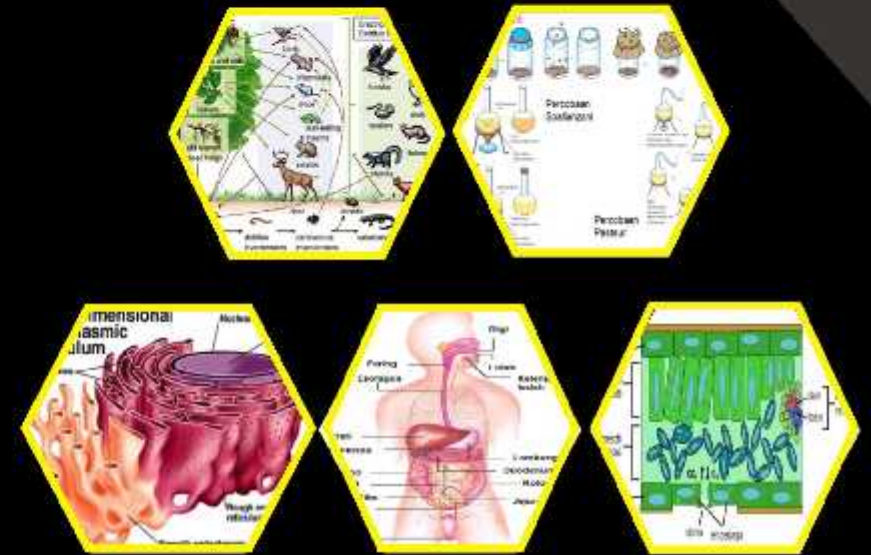


Rahmatia Thahir
Anisa
Nurul Magfirah
BIOLOGI DASAR

Biologi dasar adalah salah satu cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang semua aspek kehidupan makhluk hidup namun masih cakupan sederhana. Sebelum mempelajari Struktur Perkembangan Hewan, Struktur Perkembangan tumbuhan, Biologi Sel, Genetika, Mikrobiologi, serta mata kuliah lanjutan lainnya yang lebih kompleks. Alangkah baiknya jika mempelajari Biologi Dasar terlebih dahulu sebagai dasar pengetahuan tentang Biologi. Pokok bahasan dalam buku ini mengenai Struktur dan Fungsi sel, Struktur dan Fungsi Tubuh Tumbuhan dan Hewan, Pembelahan Sel, Metabolisme, Pewarisan Sifat, Evolusi, Bioteknologi dan Rekayasa Genetika, serta Interaksi Makhluk Hidup.

BIOLOGI DASAR

BIOLOGI DASAR



Rahmatia Thahir
Anisa
Nurul Magfirah

2017

UPT Badan Penerbit UNM
Alamat: Gedung Hotel Lamacca Lt. 1 Kampus Gunung Sari Baru
Jl. A. P. Pettarani Makassar 90222 Telepon/Fax: (0411) 855 199
Email: badanpenerbitunm@gmail.com



 Badan Penerbit UNM

Editor: Dr. Adnan. M.S.

BIOLOGI DASAR

**Rahmatia Thahir
Anisa
Nurul Magfirah**

Editor: Dr. Adnan, M.S.



Badan Penerbit UNM

Biologi Dasar

Hak Cipta @ 2017 oleh Rahmatiah Thahir, dkk
Hak cipta dilindungi undang-undang
Cetakan Pertama, 2017

Diterbitkan oleh Badan Penerbit Universitas Negeri Makassar
Hotel La Macca Lt. 1 Kampus UNM Gunungsari Baru
Jl. A. P. Petta Rani Makassar 90222
Tlp./Fax. (0411) 855 199

ANGGOTA IKAPI No. 011/SSL/2010
ANGGOTA APPTI No. 010/APPTI/TA/2011

Dilarang memperbanyak buku ini dalam bentuk apa pun
tanpa izin tertulis dari penerbit

Biologi Dasar / Rahmatiah Thahir, dkk - cet.1

Editor: Dr. Adnan, M.S.

Makassar: Badan Penerbit Universitas Negeri Makassar
Makassar 2017
172 hlm; 21 cm

ISBN : 978-602-6883-73-5

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami ucapkan atas segala rahmat dan hidayah yang diberikan oleh Allah Swt. Alhamdulillah buku Biologi Dasar ini kami dapat diselesaikan dengan baik. Dalam proses penyusunan buku ini didukung oleh beberapa rujukan atau referensi dari buku atau sumber yang terpercaya.

Biologi Dasar merupakan mata kuliah wajib yang diajarkan di beberapa perguruan tinggi dengan bobot 3 SKS. Mata kuliah Biologi Dasar diwajibkan dipelajari khususnya Program studi Pendidikan Biologi karena menjadi acuan dasar dalam mempelajari mata kuliah yang lebih tinggi lagi pemahamannya, misalnya Biologi Sel, Struktur Hewan, Anatomi Tumbuhan, dsb.

Terima kasih kami kepada semua pihak yang telah membantu tim penulis dalam penyelesaian buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat dan menjadi salah satu sumber bahan ajar perkuliahan bagi mahasiswa dan dosen. Kami sadari buku ini jauh dari kesempurnaan maka kritik dan saran dari para pembaca, kami sangat harapkan demi kelengkapan buku ini kedepannya.

