna kulit yang disebut melanocyte stimulating hormone (MSH).

3. Lobus Belakang (Posterior)

Pada bagian ini sebenarnya tidak diproduksi hormon sendiri, melainkan menyimpan hormon-hormon yang dihasilkan oleh sel-sel saraf yang berasal dari hipotalamus otak. Hormon itu, antara lain seperti berikut.

3a. Oksitosin

Berfungsi mempengaruhi kontraksi uterus saat melahirkan dan mempengaruhi pengeluaran air susu pada seorang wanita. Selain itu, hormon ini juga berpengaruh terhadap pengeluaran *hipofisis anterior* yang spesifik pada seorang laki-laki, yaitu dapat membantu pengeluaran sperma.

3b. Antidiuretik (ADH)

Hormon ini memiliki fungsi, antara lain merangsang kontraksi dinding otot arteriol sehingga dapat mempersempit pembuluh tersebut dan dapat meningkatkan tekanan darah serta merangsang reabsorpsi air dari tubulus ginjal.

B. Kelenjar Adrenal

Korteks Adrenal

Glukokortikoid

Berfungsi merangsang perubahan lemak dan protein ke metabolit-metabolit intermediet yang akhirnya diubah menjadi glukosa, sehingga dapat menyebabkan naiknya kadar glukosa dalam darah. Dalam dunia kedokteran glukokortikoid digunakan untuk mengobati radang sendi dan keracunan, karena sesuai dengan efeknya ternyata glukokortikoid dapat menekan peradangan dalam tubuh.

Mineralokortikoid

Hormon ini merangsang reabsorpsi ion-ion Na⁺ dan Cl⁻ dalam tubulus ginjal, dan dapat mempertahankan tekanan osmotik selalu tinggi, sehingga volume dan tekanan darah menjadi normal.

Androgen

Hormon ini berfungsi untuk menentukan sifat kelamin sekunder pria. Fungsi ini dilakukan bersama dengan hormon dari gonad.

Medula Adrenal

1) Adrenalin

Berfungsi untuk meningkatkan tekanan darah, mempercepat denyut jantung, meningkatkan kadar glukosa darah dan laju metabolisme. Hormon ini disekresikan saat marah, takut, dan mengalami stress.

2) Noradrenalin

Hormon ini juga memiliki fungsi untuk meningkatkan tekanan darah.

C. Kelenjar Tiroid

Terdapat di daerah leher dan terdiri atas 2 lobus. Mensekresikan **hormon tiroksin**, yang mempunyai fungsi dalam mempengaruhi proses metabolisme, meningkatkan jumlah panas yang dihasilkan oleh tubuh. Kekurangan hormon tiroksin sebelum dewasa dapat mengakibatkan terjadinya penyakit *kretinisme* (kerdil). Kekurangan hormon tiroksin saat sudah dewasa, maka dapat menyebabkan *miksedema*, yaitu kelainan yang terjadi apabila laju metabolisme rendah, dan kelebihan berat badan. Kekurangan tiroksin ini biasanya diakibatkan karena kurangnya konsumsi yodium. Jika hormon tiroksin berlebih, maka akan menyebabkan *basedow*, yaitu suatu keadaan seseorang yang aktivitas kerjanya bertambah tetapi badannya kurus.

D. Kelenjar Paratiroid

Terdapat di daerah leher di bagian dorsal. kelenjar tiroid dan terdiri atas 4 bagian. Kelenjar ini berfungsi mensekresikan hormon **parathormon**. berfungsi:

- menaikkan kadar kalsium darah dengan melepaskan kalsium dari tulang;
- menaikkan absorpsi kalsium dari makanan dalam usus;
- menaikkan reabsorpsi kalsium dalam tubulus ginjal.

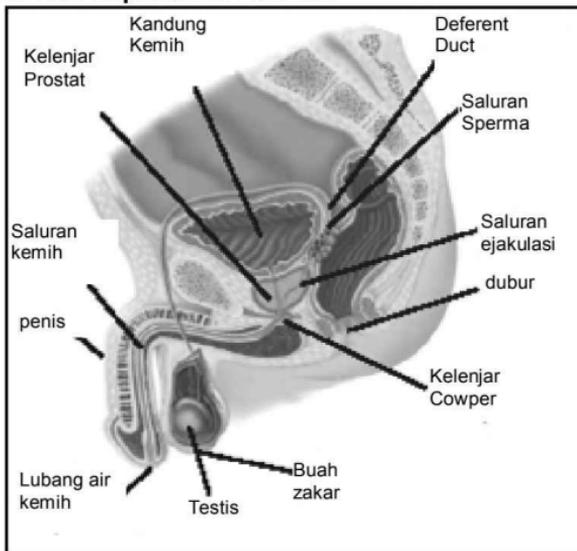
Jumlah parathormon berlebih mengakibatkan jumlah kalsium dalam darah naik menyebabkan pengendapan kalsium di dalam ginjal dan menyebabkan batu ginjal. Kekurangan parathormon menyebabkan kejang otot yang dinamakan *tetanus*.

E. Pulau Langerhans

Sekumpulan sel-sel ini terdapat di dalam pankreas. Hormon yang disekresikan adalah hormon insulin, yang berfungsi untuk menurunkan kadar gula darah. Normalnya di dalam 100 ml darah mengandung kira-kira 0,1 gram glukosa. Apabila kadar glukosa naik, maka akan merangsang sekresi insulin. Melalui vena porta hepatica, insulin ini ditransfer ke hati untuk mempengaruhi perubahan glukosa menjadi glikogen dan lemak, sehingga dari kegiatan ini dapat meningkatkan penimbunan glikogen di hati. Apabila tubuh seseorang tidak mampu mengatasi kelebihan glukosa dalam darah dengan mengubahnya menjadi glikogen atau lemak, maka kondisi ini akan mengakibatkan orang tersebut menderita penyakit *diabetes melitus*. Untuk mengantisipasi keadaan ini, biasanya penderita diberikan suntikan insulin untuk mengembalikan metabolisme gula normal dalam tubuh. Selain hormon tersebut, kelenjar ini juga mensekresikan glukogen yang berfungsi merangsang perubahan glikogen hati menjadi glukosa.

Reproduksi Manusia

A. Alat Reproduksi Laki-laki



Alat Reproduksi Luar

Penis/Zakar/Pelir

Berfungsi untuk *kopulasi* (persetubuhan). Pada penis terdapat tiga rongga, dua rongga di antaranya di bagian bawah. Rongga bagian atas tersusun dari jaringan spons *korpus kavermosa* sedangkan rongga bagian bawah tersusun dari jaringan spons *korpus spongiosum*. Di dalam penis terdapat saluran yang disebut uretra. Ketika terjadi ejakulasi, sperma keluar melalui saluran *uretra* dalam penis. Penis bagian dalam juga disusun oleh jaringan erektil dengan ronggaro-ngga yang banyak mengandung pembuluh darah. Bagian ini juga dilengkapi dengan ujung-ujung saraf perasa. Pada saat ereksi penis menjadi tegang dan mengembang yang disebabkan rongga-rongga jaringan erektil terisi penuh oleh darah.

Skrotum/Kantong Pelir

Skrotum disusun oleh otot-otot berikut.

a) Otot *dartos*

Otot *dartos* merupakan otot yang membatasi antara skrotum kanan dan kiri. Otot *dartos* berfungsi untuk menggerakkan skrotum untuk mengerut dan mengendur.

b) Otot *kremaster*

Otot *kremaster* merupakan penerusan otot lurik dinding perut. Otot ini berfungsi untuk mengatur suhu lingkungan testis agar stabil karena proses spermatogenesis dapat berjalan dengan baik pada suhu stabil, yaitu 30°C lebih rendah dari suhu di dalam tubuh.

Alat Reproduksi Dalam

Testis

Terdapat dalam kantong skrotum yang berfungsi untuk memproduksi sperma. Sel-sel yang menghasilkan sperma disebut *tubulus seminiferus*, yang berukuran hampir sama dengan serabut benang sutera yang paling halus. Proses pembentukan sperma ini disebut

spermatogenesis. Sperma yang dihasilkan oleh seorang laki-laki dewasa normal kurang lebih 100 juta sel sperma setiap hari. Testis juga menghasilkan hormon reproduksi yaitu, **testosteron**. Hormon ini dihasilkan oleh **sel-sel Leydig** yang terletak di celah antara **tubulus seminiferus**. Hormon testosteron sangat berpengaruh terhadap perkembangan kelamin sekunder laki-laki.

Kelamin sekunder laki-laki: suara membesar, tumbuh kumis, jenggot, serta rambut pada bagian tertentu, bentuk dada bidang. Hormon testosteron juga menentukan sikap mental aki-laki, serta penampilan kejantanan tubuhnya. Tanpa hormon ini seorang laki-laki akan lemah gemulai (banci).

Epididimis

Saluran yang memiliki panjang 7 meter dan menghubungkan antara testis dengan vas deferens. Di dalam epididimis ini, sperma yang dihasilkan di dalam testis akan ditampung kurang lebih selama 2 minggu dan mengalami proses pematangan hingga sperma menjadi dewasa. Sebelum matang, sperma tidak dapat membuahi sel telur.

Vasdeferens

Setelah sperma dewasa, dari saluran epididimis sperma disalurkan ke dalam *vas deferens*. Vas deferens menghasilkan **sekret dan kelenjar**, antara lain;

a) Kelenjar prostat. Tersusun melingkar, terletak pada bagian atas uretra dan di bagian bawah kantong kemih. Getah yang dihasilkan oleh kelenjar prostat mengandung kolesterol, fosfolipid, garam.

b) Kelenjar cowper. Kelenjar cowper (*bulbouretra*) memiliki saluran yang langsung menuju uretra. Getah yang dihasilkan kelenjar cowper bersifat basa.

c) Vesikula seminalis. Vesikula seminalis (kantong semen) terdapat di belakang kantong kemih, yang memiliki struktur berlekuk-lekuk. Di dalam saluran ini, sperma bercampur dengan produk dari kelenjarkelenjar tersebut.

Fungsi dari sekret ini antara lain seperti berikut.

a) Menyediakan zat gizi yang dibutuhkan spermatozoa, seperti karbohidrat, vitamin, dan asam amino. Karbohidrat yang dibutuhkan dalam bentuk fruktosa.

b) Sekret bersifat basa (pH 7,2 - 7,4) sehingga dapat menetralkan asam yang terdapat di vagina wanita karena spermatozoa mati jika berada pada pH asam.

c) Sekret mengandung lendir pelumas dan zat yang disebut prostaglandin yang dapat merangsang pergerakan dinding rahim. Sperma bersama sekret inilah yang disebut dengan air mani atau **semen**.