TIM PENULIS

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	iii
Daftar isi	iv
BAB I. PENDAHULUAN	1
BAB II. STRUKTUR DAN FUNGSI SEL	18
BAB III. STRUKTUR DAN FUNGSI TUBUH TUMBUHAN	43
BAB IV. STRUKTUR DAN FUNGSI TUBUH HEWAN	59
BAB V. PEMBELAHAN SEL	80
BAB VI. METABOLISME	94
BAB VII. PEWARISAN SIFAT	124
BAB VIII. EVOLUSI	133
BAB IX. BIOTEKNOLOGI DAN REKAYASA GENETIKA	142
BAB X. INTERAKSI MAKHLUK HIDUP	151
DAFTAR PUSTAKA	163
GLOSARIUM	165
INDEKS	169

BAB I

PENDAHULUAN

Perkembangan rasa ingin tahu (*curiosity*) manusia secara sederhana dimulai dengan pertanyaan apa (*What*) tentang sesuatu, kemudian dilanjutkan dengan bagaimana (*How*) dan mengapa (*Why*). Ketertarikan inilah yang membedakan manusia sebagai **Homo sapiens** dengan makhluk hidup lainnya. Ketertarikan terhadap sesuatu menyebabkan manusia melakukan pengamatan. Pengamatan yang berulang akan diperoleh pengalaman, dan akhirnya diperoleh pengetahuan. Kumpulan berbagai pengetahuan yang diperoleh secara sistematis inilah yang disebut **Ilmu Pengetahuan**. Ilmu pengetahuan ini mengalami perkembangan dari masa ke masa hingga ditemukan berbagai pengetahuan yang baru untuk menyempurnakan pengetahuan yang telah ditemukan sebelumnya.

Biologi merupakan salah satu ilmu pengetahuan yang muncul karena adanya rasa ketertarikan manusia terhadap gejala-gejala alam atau fenomena yang terjadi di alam semesta. Ketika kita ingin tahu bagaimana madu dihasilkan oleh lebah dan mengapa jantung berdetak cepat pada saat olahraga.

Pertanyaan-pertanyaan tersebut dapat diperoleh jawabannya dalam biologi.

Biologi mempengaruhi kehidupan kita sehari-hari, mulai dari hubungan kita dengan lingkungan, makanan yang kita konsumsi, hingga penyakit yang dapat menyerang kita. Pemahaman biologi dapat membantu kita untuk memahami diri sendiri dan sekitar, meningkatkan kualitas hidup, serta meningkatkan pengaruh positif terhadap lingkungan.

Ayat-ayat Al Qur'an yang berkaitan dengan Asal mula penciptaan kehidupan di alam semesta sebagai berikut.

“Dan apakah orang-orang kafir tidak mengetahui bahwasanya langit dan bumi itu keduanya dahulu adalah suatu yang padu, kemudian Kami pisahkan antara keduanya. dan dari air Kami jadikan segala sesuatu itu hidup. maka mengapakah mereka tidak juga beriman” (Surah Anbiya ayat 30).

“Sesungguhnya Kami telah menciptakan manusia dari setetes mani yang bercampur yang Kami hendak mengujinya (dngan perintah dan larangan), karena itu Kami jadikan dia mendengar dan melihat” (Al-insan ayat 2).

A. Biologi Sebagai Ilmu

Biologi adalah pengetahuan ilmiah dari kecenderungan manusia yang merasa mempunyai hubungan dan tertarik pada

semua bentuk kehidupan. Biologi diperuntukkan bagi orang-orang dengan pemikiran yang selalu berpetualang. Biologi membawa kita, maupun orang lain untuk memasuki kawasan hutan, gurun, lautan, dan lingkungan fisik berpadu membentuk jaringan-jaringan yang kompleks.

Ilmu pengetahuan atau sains merupakan kumpulan konsep, prinsip, hukum, dan teori tentang alam sekitar yang dibentuk melalui suatu proses atau metode ilmiah dan sikap ilmiah tertentu. Dengan menggunakan metode dan sikap ilmiah tersebut, para ilmuwan menemukan produk-produk ilmiah.

Pengetahuan manusia diperoleh dengan berbagai cara antara lain; pengalaman sendiri atau orang lain, prasangka, mitos, intuisi, hasil *trial and error*. Pengetahuan dengan cara tersebut termasuk golongan pengetahuan non-ilmiah.

Pengetahuan dikatakan ilmiah bila memenuhi enam syarat (meliputi ciri dan sifat), yaitu:

1. Logis
2. Objektif
3. Metodik
4. Sistematis
5. Universal (Berlaku umum)
6. Kumulatif/ relatif

Salah satu ilmu pengetahuan seperti tersebut diatas ialah bahwa materi pengetahuan itu harus diperoleh melalui metode ilmiah. Ini berarti bahwa cara memperoleh pengetahuan itu menentukan apakah pengetahuan itu termasuk ilmiah atau tidak. Metode ilmiah harus menjamin akan menghasilkan pengetahuan yang ilmiah, yaitu bercirikan objektivitas, konsisten dan sistematis.

Mengapa dalam membuat karya ilmiah harus menggunakan langkah operasional yang ilmiah pula.



MARI BERDISKUSI

Untuk menjawab pertanyaan disamping diskusikanlah dengan teman-temanmu. kemudian tuliskan jawabanmu pada LKM I.

Langkah-langkah operasional pengetahuan ilmiah sebagai berikut.

1. Perumusan masalah
2. Mengumpulkan data

3. Dugaan sementara (hipotesis)
4. Melakukan eksperimen
5. Mengumpulkan hasil
6. Menjawab permasalahan
7. Membuat kesimpulan
8. Menyusun teori dan publikasi

Pada proses pelaksanaan langkah-langkah operasional pengetahuan ilmiah harus didukung oleh sikap ilmiah, sehingga menghasilkan sesuatu yang benar-benar akurat. Adapun sikap ilmiah seorang peneliti sebagai berikut.

1. Obyektif
2. Jujur
3. Percaya diri
4. Terbuka
5. Toleran
6. Skeptis
7. Optimis
8. Kreatif dan inovatif
9. Mengakui kebenaran Allah SWT

B. Definisi dan Ruang Lingkup Biologi

Biologi disebut juga ilmu hayati adalah bagian dari ilmu sains yang membahas tentang segala sesuatu yang berhubungan

dengan MakhluK hidup dengan lingkungannya serta interaksi yang terjadi di dalamnya.

Biologi merupakan ilmu tentang kehidupan. Istilah biologi diambil dari bahasa Yunani, yaitu *bios* yang berarti kehidupan, dan *logos* yang berarti ilmu. Biologi menurut istilah berarti ilmu yang mempelajari tentang segala sesuatu yang berhubungan dengan makhluk hidup dengan lingkungannya dan interaksi yang terjadi di dalamnya atau ilmu yang mengkaji aspek biotik (makhluk hidup) dan aspek abiotik (lingkungan tempat makhluk hidup berada).