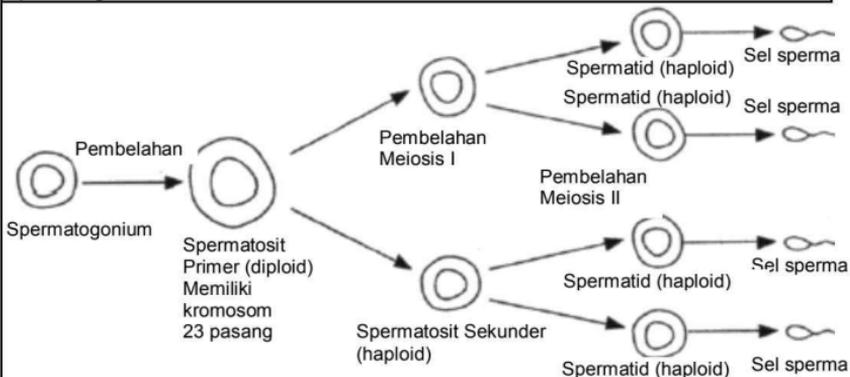
Di dalam vas deferens, sperma dapat bertahan hidup selama 6 minggu, tetapi apabila berada pada tubuh wanita hanya bertahan selama 1-2 hari.

Duktus Ejakulatoris

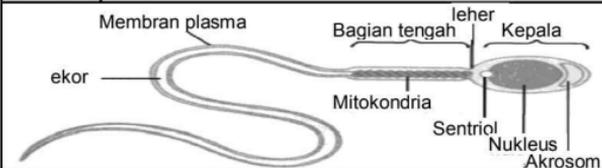
Dari bagian ini, sperma disemprotkan lewat saluran di dalam penis yaitu *uretra*. Pada keadaan ini penis tegang (**ereksi**) agar dapat masuk ke vagina dan menyemprotkan semen ke dalam vagina (**ejakulasi**). Sperma yang tidak dikeluarkan dari dalam tubuh akan mati lalu diserap oleh tubuh.

B. Pembentukan Sel Kelamin

Spermatogenesis



Struktur Sperma



Kepala

Terdapat inti sel. Bagian kepala dilengkapi dengan suatu bagian yang disebut dengan **akrosom** (ujung kepala sperma) yang berbentuk agak runcing dan menghasilkan enzim **hialuronidase** yang berfungsi untuk menembus dinding sel telur. Di bagian kepala ini terdapat 22 kromosom tubuh dan 1 kromosom kelamin yaitu kromosom X atau Y, kromosom X untuk membentuk bayi berkelamin perempuan, sedangkan kromosom Y untuk membentuk bayi berkelamin laki-laki. Kromosom kelamin laki-laki inilah nantinya yang akan menentukan jenis kelamin pada seorang bayi.

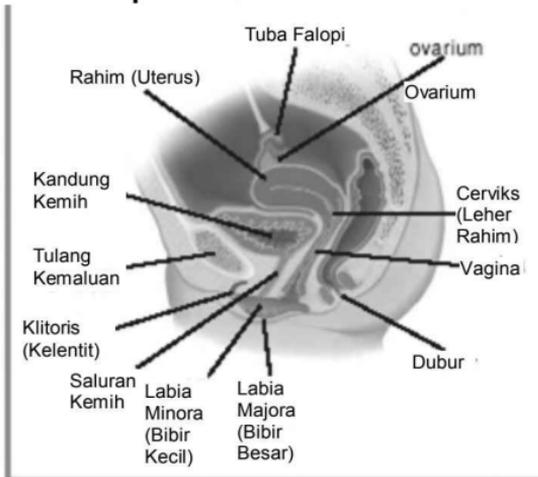
Bagian tengah

Bagian tengah mengandung **mitochondria** yang berfungsi untuk pembentukan energi. Energi tersebut berfungsi untuk pergerakan dan kehidupan sel sperma. Bahan bakar dalam pembentukan energi ini adalah fruktosa.

Ekor

Bagian ekor lebih panjang, bersifat *motil* atau banyak bergerak. Fungsinya adalah untuk alat pergerakan sperma sehingga dapat mencapai sel telur. Pergerakan sel ini maju didorong oleh bagian ekor dengan pergerakan menyerupai sirip belakang ikan. Pembentukan sperma dipengaruhi oleh hormon **FSH (Follicel Stimulating Hormone)** dan **LH (Lutenizing Homone)**. Pembentukan FSH dan LH dikendalikan oleh hormon **gonadotropin** yaitu hormon yang disekresikan oleh kelenjar **hipotalamus** dari otak.

C. Alat Reproduksi Wanita



Organ Reproduksi Luar

Vulva

Banyak disusun oleh jaringan lemak. Daerah ini disebut Mons pubis (mons veneris). Di bagian bawah dari *mons pubis* terdapat *labium mayor* (bibir besar). Pada bagian lebih dalam terdapat *labium minor* (bibir kecil). Kedua lipatan ini berfungsi untuk melindungi vagina. Di bagian atas dari labium ini terdapat *klitoris*, yang merupakan organ erektil pada wanita. *Klitoris* banyak terdapat pembuluh darah dan ujung saraf perasa. Saluran yang langsung berhubungan dengan vulva adalah uretra dan vagina.

Alat Reproduksi Dalam

Ovarium

Terletak di sebelah kiri dan kanan rahim. Bentuk lonjong dengan panjang 2 - 2,5 cm, lebar 1 - 1,5 cm, tebal 0,5 - 1,5 cm dan berat 15 gram. Umumnya sel telur diproduksi setiap 28 hari. Sel telur yang dihasilkan oleh ovarium ini terbungkus dalam kantong (*folikel*). Sebelum memasuki masa usia subur, folikel dan sel telur terlihat seolah-olah mati. Seiring dengan bertambahnya usia maka akan bertambah besar dan fungsional dengan dirangsang oleh hormon **FSH (Follicle Stimulating Hormon)** dan **LH (Luteinizing Hormone)** yang berasal dari kelenjar hipofise di otak. Folikel akan semakin besar dan menghasilkan hormon estrogen dan progesteron yang akan merangsang untuk menghentikan produksi hormon FSH dan LH. Hormon estrogen dan progesteron akan mempengaruhi sifat-sifat pada wanita untuk menjadi dewasa. Saat pertengahan terjadinya menstruasi, folikel semakin bertambah besar dan akhirnya pecah untuk mengeluarkan sel telur yang ada di dalamnya, yang disebut *ovulasi*. Sebelum terjadinya kehamilan, hampir seluruh hormon estrogen dihasilkan oleh ovarium dan sebagian kecil kelenjar adrenal. Setelah telur mengalami pematangan, selanjutnya akan disalurkan melewati *oviduk*.

Oviduk (Tuba Falopi)

Merupakan saluran yang panjang menuju ke rahim. Oviduk disebut juga saluran. Di dalam saluran inilah terjadi pembuahan antara sperma dan ovum. Di dalam sepanjang saluran tuba falopi ini terdapat rambut-rambut getar atau cilia yang berfungsi untuk mendorong atau mempermudah jalannya zigot hasil pembuahan.

Uterus (Rahim)

Uterus (rahim) merupakan suatu rongga pertemuan dari dua saluran tuba falopi bagian kiri dan kanan. Uterus berbentuk seperti buah pir. Bagian bawah dari uterus disebut *serviks* (leher

rahim). Jaringan yang menyusun uterus berupa otot polos dan lapisan **endometrium** (dinding rahim) yang tersusun dari epitel dan menghasilkan banyak lendir dan pembuluh darah. Ketika terjadi ovulasi lapisan endometrium akan menebal, tetapi ketika menstruasi lapisan endometrium akan meluruh.

Fungsi *uterus* adalah sebagai tempat menempelnya janin. Di sinilah janin akan tumbuh besar yang kemudian kehidupannya ditopang oleh **plasenta**. Plasenta akan mencukupi kebutuhan janin yang berupa O_2 dan makanan yang diperoleh dari ibunya.

Vagina

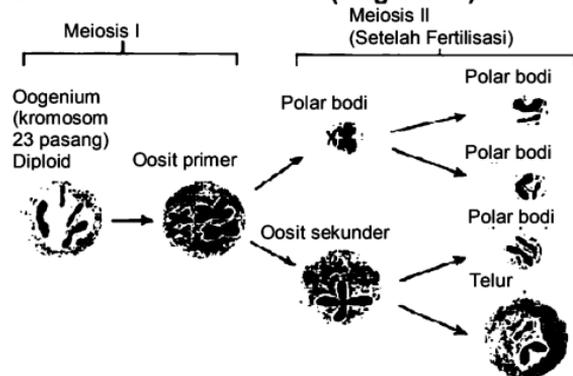
Tempat berlangsungnya proses **kopulasi** (pertemuan antara dua alat kelamin). Vagina juga merupakan jalan keluar bayi apabila sudah siap dilahirkan. Vagina bermuara pada vulva. Vagina terdiri atas bagian-bagian berikut.

a) **Selaput lendir (membran mukosa)** merupakan bagian terluar dari vagina yang dapat mensekresikan lendir pada saat terjadi rangsangan seksual. Lendir tersebut dihasilkan oleh **kelenjar bartholin**.

b) **Jaringan otot**. Vagina tersusun dari otot-otot polos yang dapat berkontraksi untuk memperlebar saluran dan uterus serta mengembalikan ke bentuk semula. Ini sangat penting dalam proses persalinan.

c) **Jaringan ikat**. Jaringan otot dan ikat ini juga sangat berperan dalam melebarkan uterus ketika janin akan dilahirkan. Pada saat janin sudah dilahirkan maka kedua jaringan ini akan mengembalikan uterus ke bentuk semula.

C. Pembentukan Sel Telur (Oogenesis)



Proses oogenesis ini diatur oleh hormon FSH (Follicle Stimulating Hormone), yang dihasilkan oleh kelenjar hipofisis di dasar otak.

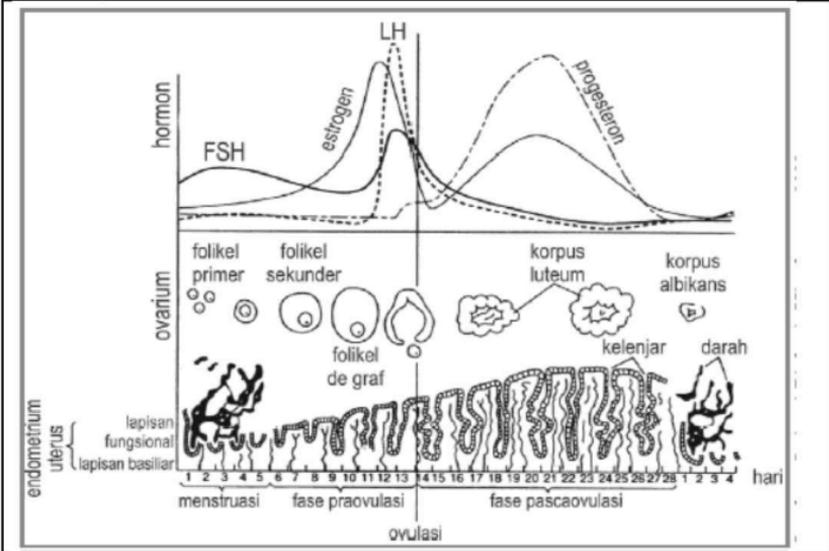
Fungsi hormon FSH adalah:

- mengatur proses pertumbuhan sel telur;
- menghasilkan hormon estrogen, hormon estrogen pada kadar tertentu dapat menghambat produksi hormon FSH;
- mempengaruhi sel-sel folikel yang berfungsi untuk memberi nutrisi pada sel telur.