Objek biologi mencakup makhluk hidup dan kehidupan. Berdasarkan tingkat organisasi kehidupan, objek biologi adalah kehidupana pada berbagai tingkat struktur. Tingkat struktur kehidupan yang terendah sampai tertinggi adalah molekul, sel, jaringan, organ, sistem organ, individu, populasi, komunitas, ekosistem dan bioma.

Biologi sebagai sains (IPA) telah ada sejak lama dan terus berkembang. Perkembangan ini terlihat dari banyaknya objek yang diamati dengan berbagai eksperimen yang dilakukan, baik pada tumbuhan, hewan dan manusia. Hal ini menyebabkan timbulnya cabang-cabang ilmu biologi yang memerlukan

pengetahuan dan pemahaman yang lebih spesifik. Cabang-cabang ilmu biologi sebagai berikut.

- Virulogi adalah ilmu yang mempelajari tentang virus
- Bakteriologi adalah ilmu yang mempelajari tentang bakteri
- Mikologi adalah ilmu yang mempelajari tentang jamur
- Fitopatologi adalah ilmu yang mempelajari tentang penyakit pada tumbuhan.
- Zoologi adalah ilmu yang mempelajari tentang segala sesuatu yang berhubungan dengan dunia hewan
- Botani adalah ilmu yang mempelajari tentang segala sesuatu yang berhubungan dengan duni tumbuhan
- Morfologi adalah ilmu yang mempelajari tentang penampakan luar dari hewan atau tumbuhan
- Anatomi adalah ilmu yang mempelajari tentang bagian dalam tubuh hewan atau tumbuhan
- Fisiologi adalah ilmu yang mempelajari tentang fungsi-fungsi tubuh makhluk hidup
- Emtomologi adalah ilmu yang mempelajari tentang serangga
- Ornitologi adalah ilmu yang mempelajari tentang burung
- Mikrobiologi adalah ilmu yang mempelajari tentang dunia mikroba
- Nematologi adalah ilmu yang mempelajari tentang cacing

- Neurologi adalah ilmu yang mempelajari tentang saraf
- Endokrinologi adalah ilmu yang mempelajari tentang hormon
- Sitologi adalah ilmu yang mempelajari tentang sel
- Histologi adalah ilmu yang mempelajari tentang jaringan
- Organologi adalah ilmu yang mempelajari tentang organ
- Ekologi adalah ilmu yang mempelajari tentang hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya.
- Genetika adalah ilmu yang mempelajari tentang pewarisan sifat keturunan

C. Asal Mula Kehidupan

1. Evolusi Kimia

Sebagian besar ahli biologi sependapat dengan hipotesis yang menyatakan bahwa kehidupan di bumi berasal dari bahan-bahan tidak hidup, kemudian menjadi susunan kumpulan molekuler yang akhirnya mampu membelah, dan memperbanyak kelahiran biologis tidak dapat dihindarkan lagi.

Berdasarkan salah satu skenario hipotesis, organisme pertama merupakan produk suatu evolusi kimiawi yang terdiri dari empat tahapan yaitu: (a) Sintesis abiotik dan akumulasi molekul organik kecil, atau monomer, seperti asam amino dan nukleotida. (b) Penyatuan monomer-monemor menjadi polimer,

termasuk protein dan asam nukleat. (c) Agregasi molekul yang diproduksi secara abiotik menjadi *droplet* yang disebut protobion, yang memiliki karakter kimiawi berbeda dengan lingkungan sekitarnya. (d) Asal mula hereditas.

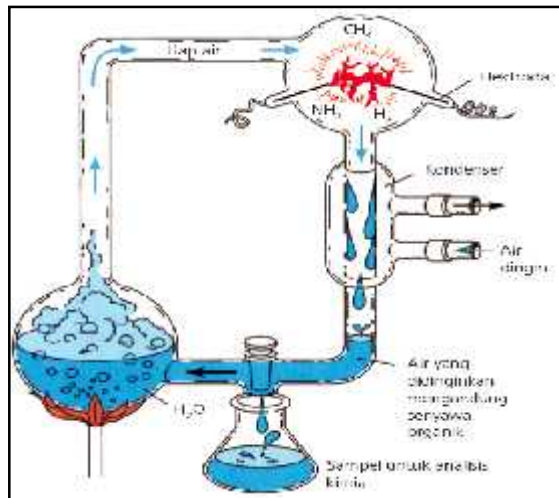
Harold urey menyatakan bahwa asal usul kehidupan diawali dengan adanya senyawa organik diatmosfer berupa gas-gas seperti metana (CH_4), hidrogen (H_2), uap air (H_2O) dan amonia (NH_3). Bereaksi dengan bantuan energi alam (halilintar) dan sinar kosmis sehingga terbentuk asam amino yang merupakan bahan dasar pembangun kehidupan. Pendapat tersebut didukung oleh Stanley Miller melalui percobaan untuk menguji hipotesis evolusi kimia. Bahan gas hidrogen, metan dan amonia dimasukkan kedalam alat percobaan kemudian diberikan percikan api dari arus listrik. Hasil reaksi ditemukan campuran 15 macam asam amino, asam lemak dan molekul organik.

2. Evolusi Biologi

Pada tahun 1920-an, A.I. Oparin dari Rusia dan J.B.S. Haldane dari Britania Raya secara terpisah membuat pustulat bahwa kondisi bumi primitif mendukung terjadinya reaksi kimia untuk mensintesis senyawa organik yang berasal prekursor anorganik yang terdapat pada atmosfer dan lautan purbakala.