E. Ovulasi dan Menstruasi

Ovulasi adalah proses pelepasan sel telur dan saat ini wanita mengalami masa subur. Proses ovulasi dipengaruhi hormon LH dan FSH yang dihasilkan oleh kelenjar hipofisis. Masa subur wanita tidak berlangsung setiap hari. Proses ovulasi dan menstruasi:

Hari 1 siklus sel telur bersama folikelnya mengalami proses pematangan → Hari ke ±13 sel telur masak → Folikel dan dinding ovarium robek → sel telur matang akan keluar dari ovarium dan masuk ke dalam oviduk (tuba falopi) melalui *infundibulum*, yaitu bagian yang berbentuk seperti jari-jari → hanyut ke dalam rahim dengan cairan khusus → Sel telur dewasa menunggu pembuahan oleh sel sperma → Jika **dibuahi sperma maka terjadi kehamilan**, jika tidak maka akan terbentuk korpus luteum → Pembentukan korpus luteum ini didukung oleh LH. → Terbentuknya korpus luteum akan memicu terbentuknya **hormon estrogen dan progesteron** → terjadi penebalan dinding rahim (*endometrium*) → hormon estrogen dan progesteron mengalami penurunan jumlah → korpus luteum akan *berdegeneras* → peluruhan dinding rahim (peristiwa menstruasi).



E. Menopause

Menopause adalah wanita tidak mengalami haid lagi dan tidak dapat menghasilkan sel telur. Hal ini terjadi karena semua oosit primer yang terbentuk akan mengalami degenerasi. Usia menopause berkisar antara 45-50 tahun ke atas. Pada saat itu banyak perubahan yang dialami oleh seorang wanita antara lain adalah mudah marah, tersinggung, cemas, cepat lelah, dan sulit bermapas. Pada saat menopause indung telurnya mengalami masa pensiun secara gen dan progesteron pun juga akan berhenti. Akibatnya bisa terjadi kecenderungan tulang keropos (*osteoporosis*). Selain itu, peluang untuk mendapat serangan jantung lebih besar.

F. Fertilisasi (Pembuahan)

Fertilisasi adalah peleburan antara sel telur dengan sel sperma (spermatozoa).

Proses:

Sel telur dilepaskan dari folikel di dalam ovarium → sel telur menuju ke *tuba fallopi* → terjadi hubungan seksual → spermatozoa membuahi ovum dalam tuba fallopi (untuk membuahi sel telur, jumlah spermatozoa tidak boleh kurang dari 20 juta) → Dari jumlah tersebut hanya satu yang akan membuahi sel telur → Bagian yang masuk adalah kepala dan bagian tengah, sedangkan ekor dari sel sperma terputus dan tertinggal → Pembuahan menghasilkan zigot yang bersifat diploid dan memiliki kromosom sebanyak 23 pasang (46 kromosom = 44 kromosom tubuh dan 2 kromosom kelamin) → zigot hasil pembuahan tersebut akan mengalami pembelahan secara mitosis → Pembelahan itu berlangsung di sepanjang saluran tuba fallopi, sambil berjalan menuju rahim (uterus). → Selama berjalan menuju rahim, zigot aktif membelah. → perjalanan yang dilakukan zigot normal dalam waktu 6 hari → zigot sudah tertanam di dalam dinding rahim → Tahap-tahap pembelahan zigot dimulai dari *morula* → menjadi *blastula* → blastula ini akan bergerak ke bagian rahim (uterus) dan sesampainya di rahim zigot yang aktif membelah akan mengebor lapisan lendir rahim dengan menggunakan enzim yang dapat melebur sel-sel pada lapisan tersebut → proses pengeboran (selama 4 - 5 hari) → blastula tertanam pada dinding (*implantasi*) → korpus luteum menghasilkan hormon progesteron yang berfungsi untuk merangsang pertumbuhan rahim → hormon estrogen dan progesteron mengatur agar menstruasi tidak terjadi → Blastula membelah secara terus-menerus → gastrula → embrio → embrio akan berkembang menjadi janin di dalam rahim.

G. Kehamilan

Blastulasi (minggu ke-1) → menjadi janin dan membran ekstra → membentuk plasenta, amnion, dan tali pusar → proses **gastrulasi** (minggu ke-3) → pembentukan organ dan sistem organ → Lapisan *ekstroderm* akan membentuk organ-organ seperti saraf, hidung, mata, kelenjar kulit dan berkembang menjadi jaringan epidermis → **Organogenesis** (minggu ke-4 sd minggu ke-8) → Lapisan *mesoderm* akan berkembang membentuk organ ginjal, limpa, kelenjar kelamin, jantung, pembuluh darah, getah bening, tulang dan otot → Lapisan *endoderma* akan membentuk organ hati, pankreas, saluran pencernaan, saluran pernapasan, kelenjar gondok, dan anak gondok .

H. Kelainan Sistem Reproduksi

Penyempitan Saluran Telur/Oviduk

Kelainan ini merupakan faktor bawaan, tetapi ada pula yang disebabkan karena infeksi kuman tertentu. Saluran oviduk yang sempit akan membuat sperma sulit untuk menjangkau bagian dalam saluran tersebut, sehingga menyebabkan pembuahan sulit terjadi.

Mandul (Infertilitas)

Mandul dapat terjadi pada laki-laki maupun perempuan. Mandul berarti seorang laki-laki atau wanita tidak dapat memproduksi sel-sel sperma maupun ovum. Faktor paling besar dipengaruhi oleh gangguan hormon reproduksi.

Impotensi

Kelainan ini dialami oleh laki-laki, yaitu suatu keadaan penis yang tidak dapat melakukan *ereksi* (tegang), sehingga sulit untuk melakukan *kopulasi* (fertilisasi). Biasanya impotensi disebabkan oleh faktor hormonal, yaitu terhambatnya fungsi hormon reproduksi, bisa juga disebabkan oleh faktor psikologis atau emosional seseorang.

Kanker Cerviks (Mulut Rahim)

Gangguan ini dialami oleh wanita. Penyakit ini dapat disebabkan oleh virus atau bakteri dan biasanya menyerang seorang wanita usia 45 ke atas. Pada mereka persentase terbesar penyakit kanker adalah kanker cerviks

Kanker Payudara

Penyakit ini juga rentan menyerang wanita. Seorang wanita yang tidak pernah menyusui besar kemungkinan dapat menderita penyakit ini.

Sifilis

Sifilis disebabkan oleh bakteri *Treponema pallidum*, penyakit ini dapat ditularkan melalui hubungan seksual, transfusi darah, atau luka mikroskopis.

Herpes Simplex

Penyakit ini disebabkan karena virus *herpes simplex tipe II* yang menyerang kulit di daerah alat reproduksi luar. Gejala penyakit ini adalah gatalgatal, kemerahan di kulit, pedih dan timbul beberapa lepuh kecil, yang kemudian menjadi keruh dan pecah.

Endometriosis

Endometriosis merupakan kelainan, antara lain yaitu terdapatnya jaringan endometrium di luar rahim. Gejalanya ketika menstruasi terasa nyeri. Rasa nyeri ini disebabkan pengelupasan jaringan endometriosis.

Sistem Kekebalan Tubuh

A. Sistem Limfatik

Pembuluh Limfa

Berfungsi mengangkut cairan utk kembali ke peredaran darah. Limfa sebenarnya merupakan cairan plasma darah yg merembes keluar dari pembuluh kapiler di sistem peredaran darah dan kemudian menjadi cairan intersisial ruang antarsel pada jaringan.

Pembuluh Limfa Kanan (Duktus Limfatikus Dekster)

Terbentuk dari cairan limfa yg berasal dari daerah kepala dan leher kanan, dada kanan, lengan kanan, jantung dan paru-paru yang terkumpul dalam pembuluh limfa. Pembuluh limfa kanan bermuara di pembuluh balik (vena) di bawah selangka kanan.

Pembuluh Limfa Kiri (Duktus Toraksikus)

Pembuluh limfa kiri disebut juga pembuluh dada. Pembuluh limfa kiri terbentuk dari cairan limfa yang berasal dari kepala dan leher bagian kiri dan dada kiri, lengan kiri, dan tubuh bagian bawah. Pembuluh limfa ini bermuara di vena bagian bawah selangka kiri.

Organ-organ Limfoid

Limpa

Limpa merupakan organ limfoid yang paling besar. Kelenjar yang dihasilkan dari limpa berwarna ungu tua. Limpa terletak di belakang lambung. Fungsi limpa:

- membunuh kuman penyakit;
- membentuk sel darah putih (leukosit) dan antibodi;
- menghancurkan sel darah merah yang sudah tua.

Nodus Limpa

Nodus limfa terbagi menjadi ruangan yang lebih kecil yang disebut nodulus. Nodulus terbagi menjadi ruangan yang lebih kecil lagi yang disebut sinus. Di dalam sinus terdapat limfosit dan makrofag. Fungsi nodus limfa adalah untuk menyaring mikroorganisme yang ada di dalam limfa.

Sumsum Tulang

Sumsum tulang merupakan jaringan penghasil limfosit. Sel-sel limfosit yang dihasilkan tersebut akan mengalami perkembangan. Limfosit yang berkembang di dalam sumsum tulang akan menjadi limfosit B. Sedangkan limfosit yang berkembang di dalam kelenjar timus akan menjadi limfosit T. Limfosit-limfosit ini berperan penting untuk melawan penyakit.

Timus

Timus memiliki fungsi spesifik, yaitu tempat perkembangan limfosit yang dihasilkan dari sumsum merah untuk menjadi limfosit T. Timus tidak berperan dalam memerangi antigen secara langsung seperti pada organorgan limfoid yang lain. Untuk memberikan kekebalan pada limfosit T ini, maka timus mensekresikan hormon timopoitin.

Tonsil (Amandel)

Tonsil terletak di bagian kiri dan kanan pangkal tenggorokan. Tonsil mensekresikan kelenjar yang banyak mengandung limfosit, sehingga tonsil dapat berfungsi untuk membunuh bibit penyakit dan melawan infeksi pada saluran pernapasan bagian atas dan faring.