Alexander L Oparin mengemukakan bahwa atmosfer purba banyak mengandung gas-gas metana, hidrogen dan uap air seperti yang dikemukakan oleh Urey. Namun sumber energi yang memungkinkan terjadinya pembentukan senyawa organik berasal dari angkasa luar seperti sinar ultraviolet. Tingkatan struktur di dalam organisasi molekul sel yaitu:

- ❖ Evolusi kimia; gas-gas anorganik yaitu H₂O, H₂, H₃, dan CH₄ menjadi unit pem bangun basa-basa nitrogen seperti purin, pirimidin, ATP, glukosa, dan asam amino menjadi makromolekul protein, DNA, RNA, polisakarida sebagai penyusun dasar sel.
- ❖ Evolusi biologi; supra molekul yaitu membran sel, ribosom, kromatin, mikrotubulin menjadi sel prokariotik yaitu individu yang belum memiliki membran inti yang nantinya akan menjadi sel eukariotik (individu yang telah memiliki membran inti).



Gambar 1.1 Model perangkat percobaan Miller dan Urey untuk sintesis molekul organik secara abiotik.

(Sumber:<https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F1.bp.blogspot.com>)

3. Teori Asal Usul Kehidupan Lainnya

- a. Teori kreasi khas, teori ini menyatakan bahan kehidupan diciptakan oleh zat supranatural (ghoib) pada saat yang istimewa.
- b. Teori keadaan mantap, teori ini menyatakan bahwa kehidupan diciptakan oleh zat supranatural (ghoib) pada saat yang istimewa, menyatakan bahwa kehidupan tidak berasal usul
- c. Teori kosmozoa, menyatakan bahwa kehidupan tidak berasal usul

- d. Teori evolusi biokimia, menyatakan bahwa kehidupan muncul berdasarkan hukum fisika-kimia.
- e. Teori abiogenesis; tokohnya Aristoteles (384-322 SM). Ahli filsafat dan ilmu pengetahuan Yunani kuno, menyatakan bahwa makhluk hidup berasal dari benda tak hidup. Contohnya; ikan berasal dari telur ikan yang menetas, namun pada mulanya ikan berasal dari lumpur yang terjadi secara spontan (*Generatio spontanea*).
- f. Teori biogenesis; membantahkan teori abiogenesis melalui eksperimen-eksperimen oleh tokoh penganut paham biogenesis yaitu:
 - Francesco Redi (1626-1697). Percobaannya; tiga tabung yang diisi dengan sekerat daging.
 - Tabung IA, diisi sepotong daging, lalu ditutup dengan penutup kedap udara
 - Tabung IIA, diisi sepotong daging dan ditutup dengan kain kasa
 - Tabung IIIA, diisi sepotong daging dan dibiarkan terbukaHasil percobaan beberapa hari kemudian
 - Tabung IB, tidak terdapat seekor pun belatung pada toples

- Tabung IIB, ditemukan beberapa ekor belatung
 - Tabung IIIB, daging pada toples membusuk dan di dalamnya banyak terdapat belatung.
- Lazzaro Spallanzani (1729-1799). Prinsip percobaannya sama dengan percobaan Redi, tetapi bahannya ialah air kaldu (air rebusan daging).
- Labu I, diisi 70 cc air kaldu, kemudian dipanaskan 15 °C dan dibiarkan terbuka
 - Labu II, diisi 70 cc air kaldu, kemudian dipanaskan dan ditutup rapat dengan sumbat gabus yang diberi lilin
 - Kedua labu itu ditempatkan ditempat terbuka dan didinginkan
- Hasil percobaan setelah beberapa hari kemudian adalah
- Labu I, terjadi banyak perubahan, air menjadi keruh dan berbau tidak enak serta banyak mengandung mikroba.
 - Labu II, tidak ada perubahan sama sekali, tetap jernih dan tanpa mikroba. Tetapi bila dibiarkan terbuka lebih lama ternyata juga banyak mengandung mikroorganisme.
- Louis Pasteur (1822-1895). Menyempurnakan percobaan Spallanzani dengan menggunakan labu leher angsa diisi 70 cc air kaldu.

- Labu I, air kaldu dipanaskan, labu dimiringkan sampai air kaldu di dalamnya mencapai ujung pipa berbentuk leher angsa.

Hasil percobaan setelah beberapa hari kemudian adalah

- Labu I, setelah didiamkan selama beberapa hari, air kaldu tetap jernih dan tanpa mikroorganisme
- Labu I, setelah dibiarkan selama beberapa hari dan dimiringkan, air kaldu menjadi keruh dan banyak mengandung mikroorganisme.

Dengan demikian hasil percobaan L. Pasteur telah menumbangkan teori abiogenesis sehingga muncullah teori biogenesis yang menyatakan bahwa: *omne vivum ex ovo, omne ovum ex vivo*, yang berarti bahwa setiap makhluk hidup berasal dari telur dan setiap telur berasal dari makhluk hidup.

D. Ciri Makhluk Hidup

1. Makhluk hidup mempunyai susunan kimia yang kompleks.

Di dalam tubuh makhluk hidup terdapat susunan kimia yang sangat rumit. Makhluk hidup tersusun oleh satuan terkecil yang dikenal sebagai sel. Sel tersusun atas molekul-molekul serta atom. Kemudian sel yang sama bentuk dan fungsinya membentuk jaringan, selanjutnya

membentuk organ dan sistem organ hingga menjadi suatu individu. Berbeda dengan makhluk tak hidup seperti batuan, tidak tersusun oleh satuan-satuan dan partikel yang rumit seperti pada makhluk hidup.

2. Makhluk hidup memerlukan energi.

Semua aktivitas kimia dari suatu makhluk hidup memerlukan energi. Pada dasarnya kehidupan ini merupakan suatu rangkaian aktivitas kimia. Oleh karena itu setiap makhluk hidup memerlukan energi.

3. Makhluk hidup melakukan pertumbuhan dan perkembangan

Hal ini dapat terlihat adanya perubahan ukuran seperti tinggi, berat dan jumlah dari suatu makhluk hidup. Pertumbuhan dapat terukur secara langsung namun perkembangan bersifat fisiologi.

4. Makhluk hidup mempunyai kemampuan memperbanyak diri (reproduksi)

5. Makhluk hidup melakukan aktivitas-aktivitas fisiologi lainnya, seperti bernafas, transpor zat, bergerak, respon terhadap rangsangan dari luar, regulasi, ekskresi dan sebagainya.

Jelaskan langkah-langkah metode ilmiah dalam penelitian Lazzaro Spallanzani sebagai salah seorang

MARI BERDISKUSI

Untuk menjawab pertanyaan disamping diskusikanlah dengan teman anda, kemudian tuliskan jawaban kalian pada LKM I



Gambar 1.2 percobaan ilmuwan Biogenesis
 (Sumber: https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fimages.slideplayer.info%2F11%2F3626780%2Fslides%2Fslide_3.jpg&imgrefurl)

Soal Latihan

1. Jelaskan 6 syarat pengetahuan bisa dikatakan ilmiah!
2. Mengapa biologi perlu untuk dipelajari?
3. Jelaskan ruang lingkup biologi!
4. Jelaskan perbedaan evolusi kimia dan evolusi biologi!
5. Jelaskan dengan singkat rangkaian percobaan Spallanzani dan L. Pasteur!

BAB II

STRUKTUR DAN FUNGSI SEL

A. Konsep sel

Sel pertama kali dilihat pada tahun 1665, ketika seorang ilmuwan Inggris bernama **Robert Hooke** mengamati penampang melintang sayatan tipis gabus di bawah mikroskop. Oleh karena yang dilihat Hooke adalah rongga kosong segi enam yang mirip kamar, maka ia menamakannya sel (*cellula* = kamar). Kemudian, dua ahli biologi dari Jerman, **Mathias J. Schleiden** dan **Theodor Schwann** pada tahun 1838 membuktikan bahwa sel hidup bukanlah kamar kosong, melainkan berisi cairan sitoplasma untuk segala aktivitas dasar makhluk hidup. kedua ahli tersebut kemudian membangun **teori sel mengenai kehidupan**. Teori sel tersebut menyatakan bahwa semua makhluk hidup tersusun dari sel.

Sel merupakan unit struktural dan fungsional terkecil pada makhluk hidup. Sel sebagai unit struktural terkecil bermakna bahwa sel merupakan penyusun yang mendasar bagi tubuh makhluk hidup. Tubuh makhluk hidup uniseluler tersusun dari satu sel, sedangkan makhluk hidup multiseluler tersusun dari banyak sel.

Pada makhluk hidup multiseluler sel-sel yang serupa akan berkumpul bersama, menjalankan satu fungsi yang sama, dan membentuk jaringan. Jaringan-jaringan yang berbeda menyusun suatu organ sehingga mempunyai fungsi tertentu. Kemudian organ-organ yang berbeda bekerja bersama-sama sebagai suatu organ.

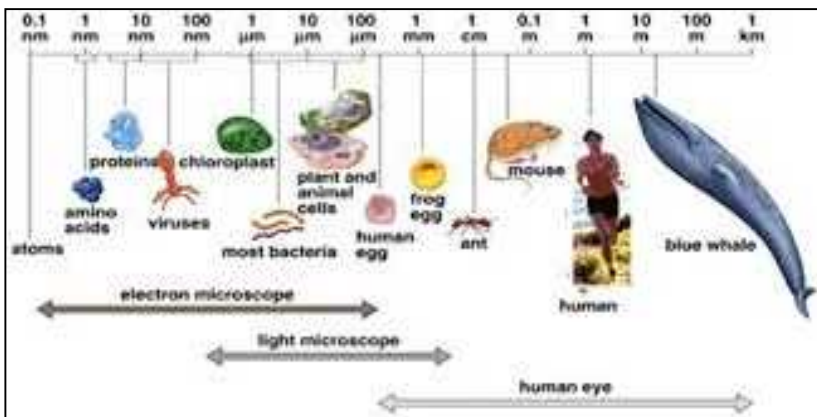
Ayat Al Qur'an yang berkaitan tentang struktur dan fungsi komponen-komponen sel yang dilakukan secara bersama-sama, yaitu pada surah Yasiin ayat 36 sebagai berikut.

“Maha suci Tuhan yang telah menciptakan pasangan-pasangan semuanya, baik apa yang ditumbuhkan oleh bumi dan dari diri mereka maupun dari apa yang tidak mereka ketahui” (Yasiin : 36).

Bentuk dan ukuran sel bervariasi. Sel-sel prokariot mempunyai bentuk sederhana, misalnya bakteri berbentuk bulat, batang, atau spiral. Sel-sel eukariot bentuknya sangat bervariasi, misalnya sel tumbuhan ada yang bentuk peluru, kubus, prisma, dan serabut. Bentuk sel biasanya, bahkan selalu sesuai dengan fungsinya, misalnya sel epidermis bentuknya pipih dan tersusun rapat berfungsi untuk melindungi sel/jaringan yang ada di sebelah dalam, sel saraf memiliki juluran sitoplasma yang panjang berupa dendrit dan akson yang berfungsi untuk

menghantar impuls pada jarak yang jauh. Pelajari bentuk sel yang lain dalam kaitannya dengan kesesuaian dengan fungsinya.

Ukuran sel bervariasi, pada umumnya sangat kecil biasanya hanya beberapa mikron, dan hanya dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop. Sel Amoeba berukuran rata-rata $\approx 300 \mu\text{m}$ ($1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$). Pengecualian pada sel telur, sel-serabut (beberapa ratus mm), dan sel-sel getah (beberapa meter), umumnya berukuran relatif lebih besar/panjang dan dapat dilihat dengan mata tanpa menggunakan mikroskop. Sel-sel prokariot umumnya berukuran 1- 10 μm , sedangkan sel eukariot umumnya berukuran 10 sampai 100 μm .