B. Sistem Kekebalan

Kekebalan Bawaan

Kekebalan bawaan merupakan potensi yang terdapat dari dalam tubuh sendiri. Kekebalan ini ada sejak manusia dilahirkan.

Perlindungan Permukaan

Apabila ada kuman masuk ke dalam tubuh, ada sistem pertahanan luar pada bagian kulit yang akan menghalangi dan mematikan kuman tersebut sehingga kuman tidak dapat masuk ke dalam tubuh. Apabila kuman masih dapat lolos dan menembus kulit, maka akan dijerat oleh lendir yang dihasilkan oleh bagian membran mukosa. Perlindungan yang diberikan oleh kulit dan membran mukosa, antara lain:

Kulit selalu mengelupas secara periodik dan menghasilkan minyak yang bersifat asam yang dapat membunuh kuman. Kulit yang utuh merupakan pertahanan terluar untuk mencegah masuknya bibit penyakit ke dalam tubuh. Dalam kulit manusia normal selalu terdapat bakteri *Staphylococcus pyogenes*. Selama kulit tidak mengelupas oleh luka atau lecet maka bakteri ini tidak akan menimbulkan penyakit.

Kelenjar air mata mengeluarkan lisosim yang dapat menghancurkan bibit penyakit yang menempel pada mata.

Keasaman pada vagina dan urin akan menghambat pertumbuhan bibit penyakit tertentu.

Lambung memproduksi asam lambung (HCl) untuk membunuh kuman-kuman yang masuk pada makanan.

Gerakan peristaltik pada usus mendorong bibit penyakit yang ada di dalam usus segera keluar bersama feces.

Gerak rambut getar, pengeluaran lendir pada saluran pernapasan dan refleks batuk dapat mencegah masuknya bibit penyakit dari debu ke dalam paru-paru.

Kekebalan Dalam Tubuh

Bila kuman masih dapat lolos melewati kulit dan membran mukosa maka tubuh memiliki pertahanan yang lain, yaitu kekebalan dari dalam tubuh yang disebut pertahanan nonspesifik. Pertahanan ini dilakukan oleh sel darah putih (leukosit) yang akan mematikan segala jenis mikroba yang masuk ke dalam tubuh. Leukosit memiliki sifat fagositosis, yaitu memakan kuman penyakit yang masuk ke dalam tubuh. Leukosit yang berperan adalah sel PMN (*polymorpho nuclear*), monosit, makrofag, dan limfosit.

Kekebalan Adaptif

Disebut juga kekebalan spesifik karena kekebalan ini mampu mengenali dan mengingat patogen spesifik. Pertahanan ini dilakukan oleh antibodi dan antitoksin yang dapat menahan serangan bibit penyakit, baik sel mikronya maupun toksin yang dihasilkan oleh bibit penyakit tersebut. Pertahanan spesifik dalam kehidupan sehari-hari disebut sebagai kekebalan tubuh (imunitas).

C. Macam-macam Kekebalan

Kekebalan Aktif

Kekebalan aktif merupakan jenis kekebalan yang dapat dibuat oleh tubuh dengan sendirinya karena respon tubuh terhadap suatu antigen (benda asing) yang masuk ke dalam tubuh. Kekebalan aktif bisa dibuat dengan memberikan atau memasukkan antigen yang berupa bibit penyakit yang dilemahkan agar tubuh dapat merespon sehingga akan membentuk kekebalan tertentu.

Kekebalan Pasif

Tubuh seseorang langsung menerima antibodi yang sudah jadi sehingga tidak perlu membuatnya sendiri. Antibodi ini diperoleh dengan cara menyuntikkan suatu antigen ke dalam tubuh hewan yang sesuai. Hewan itu selanjutnya akan membuat antibodi untuk merespon antigen tersebut. Antibodi yang sudah terbentuk di dalam tubuh hewan tersebut lalu diambil dan dimasukkan ke dalam tubuh seseorang yang memerlukan. Contoh lain kekebalan pasif yaitu pemberian air susu ibu (ASI) pada anaknya. Pemberian ASI ini selain bertujuan untuk memberikan makanan yang terbaik bagi anaknya juga untuk memberikan kekebalan pada bayinya.

D. Struktur Sistem Kekebalan

Limfosit B dan Limfosit T

Sel limfosit T berasal dari thymus berfungsi mengenali antigen dan melepaskan senyawa *cytokines* yang dapat mendorong pertumbuhan dan respon sel B dan makrofag terhadap antigen. Selain limfosit T juga terdapat limfosit B (sel B) yang berasal dari sumsum tulang belakang; nantinya akan berkembang menjadi antibodi dapat mengikat antigen spesifik.

Makrofag

Makrofag merupakan sel pembersih yang akan memakan mikroba dan menyerahkan kepada limfosit untuk dihancurkan melalui proses kekebalan.

Monosit

Monosit juga menghasilkan lisosim yang berfungsi untuk menghancurkan sel mikroba dan makromolekul.

Neutrofil

Neutrofil menghasilkan lisosim yang akan menghancurkan sel mikroba. Selain itu juga menghasilkan interferon, yaitu suatu protein yang membantu melindungi sel-sel tubuh yang sehat terhadap serangan virus. Fungsi interferon adalah menghambat perkembangbiakan virus.

Fibroblas

Fibroblas juga dapat menghasilkan interferon yang berfungsi untuk menghambat perkembangbiakan virus.

Pertumbuhan dan Perkembangan

A. Pertumbuhan Tumbuhan

Pertumbuhan primer

Merupakan pertumbuhan akibat aktivitas jaringan meristem yang aktif membelah. Pertumbuhan primer terdiri dari kegiatan-kegiatan berikut ini.

Pembelahan sel: terjadi pada bagian titik tumbuh akar dan batang serta pada jaringan kambium (bersifat meristematik).

Pembentangan sel: sel pada bagian meristem akar dan batang, setelah mengalami pembelahan secara apical, akan mengalami pemanjangan yang mengakibatkan pertambahan panjang akar dan batang.

Diferensiasi sel: setelah sel mengalami pemanjangan dan pendewasaan, sel akan mengalami diferensiasi (perubahan ke bentuk lain). Contohnya, diferensiasi sel-sel dewasa pada bagian akar menjadi akara literal.

Teori Histogen dari Hasnstein

Titik tumbuh pada ujung akar batang dibagi menjadi tiga.

a. **Dermatogen (lapisan terluar)** → membentuk epidermis

b. **Periblem (lapisan tengah)** → membentuk korteks

c. **Pierom (lapisan dalam)** → membentuk stele (silinder pusat)

Teori Tunika Korpus dari Schmidt

Titik tumbuh akar dibedakan menjadi 2 bagian.

Bagian tunika: terdiri beberapa lapis sel pada bagian terluar akar yang aktif membelah sehingga ujung akar akan bertambah luas.

Bagian korpus: terdiri dari beberapa lapis sel pada bagian dalam dan aktif membelah ke segala arah.

Pertumbuhan sekunder.

Merupakan pertumbuhan akibat aktivitas kambium(jaringan yang telah dewasa) bersifat meristematik kembali. Pertumbuhan sekunder mengakibatkan diameter dan panjang tumbuhan bertambah. Dua meristem lateral yang berfungsi untuk pertumbuhan sekunder yaitu sebagai berikut.

Kambium vaskuler: menghasilkan xylem sekunder (kayu) dan floem.

Kambium gabus (felogem): pertumbuhan ke luar membentuk felem dan ke dalam membentuk feloderm. Selain itu, cambium interfasis juga berfungsi dalam pertumbuhan sekunder untuk membentuk jari-jari empulur.

B. Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Tumbuhan

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dapat dibagi menjadi dua yaitu sebagai berikut.

Faktor dari dalam: faktor genetik dan hormonal.

Faktor luar: nutrient, suhu, cahaya, air, kelembaban, derajat keasaman tanah (pH).

Hormon Pertumbuhan pada Tumbuhan

Auksin: perpanjangan sel, diferensiasi, percabangan akar, fototropisme dan geotropisme, perkembangan buah, serta dominasi apikal.

Sitokinin: pembelahan sel, diferensiasi, sel, dan antidominasi apikal.

Giberelin: memicu perkecambahan biji, aktivitas kambium, memicu pembungaan sebelum waktunya, meningkatkan pembelahan sel.

Etilen: memicu pemasakan buah, pengguguran daun.

Asam absisat: berfungsi untuk menghambat pertumbuhan saat kondisi lingkungan tidak memungkinkan untuk pertumbuhan dengan cara: mempertahankan dormansi, menghambat pertumbuhan, menutup stomata.

<p>Kalin: merupakan hormon yang mempengaruhi pertumbuhan organ. Hormon kalin dibagi menjadi:</p> <p>Rhizokalin: merangsang pertumbuhan akar</p> <p>Kaulokalin: merangsang pertumbuhan batang</p> <p>Filokalin: merangsang pertumbuhan daun</p> <p>Antokalin: merangsang pertumbuhan bunga</p>
--

C. Perkembangan Pada Hewan

Perkembangan Embrio

Fertilisasi → zigot → Morula (zigot yang membelah secara terus menerus membentuk bola sel padat) → Blastula (Setelah di dalam morula terbentuk rongga yang penuh cairan) → Gastrula (menghasilkan ektoderm, endoderm, dan mesoderm) → mengalami diferensiasi serta organogenesis

Perkembangan Fase Pascaembrionik

Metamorfosis sempurna (Holometabola)

Telur → larva → pupa → imago (dewasa)

Contoh: Kupu-kupu, lalat, lebah madu

Metamorfosis tidak sempurna (Hemimetabola)

Telur → nympha → imago

Contoh: Kecoa, belalang, jangkrik

Ametabola

Telur → imago (dewasa)

Contoh katak perubahan telur yang dibuahi menjadi kecebong disebut: prometamorfosis.

Metabolisme

A. Anabolisme dan Katabolisme

Anabolisme

Reaksi pembentukan molekul-molekul kompleks dari molekul-molekul yang lebih sederhana. Reaksi ini membutuhkan energi.

Katabolisme

Reaksi pemecahan molekul-molekul kompleks menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana. Reaksi pemecahan ini menghasilkan energi.

B. Enzim

Definisi

Enzim merupakan protein yang mempunyai sisi katalitik sehingga mampu mengubah substrat menjadi bentuk produk tertentu.

Sifat-sifat

1. Merupakan protein.
2. Memiliki sisi aktif/katalitik sebagai tempat substrat berkombinasi dengan enzim.
3. Mempercepat reaksi kimia dengan menurunkan energi aktivasi
4. Katalisator hayati yang mampu mempercepat suatu reaksi tanpa ikut bereaksi.
5. Tidak mengubah kesetimbangan suatu reaksi.
6. Enzim memiliki sustrat yang spesifik, satu enzim, satu substrat.
7. Kerja enzim dapat dihambat substrat asing (inhibitor) dan dapat diaktivasi dengan adanya aktivator.
8. Bekerja pada suhu kisaran tertentu.

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kerja Enzim

1. Konsentrasi enzim. Semakin tinggi konsentrasi enzim, makin tinggi kerja enzim.
2. Konsentrasi substrat. Semakin rendah konsentrasi sustrat, makin tinggi kerja enzim.
3. Derajat keasaman (pH)
4. Temperatur.
5. Keberadaan inhibitor. Keberadaan inhibitor, memperendah kerja enzim.

B. Respirasi Aerob dan Anaerob

Respirasi Aerob

Respirasi yang membutuhkan oksigen bebas. Oksigen tersebut berfungsi sebagai penerima (ekseptor) elektron/hidrogen terakhir.

Respirasi Anaerob

Respirasi yang tidak membutuhkan oksigen bebas. Sehingga penerima elektron/hidrogen terakhir merupakan senyawa-senyawa tertentu selain oksigen seperti sulfat (SO_4^{2-}), karbonat (CO_3^{2-}), piruvat, asetaldehid.

Tahap Respirasi Aerob

Glikolisis

- Mengalami reaksi pemecahan glukosa (senyawa berkarbon fruktosa 1, 6 fosfat) menjadi 2 molekul asam piruvat (senyawa berkarbon 3).
- Glukosa dirubah menjadi fruktosa 1, 6 fosfat menggunakan 2 ATP.
- Terjadi di dalam sitoplasma.
- Berlangsung secara aerob.
- Menghasilkan energi sebesar **2 ATP** dan **2 NADH** untuk setiap molekul glukosa (1 NADH= 3 ATP)

Dekarboksilasi Oksidatif Asam Piruvat

- Mengubah Asam Piruvat (senyawa berkarbon 3) menjadi Asetil-KoA (senyawa berkarbon 2)
- Berlangsung pada matriks mitokondria.
- Menghasilkan 1 NADH, CO₂, dan 1 Asetil-KoA untuk setiap pengubahan molekul Asam Piruvat (Total dihasilkan 2 Asetil KoA, karena Asam piruvat yang diubah sebanyak 2 mol).

Siklus Krebs

- Asetil-KoA (senyawa berkarbon 2) yang dihasilkan dari dekarboksilasi oksidatif diubah menjadi CO₂ (senyawa berkarbon 1)
- Berlangsung pada matriks mitokondria.
- Setiap molekul Asetil-KoA dihasilkan 1 ATP, 1 FADH, 3 NADH (1 FADH= 2 ATP), dan 2 CO₂

Transfer Elektron

- Melalui rantai respirasi, elektron/hidrogen dari NADH dan FADH yang dihasilkan dari glikolisis, dekarboksilasi oksidatif, dan siklus kreb, dilepaskan dan diterima oleh O₂ sebagai penerima elektron, sehingga H₂O dan energi (ATP) secara bertahap.
- NADH dan FADH merupakan senyawa pereduksi (reduktor) yang menghasilkan elektron/ ion hidrogen.
- Reaksi ini terjadi pada membran dalam (matriks) mitokondria.
- Satu molekul NADH akan menghasilkan 3 ATP, sedangkan satu molekul FADH akan menghasilkan 2 ATP.

Total energi

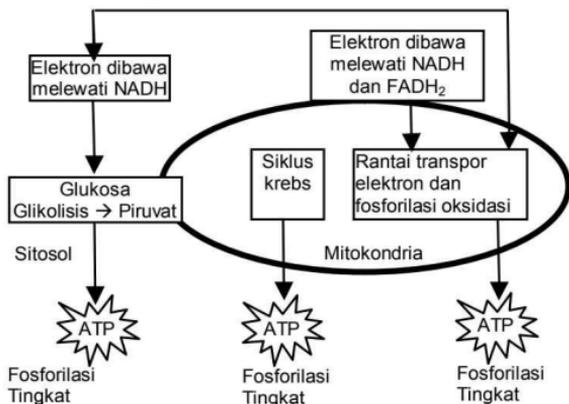
Sehingga total energi yang dihasilkan untuk setiap pemecahan (oksidasi) satu molekul glukosa pada sel prokariotik yaitu:

1. Glikolisis : 2 ATP
2. Dekarboksilasi oksidatif: 2 ATP, 2 NADH, 2 FADH₂
3. Siklus krebs: 34 ATP

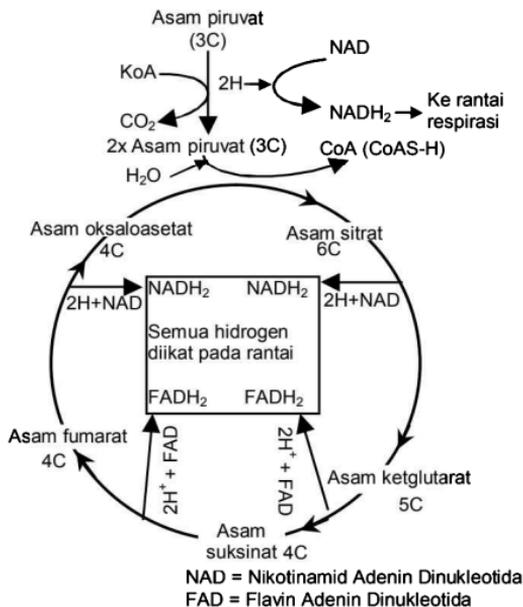
Jumlah: 38 ATP, 2 NADH, 2 FADH₂

Pada sel eukariotik dihasilkan 36 ATP karena transport 2 NADH ke dalam matriks mitokondria membutuhkan energi sebesar 2 ATP

Gambar Respirasi Aerob



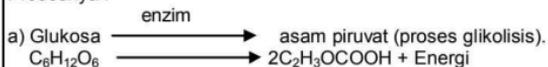
Gambar Siklus Krebs



Respirasi Anaerob

Fermentasi Asam Laktat

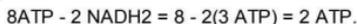
Prosesnya :



b) Dehidrogenasi asam piruvat akan terbentuk asam laktat.



Energi yang terbentuk dari glikolisis akan menghasilkan asam piruvat, selanjutnya asam piruvat menjadi asam laktat:



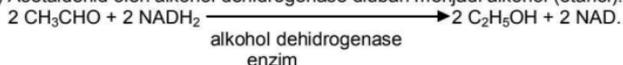
Fermentasi Alkohol



b) Dekarboksilasi asam piruvat.

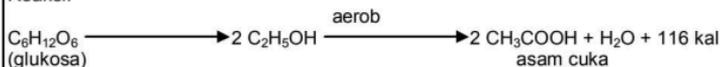


c) Asetaldehid oleh alkohol dehidrogenase diubah menjadi alkohol (etanol).



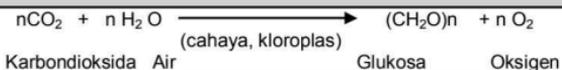
Fermentasi Asam Cuka

Reaksi:



C. Fotosintesis

Reaksi



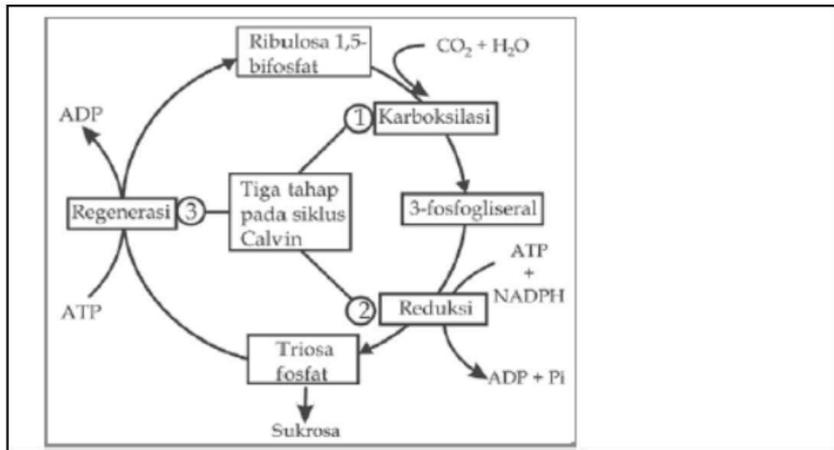
Tahap Fotosintesis

Reaksi Terang

- Terjadi di tilakoid dalam kloroplas.
- Terjadi proses fotolisis air, sehingga reaksi terang menghasilkan O_2 .
- Reaksi membutuhkan cahaya untuk menghasilkan energi berupa ATP (melalui proses fosforilasi pada ADP) dan NADPH (hasil reduksi dari NADP^+)

Reaksi Gelap (Siklus Calvin)

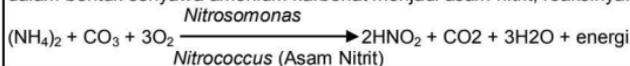
- Terjadi di stroma dalam kloroplas.
- Reaksi diawali dengan pengikatan (fiksasi) CO_2 ke dalam senyawa organik pada kloroplas kemudian CO_2 direduksi menjadi karbohidrat. Proses reduksi dilakukan oleh NADPH yang memperoleh elektron hasil energi reaksi terang.



D. Kemosintesis

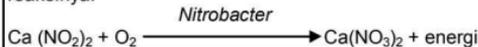
Bakteri Nitrit

Bakteri *Nitrosomonas* dan *Nitrococcus* memperoleh energi dengan cara mengoksidasi NH_3 dalam bentuk senyawa amonium karbonat menjadi asam nitrit, reaksinya:



Bakteri Nitrat

Misalnya bakteri *Nitrobacter* memperoleh energi dengan cara mengoksidasi nitrit menjadi nitrat, reaksinya:



Bakteri Besi

Misalnya *lipotrik* memperoleh energi dengan cara mengoksidasi ferro menjadi ferri, reaksinya:



Pewarisan Sifat

A. Kromosom

Gen merupakan sepinggal DNA yang berfungsi mengontrol pembentukan/sintesis protein untuk perkembangan dan metabolisme, sekaligus sebagai alat pewarisan sifat ke keturunan selanjutnya. Gen tersebut ditentukan oleh urutan basa nitrogen yang terdapat pada DNA. DNA tersebut terurai di dalam **kromosom**.

Kromosom pertama kali dikemukakan oleh **W. Waldenger** dan diartikan sebagai *chroma* yang berarti warna dan *soma* yang berarti badan. Dari asal katanya tersebut kromosom dapat diartikan sebagai badan-badan halus yang berbentuk batang panjang atau pendek, lurus atau bengkok yang mudah menyerap zat warna.

Kromosom Homolog

adalah pasangan kromosom (salah satu diturunkan dari ibu dan satunya dari ayah) dengan panjang, posisi sentromer, dan memiliki pola pewarnaan sama (saat dipreparasi) yang memiliki gen untuk karakter yang sama pada lokus yang berkaitan.