Gambar 2.1 ukuran sel dan organisme

(Sumber: [https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F2.bp.blogspot.com%2F-O8fd2IVntw8%2FT9f2dnwhNfl%](https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F2.bp.blogspot.com%2F-O8fd2IVntw8%2FT9f2dnwhNfl%2F))

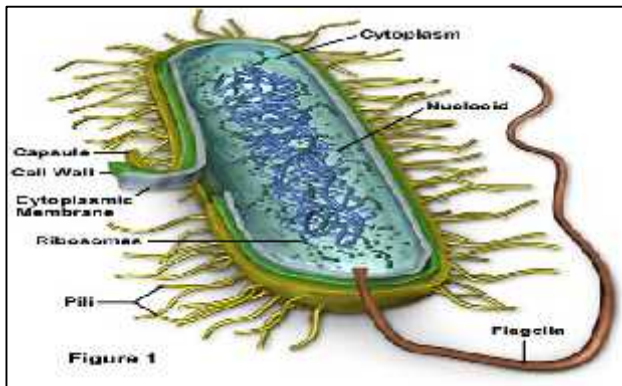
B. Organisasi Sel

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap struktur berbagai sel baik dari organisme uniseluler maupun organisme multiseluler, maka sel dibedakan atas dua golongan; yaitu sel Prokariot dan sel Eukariot. Pengelompokan sel dapat pula dilakukan berdasarkan kriteria-kriteria tertentu, seperti cara mendapatkan energi dari lingkungan sekitarnya, aktivitas biokimianya, kedudukannya dan lain-lain.

Sebuah sel harus memiliki beberapa kriteria yaitu memiliki membran plasma, mengandung materi genetik yang penting untuk mengkode berbagai jenis RNA, termasuk untuk sintesis protein, mengandung “mesin biosintesis” tempat dimana sintesis berlangsung.

Perbedaan utama antara sel prokariotik dan eukariotik ditandai dengan namanya. Kata prokariotik (*prokaryote*) berasal dari bahasa Yunani *Pro*, yang artinya “sebelum” dan *karyon*, yang artinya “kernel”, yang bisa juga disebut nukleus. Sel prokariotik tidak memiliki nukleus. Materi genetiknya (DNA) terkonsentrasi pada suatu daerah yang disebut nukleid, tetapi tidak ada membran yang memisahkan daerah ini dengan bagian sel lainnya. Contohnya sel bakteri dan Cyanobakteria. Sebaliknya, sel eukariotik (Yunani, *eu*, yang berarti

“sebenarnya”, dan *karyon*) memiliki nukleus sesungguhnya yang dibungkus oleh selubung nukleus. Seluruh daerah di antara nukleus dan membran yang membatasi sel disebut sitoplasma. Sitoplasma ini terdiri atas medium semi cair yang disebut sitosol, yang didalamnya terdapat organel yang mempunyai bentuk dan fungsi terspesialisasi, sebagian besar organel tersebut tidak ada dalam sel prokariotik. Sel eukariotik mempunyai sejumlah organel yang masing-masing memiliki fungsi spesifik. Contoh sel eukariotik yaitu sel ragi (khamir), sel protozoa, sel hewan dan sel tumbuhan.



Gambar 2.2 sel prokariotik

(Sumber: <https://www.google.co.id/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fsarykurnia44.files.wordpress.com%2F2012%2F10%2Fpicture1.jpg>)

Mengapa organisme Eukariotik misalnya bakteri mampu hidup di suhu ekstrim?



MARI BERDISKUSI

Untuk menjawab pertanyaan disamping diskusikanlah dengan teman anda, kemudian tuliskan jawabanmu pada LKM II.

Untuk lebih jelasnya berikut ini dirangkum beberapa ciri sel prokariotik dan sel eukariotik yang menunjukkan perbedaannya.

Tabel 1.1 Perbedaan Sel Prokariotik dan Eukariotik

Sel Prokariotik	Sel Eukariotik
Tidak memiliki selubung inti	Memiliki selubung inti
DNA telanjang	DNA terikat protein
Kromosom tunggal	Kromosom ganda
Tidak ada nucleolus	Terdapat nucleolus
Pembelahan secara amitosis	Pembelahan secara mitosis/meiosis
Ribosom 70S (50S + 30S)	Ribosom 80S (60S + 40S)
Tidak memiliki organel bermembran	Memiliki organel bermembran
Tidak memiliki mitokondria	Memiliki mitokondria
Metabolisme anaerob atau aerob	Metabolisme aerob
Tanpa sitoskelet, tidak ada gerakan sitoplasma	Memiliki sitoskelet, terjadi aliran sitoplasma

C. Struktur Sel

Peran fungsional tumbuhan adalah pembuat makanan, sedangkan hewan adalah sebagai pemakan tumbuhan atau hewan lainnya. Oleh karena itu sel tumbuhan berbeda dengan sel hewan dalam beberapa hal, meskipun struktur dasarnya memiliki pola umum yang sama. Perbedaan sel tumbuhan dan sel hewan dapat dilihat pada tabel berikut :

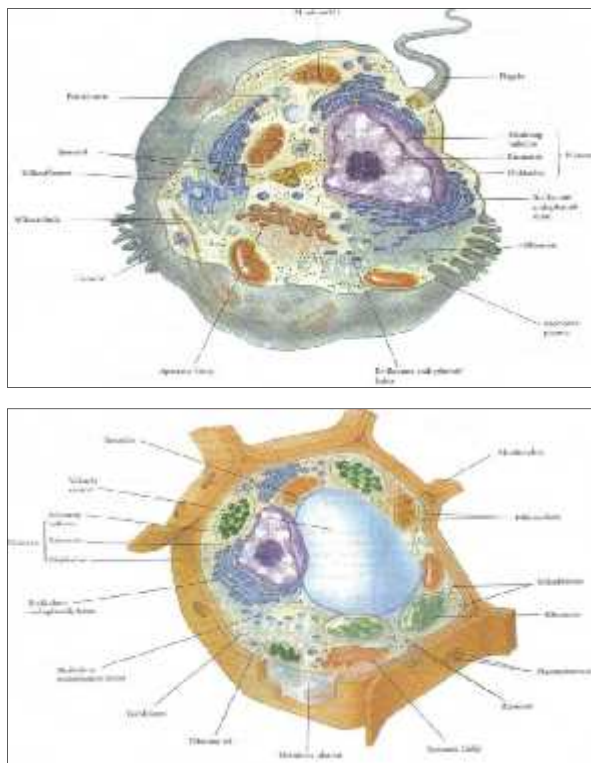
Tabel 2.1 Perbedaan struktur sel tumbuhan dan sel hewan