Susunan Kromosom

Kromosom pada organisme eukariotik tersusun dari bagian-bagian berikut:

DNA. Menyusun kromosom sekitar 35% dari keseluruhan kromosom.

RNA. Menyusun kromosom sekitar 5% dari keseluruhan kromosom.

Protein. Terdiri atas histon yang bersifat basa dan nonhiston yang bersifat asam. Kedua macam protein ini berfungsi untuk menggulung benang kromosom sehingga menjadi pudar dan berperan sebagai enzim pengganda DNA dan pengkopi DNA.

Lokus

Tempat gen berada pada kromosom. Gen-gen yang menempati lokus yang sama pada kromosom homolog dan memiliki tugas yang serupa/hampir serupa disebut alel (merupakan bentuk alternatif suatu gen). Apabila pada lokus yang sama terdapat lebih dari satu alel, maka disebut alel ganda.

Struktur Kromosom

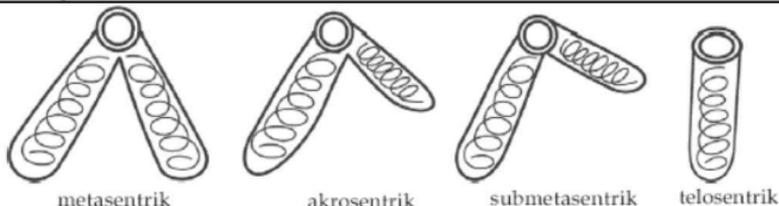
Sentromer

Bagian kepala kromosom berbentuk bulat yang merupakan pusat kromosom dan membagi kromosom menjadi dua lengan. Bagian ini merupakan daerah penyempitan pertama pada kromosom yang khusus dan tetap. Daerah ini disebut juga *kinetokor* atau tempat melekatnya benang-benang gelendong (*spindle fiber*). Elemen-elemen ini berfungsi untuk menggerakkan kromosom selama mitosis atau sebagian dari mitosis. Pembelahan sentromer ini akan memulai gerakan kromatid pada masa anafase.

Lengan

Bagian lengan ini merupakan bagian badan utama kromosom yang mengandung kromosom dan gen. Umumnya jumlah lengan pada kromosom dua, tetapi ada juga beberapa yang hanya berjumlah satu. Lengan dibungkus oleh selaput tipis dan di dalamnya terdapat matriks yang berisi cairan bening yang mengisi seluruh bagian lengan. Cairan ini mengandung benang-benang halus berpilin yang disebut *kromonema*.

Pembagian Kromosom



Tipe Kromosom

Autosom (Kromosom Tubuh)

Autosom adalah kromosom tubuh dan tidak menentukan jenis kelamin. Autosom ini mempunyai bentuk pasangan antara jantan dan betina, dan memiliki jumlah $n - 1$ atau $2n - 2$ dengan sifatnya diploid. Autosom biasanya disimbolkan dengan A.

Gonosom (Kromosom Seks)

Gonosom adalah kromosom seks yang dapat menentukan jenis kelamin. Gonosom ini mempunyai bentuk pasangan tidak sama antara jantan dan betina, berjumlah satu pasang dan bersifat haploid.

B. Struktur Kimia DNA dan RNA

DNA (Deoxyribo Nucleic Acid)

- Tersusun dari deoksiribosa (gula pentosa), gugus fosfat, dan basa nitrogen. Basa nitrogen DNA terdiri dari
 - **Purin:** Guanin (G) dan Adenin (A)
 - **Pyrimidin:** Timin (T) dan Sitosin (S)
- Berbentuk jalinan pita ganda yang panjang (double helix)
- Fungsi DNA berkaitan dengan sintesis dan protein dan pewarisan sifat.
- Terurai di dalam kromosom pada nukleus dan di dalam mitokondria

RNA (Ribo Nucleic Acid)

- Tersusun dari ribosa (gula ribosa), dan basa nitrogen. Basa nitrogen RNA terdiri:
 - **Purin:** Guanin (G) dan Adenin (A)
 - **Pyrimidin:** Urasil (U) dan sitosin (S)
- RNA tidak memiliki basa timin pada pirimidnya tetapi digantikan oleh Urasi (U)
- Terdapat di nukleus dan sitoplasma.

mRNA (messenger RNA)

Jenis RNA yang disintesis dari DNA, nantinya akan menentukan struktur primer dari suatu yang akan disintesis (membawa kode-kode dari DNA).

tRNA (transfer RNA)

Berfungsi untuk membawa asam amino-asam amino sesuai kode yang ditentukan DNA (spesifik) dan mengenali kodon yang tepat pada mRNA saat proses sintesis protein.

rRNA (ribosomal RNA)

Jenis RNA yang paling melimpah. Bersama-sama dengan protein RNA ini akan membentuk struktur ribosom sebagai tempat terjadinya sintesis protein (tempat koordinasi pengkodean berurutan molekul rRNA dengan seri kodon rRNA).

Proses Sintesis Protein yang Melibatkan DNA dan RNA.

Transkripsi

Proses ini merupakan sintesis mRNA dengan menggunakan DNA sebagai cetakan.

Translasi

Setelah mRNA terbentuk, mRNA keluar dari nukleus menuju ribosom untuk memulai tahap translasi. Translasi merupakan proses sintesis polipeptida dengan menggunakan informasi genetik yang dikode pada suatu molekul mRNA. Saat proses tersebut, tRNA akan membawa asam amino-asam amino yang sesuai dengan kode genetik pada mRNA, untuk kemudian dirangkai menjadi suatu polipeptida.

Post translation

Polipeptida yang telah disintesis kemudian mengalami beberapa tahapan tertentu (folding, penambahan gugus tertentu, pemutusan ikatan untuk aktivasi) sehingga terbentuk protein.

C. Reproduksi Sel

Pembelahan Mitosis

Profase

Nukleolus menghilang, kromosom memadat, terbentuk benang-benang kromatin.

Metafase

Kromosom terletak sejajar dengan bidang ekuator, tampak benang spindel yang terpancang dari sentriol ke sentriol.

Anafase

Tampak kromatid tertarik menuju ke sentriol.

Telofase

Nukleolus muncul kembali dan terjadi sitokinesis (pembelahan sitoplasma). Sehingga terbentuk 2 sel anak dengan jumlah kromosom sama dengan induk (2n).

Pembelahan Meiosis

Pembelahan meiosis adalah pembelahan sel yang menghasilkan sel anak dengan jumlah kromosom setengah dari jumlah kromosom sel induk.

Meiosis I (Pemisahan Kromosom Homolog)

a. Profase I

Leptoten: kromosom mulai memadat.

Zigoten: kromosom homolog yang masing-masing tersusun dari dua kromatid saudara muncul secara bersamaan (membentuk bivalen).

Pakiten: bivalen mengalami pemadakan.

Diploten: kromosom homolog merenggang, kemudian kromatid terpisah membentuk tetrad (sebuah kompleks empat kromatid).

Diakinesis: sentromer dari kromosom homolog merenggang, kromatid mengalami pemendakan.

b. Metafase I: kromosom berjajar di bagian ekuator, masih dalam pasangan homolog.

c. Anafase I: kromosom bergerak ke arah kutub sel. Akan tetapi kromatid saudara tetap terikat pada sentromernya. Kromosom homolog tertarik bergerak ke arah berlawanan (hal ini berkebalikan dengan perilaku kromosom selama mitosis).

d. Telofase I: Pada fase ini terjadi pembelahan sitoplasma (sitokinesis), terbentuk 2 sel anak yang masing-masing haploid (n) setengah dari induk.

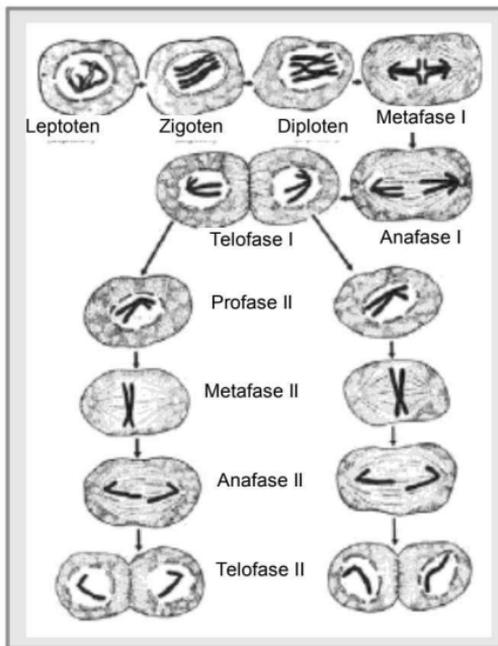
Meiosis II (Pemisahan kromatid saudara)

a. Profase II: proses meiosis II menyerupai mitosis.

b. Metafase II: kromosom berada di bidang ekuatorial.

c. Anafase II: sentromer kromatid saudara akhirnya memisah, dan kromatid saudara dari masing-masing pasangan, kini merupakan kromosom individual, bergerak ke arah kutub sel berlawanan.

d. Telofase II: terjadi sitokinesis. Pada akhir sitokinesis menghasilkan 4 sel anak, masing-masing dengan jumlah kromosom haploid (n) (dari kromosom yang tidak direplikasi).



Gametogenesis

Spermatogenesis

Spermatogonium ($2n$) → spermatosit primer ($2n$) → terjadi meiosis I menjadi spermatosit sekunder, menghasilkan dua sel anakan (n) → mengalami meiosis II menjadi spermatid, total 4 sel anak (n) → menjadi sel sperma (n).

Oogenesis

Oogonium ($2n$) → oosit primer → menghasilkan meiosis I menjadi satu sel oosit sekunder dan satu pola pertama (n) → oosit sekunder mengalami meiosis II menjadi satu sel ovum (n) dan satu sel badan polar kedua (n).

D. Prinsip-Prinsip Hereditas

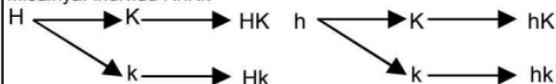
Hukum Mendel I

Pada saat pembentukan gamet, pasangan alel akan memisahkan secara bebas (hukum segregasi). Misalnya: Individu Aa gametnya A dan a.

Hukum Mendel II

Pada saat pembentukan sel gamet (pembelahan meiosis), gen-gen sealel akan memisah dan mengelompok dengan gen lain yang bukanalelnya secara bebas.