Sel Tumbuhan	Sel Hewan
Mempunyai dinding sel	Tidak mempunyai dinding sel
Mempunyai vakuola sentral yang besar	Tidak mempunyai vakuola sentral
Mempunyai plastida (kloroplas, kromoplas, dan leukoplas	Tidak mempunyai plastida
Tidak mempunyai sentriol	Mempunyai sentriol
Tidak mempunyai lisosom	Mempunyai lisosom
Tidak mempunyai silia	Mempunyai silia

1. Dinding Sel

Dinding sel merupakan salah satu ciri sel tumbuhan yang membedakannya dari sel hewan. Dinding ini melindungi sel tumbuhan, mempertahankan bentuknya, dan mencegah penghisapan air secara berlebihan. Lapisan dinding sel pada tumbuhan terbagi atas; **lamela tengah**, merupakan perekat yang

mengikat sel-sel secara bersama-sama untuk membentuk jaringan. **Dinding primer**, merupakan dinding yang pertama kali terbentuk selama dalam fase perkembangan. **Dinding sekunder**, merupakan lapisan yang terbentuk di sebelah dalam dari dinding primer setelah sel selesai mengadakan pertumbuhan.



Gambar 2.3 Gambaran umum dari sel (a) Hewan, (b) Tumbuhan
(Sumber: Campbell, Reece, & Mitchell, 2004)

Komponen utama dinding sel tumbuhan adalah polisakarida yang terdiri atas tiga tipe utama yaitu : **Selulosa**, merupakan rantai glukosa yang panjang dan tidak bercabang akan menyatu membentuk mikrofibril dan menyusun kerangka dinding sel. **Hemiselulosa**, merupakan molekul heteropolimer yang bercabang-cabang. **Pektin**, suatu famili dari poliskarida dan memiliki struktur yang sangat bervariasi.

2. Membran Plasma

Susunan membran plasma yang lengkap dijelaskan menurut suatu model mosaik cair. Membran plasma memiliki struktur seperti lembaran tipis. Membran plasma tersusun dari molekul-molekul lipid (lemak), protein, dan sedikit karbohidrat, yang membentuk suatu lapisan dengan sifat dinamis dan asimetris. Bersifat dinamis karena mempunyai struktur seperti fluida (zat cair), sehingga molekul lipid dan protein dapat bergerak. Bersifat asimetrik karena komposisi protein dan lipid sisi luar tidak sama dengan sisi dalam membran sel. Molekul-molekul tersebut menyusun matriks lapisan fosfolipid rangkap (lipid bilayer) yang disisipi oleh protein membran, yaitu protein yang terbenam (integral) dan yang menempel (perifel) di lapisan fosfolipid. Satu unit fosfolipid terdiri dari bagian kepala (fosfat) dan ekor (asam lemak).

Sisi kepala merupakan sisi hidrofilik (suka air) yang menghadap ke luar membran sel. Sisi ekor merupakan sisi hidrofobik (tidak suka air) yang bersembunyi di bagian dalam membran sel. Pada bagian membran plasma yang menghadap ke luar sel, terdapat karbohidrat yang melekat pada protein membran atau fosfolipid.

Fungsi biologi membran plasma bergantung pada molekul-molekul penyusunnya, yaitu lipid, protein, dan karbohidrat.

Protein membran sel merupakan protein globuler yang terdapat pada dua lapis fosfolipid, berfungsi memberikan kekuatan struktural pada membran, bekerja sebagai enzim (biokatalisator) misalnya protein integral pada membran dalam mitokondria dan kloroplas yang berperan dalam transpor elektron untuk pembentukan ATP (Adenosin Triposfat). Protein membran juga dapat bekerja sebagai protein pembawa (carrier) untuk transpor materi melewati membran. Dapat bekerja sebagai protein saluran yang terbentuk dari gabungan beberapa molekul protein membran, sehingga dapat dilewati berbagai materi melintasi membran. Protein memisahkan antar lipid membran sehingga menyisakan pori pada membran.

Lipid membran plasma hampir seluruhnya berupa posfolipid, berfungsi menstabilkan kesatuan fisik membran plasma sehingga merupakan penghalang yang efektif terhadap materi hidrofilik (misal air dan ion). Dua lapis posfolipid yang menyusun membran plasma merupakan tempat melekatnya protein dan akan membantu proses fusi vesikel maupun endositosis.

Karbohidrat pada membran plasma melekat pada bagian kepala posfolipid atau pada protein yang berada pada sisi membran plasma yang menghadap ke luar sel. Karbohidrat yang berikatan dengan lipid membran disebut glikolipid. Glikolipid berfungsi sebagai sinyal pengenalan untuk interaksi antar sel. Misalnya glikolipid sel yang bersifat kanker akan berubah strukturnya dan dikenali oleh sel darah putih, sehingga dapat dihancurkan. Karbohidrat yang berikatan dengan protein disebut glikoprotein. Glikoprotein pada membran plasma dapat mengikat protein dari membran sel-sel tetangga maupun sel lain sehingga terjadi ikatan antar sel.