Misalnya: Individu HhKk



Penyimpangan Hukum Mendel
Penyimpangan Semu
<p>a. Interaksi Gen Saling pengaruh antara dua pasang gen atau lebih yang mempengaruhi individu. Contoh: ayam berpial rose (RRpp) dikawinkan dengan ayam berpial pea (rrPP). Menghasilkan keturunan ayam berpial walnut (RrPp). Keturunan F₂ nya memiliki perbandingan fenotif: 9 (R_P_) : 3(R_pp) : 3 (rrP_) : 1 (rrpp)</p> <p>b. Epistasis-Hipostasis Gen dominan maupun gen resesif yang menutupi dominan atau gen resesif lain yang bukan alelnya. Contoh: Jagung berbiji hitam (HHkk) dikawinkan dengan jagung berbiji kuning (hhKK): Menghasilkan keturunan F₁ jagung berbiji hitam (HhKk) karena hitam (H) epistasis terhadap gen kuning (K). Keturunan F₂ memiliki perbandingan fenotif 12 Hitam: 3 Kuning: 1 Putih.</p> <p>c. Kriptomeri Gen dominan yang tidak menunjukkan pengaruhnya apabila berdiri sendiri tanpa pengaruh gen dominan yang lain (kriptomeri= tersembunyi). Contoh: Bunga merah (MMpp) dikawinkan dengan bunga putih (mmPP): <ul style="list-style-type: none"> • Menghasilkan keturunan F₁ bunga ungu (MmPp), • Keturunan F₂ memiliki perbandingan fenotif 9 ungu : 3 merah : 4 putih. </p> <p>d. Sifat Intermediet Pengaruh gen dominan maupun resesif sama kuat sehingga menghasilkan sifat keduanya (jika heterzigot). Contoh: Bunga merah (MM) dikawinkan dengan bunga putih (mm) menghasilkan keturunan bunga merah muda (Mm).</p> <p>e. Polmeri Perkawinan heterozigotik dengan banyak sifat beda yang masing-masing berdiri sendiri, akan tetapi mempengaruhi bagian yang sama pada individu. Contoh: Gandum biji merah (M₁M₁M₁) dengan gandum biji putih (m₁m₁m₁) : <ul style="list-style-type: none"> • Menghasilkan keturunan F₁ gandum biji merah (M₁m₁M₂m₂), • Keturunan F₂ memiliki perbandingan fenotif 15 merah : 1 putih. </p>
<p>f. Gen Komplementer Gen-gen saling berinteraksi dan saling melengkapi, apabila salah satu gen tidak muncul maka kemunculan salah satu karakter akan terhambat. Contoh: Bunga putih (CCpp) dikawinkan dengan bunga putih (ccPP): <ul style="list-style-type: none"> • Menghasilkan F₂ dengan warna ungu (CcPp), • Keturunan F₂ memiliki perbandingan fenotif 9 ungu : 7 putih. </p>
Penyimpangan Sejati
Pautan
<ul style="list-style-type: none"> • Merupakan dua gen yang terletak pada kromosom yang sama (dalam satu kromosom homolog) dan letaknya saling berdekatan atau tidak. Kondisi letak gen saling berdekatan atau tidak diadakan tes cross hibrid. • Pautan antara dua macam gen atau lebih akan menghasilkan keturunan dengan perbandingan genotif dan fenotif yang lebih sedikit dibandingkan gen-gen yang tidak berpautan (karena gamet-gamet yang dihasilkan jumlahnya sedikit).
Pautan silang (Crossing Over)
<ul style="list-style-type: none"> • Merupakan pertukaran timbal balik bahan-bahan genetik antara kromatid-kromatid bukan saudara pada kromosom homolog selama sinapsis meiosis I. • Pindah silang menghasilkan keturunan: kombinasi Parental (KP) dan rekombinasi (RK)
Pautan Seks
Merupakan gen-gen yang berokus/terletak pada kromosom seks. Contoh: gen penentu sifat buta warna pada manusia terpaut pad kromosom X.

Alel Ganda

Determinasi Seks

Penentu jenis kelamin ditentukan terutama oleh komposisi kromosom seks. Berikut beberapa sistem pengelompokan jenis kelamin

- **Sistem XY** (pada manusia; wanita: 44A+XX, Pria: 44+XY).
- **Sistem XO** (pada belalang; betina: 22A+XX, jantan: 22A+XO).
- **Sistem ZW** (pada unggas; betina: 78A+ZW dan jantan: 78A+ZZ)
- **Sistem haplo-diploid** (pada lebah)

Letak Gen pada Kromosom

Gen Bebas

Merupakan gen-gen tidak terletak dalam satu kromosom. Gen-gen tersebut mengikuti hukum Mendel yaitu pemisahan secara bebas (segregasi) dan pengelompokan secara bebas (asortasi). Misalnya individu AaBb saat gametogenesis menghasilkan gamet: AB, Ab, aB, ab dengan peluang yang sama yaitu 1:1:1:1.

Gen Terangkai (Terpaut)

Merupakan gen-gen yang terletak dalam satu kromosom dan cenderung memisah bersama-sama (sesuai kaidah W.S. Sutton). Gen yang terletak semakin dekat, ikatannya semakin erat.

E. Hereditas Manusia

Jenis Kelamin

Manusia memiliki 23 pasang kromosom (46 kromosom). Jenis kelamin manusia dikendalikan oleh sepasang kromosom seks yaitu kromosom **X** dan **Y** untuk laki-laki serta **X** dan **X** untuk perempuan. Saat pembelahan meiosis, sel gamet yang dihasilkan perempuan hanya satu macam yaitu X, sedangkan pada laki-laki akan dihasilkan dua macam sel gamet yaitu X dan Y.

Cacat dan Penyakit Menurun

Hemofilia

Merupakan keadaan darah seseorang sukar membeku saat mengalami luka. Hal tersebut disebabkan adanya gen resesif h yang terpaut pada kromosom seks X (sex X linkage resesive). Apabila dalam keadaan homozigot bersifat letal. sehingga:

- Pada laki-laki kemungkinannya normal (XY) dan Hemofilia (X^hY),
- Pada perempuan kemungkinannya normal (XX), normal carier (H^hX) dan hemofilia (X^hX^h) secara teroritis → Kenyataannya letal.

Albino

Merupakan keadaan seseorang mengalami proses pigmentasi yang tidak normal (tidak memiliki sel-sel pembawa pigmen tubuh). Gen resesif tidak terpaut seks (autosomal resesive) dan muncul dalam keadaan homozigot resesif. Misalnya: perkawinan individu jantan Aa dengan betina Aa menghasilkan keturunan **AA:2Aa:aa**. Sifat genotif **aa** inilah yang dapat menghasilkan keturunan albino.

Buta Warna

Keadaan seseorang tidak dapat membedakan warna. Hal ini disebabkan oleh gen resesif yang terpaut seks pada kromosom X. Gen ini terpaut pada kromosom X, sehingga:

- Pada laki-laki terdapat kemungkinan normal (XY) dan buta warna ($X^{cb}X$),
- Pada perempuan terdapat kemungkinan normal (XX), normal carier ($X^{cb}X$) dan buta warna ($X^{cb}X^{cb}$).

Golongan Darah Manusia

Sistem	Jenis	Gen	Genotif
ABO	A, B, AB, O	I^A, I^B, I^O	$I^A I^A, I^A I^O, I^B I^B, I^B I^O, I^A I^B, I^O I^O$
RH	RH^+, RH^-	Rh, rh	RhRh, Rhrh, rhrh
MN	M, MN, N	I^M, I^N	$I^M I^M, I^M I^N, I^N I^N$

Pengetahuan mengenai golongan darah sangat penting dalam membantu transfusi darah (sistem ABO), membantu menentukan genotif tindak, mengetahui kemungkinan terjadi eritoblastosis pada bayi (sistem rH), juga penting untuk menentukan orang tua bayi (sistem MN). Eritoblastis adalah gugurnya janin dari kandungan ibunya karena perbedaan resus ibu dan janin yang dikandungnya.

F. Mutasi

Mutasi Titik/point mutation/ mutasi gen

Mutasi Tidak Bermakna

Perubahan pada triplet basa nitrogen, akna tetapi perubahan tersebut tidak mempengaruhi protein yang dibentuk

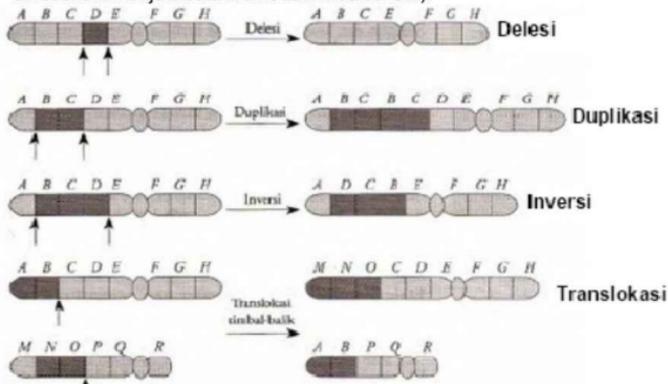
Mutasi Ganda

Terjadi pengurangan atau penambahan 3 basa nitrogen.

Mutasi Kromosom (Mutasi Besar)

Kerusakan kromosom

- **Delesi**: pengurangan salah satu gen dari sebuah kromosom bisa di awal (delesi terminal) atau tengah (delesi intersitial)
- **Duplikasi** : suatu kromosom menerima tambahan gen kromosom homolognya.
- **Inversi** : kromosom mengalami patah akibat sebelumnya kromosom membentuk lingkaran dan ujung kromosom yang melekat pada bagian tengah kromosom tidak dapat lepas.
- **Katenasi** : bagian ujung dua kromosom homolog mengalami pertemuan dan gen-gen yang satu alel pada ujung-ujung kromosom tersebut menjadi berurutan.
- **Fisi** : terputusnya kromosom homolog pada bagian sentromer, bagian ujung kromosom melekat dengan ujung lain dan bagian pangkal menyatu dengan bagian pangkal yang lain.
- **Tranlokasi** : terdapat tiga jenis translokasi, yaitu **homozigot atau respirok** (tukar menukar segmen kromosom non-homolog); **heterzigot atau non-respirok** (satu segmen kromosom bergabung dengan kromosom lain nonhomolog); dan **roberston** atau fusi (dua kromosom akrosentrik menjadi satu kromosom metasentrik).



Euploid

Peristiwa kromosom kehilangan atau mengalami penambahan perangkatnya. Misal dari $2n \rightarrow n$ atau $2n \rightarrow 4n$.

Aneuploid

Kromosom mengalami perubahan pada salah satu atau lebih dari satu genom.

Proses Mutasi

1. Mutasi alami, yaitu mutasi yang terjadi tanpa campur tangan manusia.
2. Mutasi Buatan, yaitu mutasi yang kejadiannya disengaja oleh manusia, misalkan menggunakan bahan kimia atau sinar X.

Penyebab Mutasi

1. Bahan kimia: DDT (pestisida), pengawet makanan benzopyrene pada asap rokok.
2. Bahan fisika : Sinar UV, radioaktif.
3. Bahan biologi : virus dan bakteri.

G. Frekuensi Gen

Hukum Hardy-Weinberg

Mengemukakan tentang keseimbangan frekuensi genotif AA, Aa, dan aa dan perbandingan gen A dan a dari generasi ke generasi selalu sama selama dalam keadaan berikut.

1. Genotip AA, Aa, dan aa memiliki variabilitas dan fertilitas yang sama.
2. Perkawinan secara acak.
3. Tidak terjadi seleksi alam serta jumlah anggota populasi besar.
4. Kemungkinan mutasi dari gen-gen A dan a harus sama.
5. tidak terjadi migrasi.
6. Frekuensi gen dalam populasi pada keadaan seimbang

Secara matematis hukum Hardy-Weinberg dinyatakan sebagai berikut.

Diketahui $p + q = 1$ frekuensi gen; $q =$ alel, maka

$$\begin{aligned}(p + q) &= 1 \\(p + q)(p + q) &= 1 \\p^2 + 2pq + q^2 &= 1\end{aligned}$$

Contoh:

Frekuensi penderita albino (aa) pada suatu wilayah 1 : 10.000 (persentase 0,01%). Berapakah persentase orang memiliki genotif Aa?

Penyelesaian:

Diketahui penderita albino (aa) = 0,01%

$$aa = q^2 = \frac{1}{10.000} = 0,0001 \quad q = 0,$$

$$p + q = 1 \Rightarrow p = 1 - q = 1 - 0,01 = 0,99$$

$$\text{Orang bergenotif Aa (berfungsi } 2pq) = 2 \times 0,99 \times 0,01 = 0,0198$$

$$\text{Persentasenya: } 0,0198 \times 100\% = 1,98\%$$

Evolusi dan Asal-Usul Kehidupan

A. Teori Evolusi

Evolusi adalah perubahan yang terjadi pada makhluk hidup dalam kurun waktu yang relatif lama. Berikut para ahli evolusi yang mengemukakan teori mengenai evolusi.

J.B. Lamarck (1744-1829). Perubahan yang terjadi akibat pengaruh lingkungan.

Charles Darwin (1809-1882). Perubahan terjadi akibat adanya seleksi alam.

B. Teori Abiogenesis

Teori ini mengatakan bahwa makhluk hidup berasal dari benda mati.

Aristoteles

Ikan-ikan di sungai tersebut yang berasal dari lumpur

Nedham

Hasil rebusan kaldu kemudian dimasukkan ke dalam botol dan ditutup dengan gabus. Setelah beberapa hari, ternyata air kaldu tersebut ditumbuhi bakteri.

Antonie van Leeuwenhoek

Mengamati air rendaman jerami dengan menggunakan mikroskop temuannya. Ternyata terlihat bahwa di dalam setetes air rendaman jerami tersebut terdapat benda-benda aneh yang sangat renik.

C. Teori Biogenesis

Teori biogenesis adalah suatu teori yang mengemukakan bahwa asal kehidupan suatu makhluk hidup berasal dari makhluk hidup pula. Semboyan teori Biogenesis adalah "*omne vivum ex ovo*" (makhluk hidup berasal dari telur) "*omne vivum ex vivo*" (makhluk hidup berasal dari makhluk hidup yang telah ada).

Francisco Redi

Mikroba yang berupa belatung yang terdapat pada daging berasal dari telur-telur lalat yang ditinggalkan pada saat lalat tersebut mengerumuni daging yang membusuk.

Spallanzani

Kegagalan percobaan Nedham karena Nedham tidak merebus tabung cukup lama sampai semua organisme terbunuh dan Nedham juga tidak menutup leher tabung dengan rapat sehingga masih ada organisme yang masuk dan tumbuh.

Louis Pasteur

Percobaan labu berleher angsa yang agak tertutup namun masih dapat berhubungan dengan udara. Hasilnya tidak ada mikroorganisme. Kesimpulan bahwa makhluk hidup berasal dari makhluk hidup pula.

D. Teori Biologi Modern

Harold Urey

Atmosfer bumi pada suatu saat kaya akan molekul-molekul seperti CH_4 (metana), NH_3 (ammonia), H_2 (hidrogen) dan H_2O dalam bentuk gas. Adanya energi yang berasal dari aliran listrik hallintar dan radiasi sinar kosmis, akan mengakibatkan molekul-molekul tersebut mengadakan reaksi kimia untuk membentuk zat-zat hidup. Zat hidup yang mula-mula ada kira-kira seperti virus sekarang. Zat hidup ini setelah berjuta-juta tahun berkembang menjadi berbagai jenis organisme.

Stanley Miller

la membuat suatu percobaan untuk membuktikan teori Urey. Ia melakukan percobaan dengan mengisi tabung-tabung dengan CH_4 , NH_3 , H_2 , dan H_2O . Campuran gas-gas tersebut dialirkan melalui labu dilengkapi elektroda yang dapat melepaskan bunga api listrik yang bertegangan tinggi selama satu minggu. Setelah percobaan tersebut, dilihat ternyata ditemukan beberapa jenis asam amino. Asam amino adalah zat yang menyusun protoplasma makhluk hidup. Pada temuannya ini asam amino tersebut belum menunjukkan gejala hidup.

A.I. Oparin

Oparin juga memiliki gagasan yang sama seperti Urey, tetapi Oparin tidak dapat membuktikan bahwa reaksi gas CH_4 , NH_3 , H_2 dan H_2O membentuk asam amino. Ia berpendapat bahwa asam amino terbentuk secara alami. Menurut Oparin, lautan bumi pada awalnya memiliki persediaan cukup bahan-bahan organik. Dalam waktu yang lama maka bahan-bahan organik tersebut akan berikatan satu dengan lainnya membentuk selaput-selaput, kemudian molekul organik berselaput ini akan mengikat molekul lainnya dan menyatukan diri sehingga terbentuk gabungan molekul baru yang karakteristik. Ikatan kompleks inilah yang diperkirakan merupakan awal dari kehidupan.

E. Petunjuk Adanya Evolusi

Variasi antara Individu-individu dalam satu spesies

Variasi somatis (terjadi pada sel-sel somatis seperti ukuran tubuh dan fungsi fisiologis, bersifat tidak diturunkan). **Variasi germinal** (variasi pada sel kelamin)

Fosil

Fosil merupakan sisa-sisa tubuh makhluk hidup yang telah membantu.

Homologi

Homologi yaitu alat-alat tubuh yang memiliki bentuk asal yang sama, kemudian mengalami perubahan struktur sehingga fungsinya menjadi berbeda. Misalnya: kerangka tungkai pada mamalia dibangun dari unsur kerangka yang sama, akan tetapi pada kenyataannya memiliki fungsi yang berbeda (tungkai depan manusia → berjalan; tungkai depan kalelawar → sayap terbang).

Embriologi Perbandingan

Organisme yang memiliki hubungan kekerabatan yang dekat akan mengalami tahapan yang sama dalam perkembangan embrionya. Pada hewan vertebrata, beberapa spesies menunjukkan persamaan pada fase-fase embrio tertentu. Setelah itu terjadi diferensiasi membentuk organ-organ tubuh sesuai dengan jenisnya.

Bioteknologi

Bioteknologi merupakan suatu bentuk teknologi yang memanfaatkan makhluk hidup yang telah direkayasa untuk menghasilkan barang dan jasa untuk memenuhi kesejahteraan manusia. Perkembangan bioteknologi berkembang seiring berkembangnya biologi sel, biokimia, biologi molekuler, dan genetika mikroba.

A. Pemanfaatan Mikroorganisme

Agan pengubah substrat bahan pangan menjadi produk makanan tertentu seperti yogurt, keju, tape, oncom, roti.

Penghasil antibiotik: (bakteri *Streptomyces griseus* penghasil streptomisin, jamur *penicillium notatum* penghasil penisilin).

Agan tanaman perkebunan: bakteri *Bacillus thuringiensis* tersebut menghasilkan edotokin untuk melawan kumbang perusak tanaman kelapa.

Agan mengatasi pencemaran perairan terhadap adanya logam yang berbahaya dalam tubuh (contoh: *bacillus ferrooxidans*).

B. Rekayasa Genetika

Merupakan teknik pencakokan bahan genetik dari suatu individu ke individu lain dengan harapan agar dihasilkan susunan bahan genetik baru yang dapat memberikan perubahan bagi makhluk hidup yang memilikinya.

Misalnya: pencangkakan gen tumbuhan yang dapat mengikat nitrogen, pemanfaatan plasmid (penyimpan materi genetik ekstra nukleoid pada bakteri) bakteri *E. Coli* untuk disisipi gen penghasil insulin, sehingga dapat menghasilkan insulin secara efektif dan efisien secara in vitro (diluar tubuh).

Enzim Restriksi (Gunting Biologi)

Berfungsi untuk memotong DNA berdasarkan bagian yang dipotong (dalam atau luar), enzim ini dibedakan menjadi dua jenis yaitu: endonuklease restriksi dan eksonuklease restriksi.

Enzim Ligase (Lem Biologi)

Untuk menghubungkan kembali potongan DNA yang telah dipotong dan disisipi gen baru.

Plasmid

Merupakan penyimpanan materi genetik (DNA) berbentuk melingkar, terletak di luar nukleoid digunakan sebagai vektor untuk transfer gen pada bioteknologi.

Teknik Hibridoma

Merupakan teknik pengambilan dan penggabungan (fusi) dua sel dari jaringan yang berbeda baik dari organisme yang sam maupun tidak, sehingga nantinya dihasilkan sel hibrid. Teknik ini dimanfaatkan untuk membuat antibodi monoklonal guna mendeteksi penyakit (antibodi yang dihasilkan oleh suatu sel-sel sehingga sangat spesifik terhadap determinan antigen yang khas).

Dampak Negatif Rekayasa Genetika

1. Berpotensi menyebabkan pergeseran gen pada organisme hasil rekayasa genetika (transgenik). Hal ini dapat berdampak buruk bagi organisme transgenik tersebut.
2. Organisme transgenik berpotensi mudah terserang penyakit.
3. Berpotensi menimbulkan penyakit bagi organisme lain.
4. Berpotensi mengalami perubahan genotif terhadap komunitas ekologis.

C. Teknik Kultur Jaringan dan Kloning

Teknik Kultur Tumbuhan

- Merupakan teknik penggandaan tanaman secara invitro (dalam tabung) menggunakan bagian tanaman.
- Bagian tanaman (seperti pucuk daun) yang akan dikulturkan dalam botol kultur disebut eksplan.

Kloning

Kloning memiliki konsep dasar membentuk individu dengan komposisi genetik yang sama. Berikut skema umum proses kloning.

Sel telur organisme → dihilangkan inti selnya (dirusak dengan radiasi UV) untuk dijadikan sebagai sel resipien → kemudian inti sel pada sel resipien digantikan dengan inti sel somatik organisme tersebut → kemudian dirangsang dengan kejutan listrik (agar inti sel tersebut menyatu dengan sel resipien) → setelah itu sel ditanamkan di rahim organisme tersebut → mengalami perkembangan menjadi klon.