Membran plasma pada beberapa sel-sel jaringan biasanya mengalami modifikasi tertentu membentuk tonjolan yang disebut mikrovili, misalnya pada sel-sel epitel usus halus yang berfungsi untuk meningkatkan luas permukaan sel,

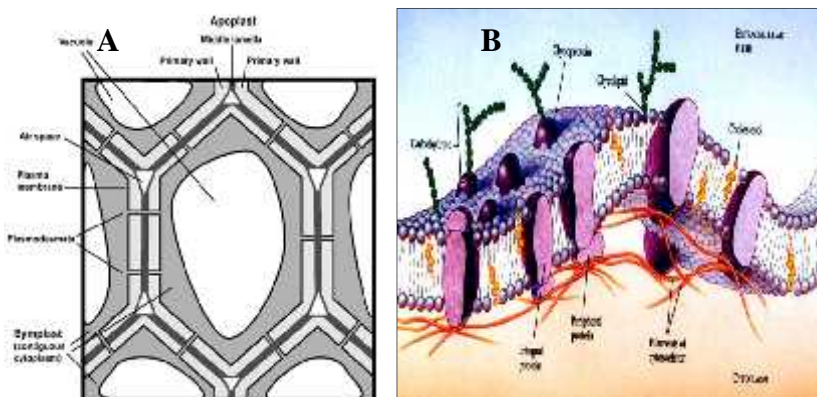
sehingga dapat meningkatkan pelaluan materi melintasi membran plasma. Membran plasma antara satu sel dengan sel lainnya dapat saling berhubungan melalui struktur khusus yang disebut Junction, misalnya tight junction, gap junction, dan desmosom.

Substansi atau materi yang melalui membran sel dapat ditranspor secara aktif atau pasif. Transpor pasif adalah transpor ion, molekul, dan senyawa yang tidak memerlukan energi untuk melewati membran sel. Transpor pasif meliputi osmosis dan difusi. Difusi terbantu/dipermudah dibedakan atas difusi dipermudah dengan saluran protein dan difusi dipermudah dengan protein pembawa.

Transpor aktif adalah transpor materi yang memerlukan energi untuk membawa molekul dari satu sisi membran ke sisi lainnya. Transpor aktif juga membutuhkan protein membran yang berperan sebagai pembawa untuk melewati membran. Transpor aktif terjadi dengan cara membawa molekul melawan gradien konsentrasi. Transpor aktif melibatkan tiga jenis protein pembawa, yaitu unipor, simpor, dan antipor.

Transpor makromolekul seperti polisakarida dan asam nukleat terlalu besar untuk dapat melewati membran plasma, sehingga diperlukan mekanisme lain untuk itu. Transpor

makromolekul ke dalam sel melalui proses endositosis, yaitu dengan cara membran plasma melingkupi makromolekul dari luar sel sehingga terbentuk tunas pada permukaan dalam membran, kemudian dilepaskan sebagai vesikel ke dalam sel. Transpor makromolekul ke luar sel melalui proses eksositosis, yaitu dengan cara membran vesikel berfusi dengan membran plasma, kemudian makromolekul didalamnya dibebaskan keluar sel.



Gambar 2.4 gambaran umum struktur dari ; (a) dinding sel, (b) membran plasma (Sumber: Adnan. 2008)

3. Organela

Sitoplasma adalah matriks yang berada di dalam membran plasma dan di luar nukleus. Sitoplasma tersusun dari sitosol yang bersifat koloid dan mengandung nutrisi, ion,

enzim, garam, molekul organik dan air, dan organel bermembran dan tidak bermembran.

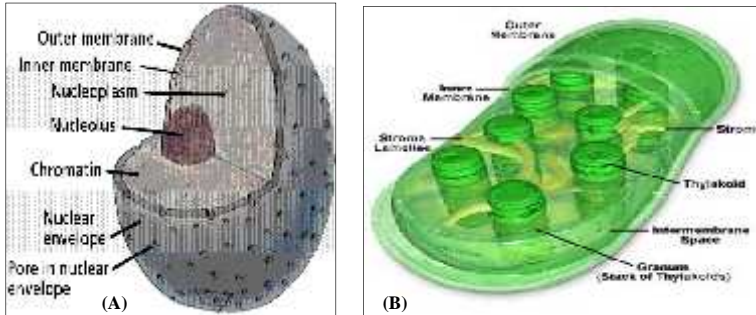
Fungsi sitoplasma adalah tempat berlangsungnya metabolisme sitosolik (glikolisis dan sintesis protein oleh ribosom), tempat penyimpanan bahan kimia kimia yang berguna bagi metabolisme sel (enzim, protein, dan lemak), sarana bagi organel tertentu untuk bergerak dalam sel dengan adanya aliran sitoplasma.

a. Nukleus

Nukleus mengandung sebagian besar gen yang mengontrol sel eukariotik (sebagian gen terletak di dalam mitokondria dan kloroplas). Nukleus ini umumnya merupakan organel yang paling mencolok dala sel eukariotik, rata-rata diameter 5 μm . Selubung nukleus yang memisahkan isinya dari sitoplasma. Nukleoplasma mengandung kromosom dan nukleolus (anak inti). Nukleolus merupakan bagian yang kaya dengan RNA ribosomal.

Nukleus mengontrol sintesis protein dalam sitoplasma dengan cara mengirim mesenjer molekuler yang berbentuk DNA. Fungsi inti sel adalah mengendalikan proses berlangsungnya metabolisme di dalam sel, menyimpan informasi genetik (gen) dalam bentuk DNA, mengatur kapan

dan di mana ekspresi gen harus dimulai, dijalankan, dan diakhiri, dan tempat terjadinya replikasi dan transkripsi.



Gambar 2.5 struktur dari; (a) Nukleus, (b) Kloroplas
(Sumber: [https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F2.bp.blogspot.com%2F-b4go2BBGdY8%2FTnsurP6AqLI%](https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F2.bp.blogspot.com%2F-b4go2BBGdY8%2FTnsurP6AqLI%2F))

b. Kloroplas

Kloroplas merupakan komponen khusus dari organel sel tumbuhan, yang terkait dengan plastida. Amiloplas ialah plastida yang tidak berwarna yang menyimpan pati (amilosa), khususnya pada akar dan umbi. Kloroplas mengandung banyak pigmen yang membuat buah dan bunga mempunyai warna jingga dan kuning. Kloroplas mengandung klorofil pigmen hijau bersama-sama dengan enzim dan molekul lain yang berfungsi dalam produksi makanan dengan cara fotosintesis. Organel berbentuk lensa ini, berukuran kira-kira $2 \mu\text{m} \times 5 \mu\text{m}$. Ditemukan dalam daun dan organ tumbuhan hijau lainnya dan dalam algae eukariotik.

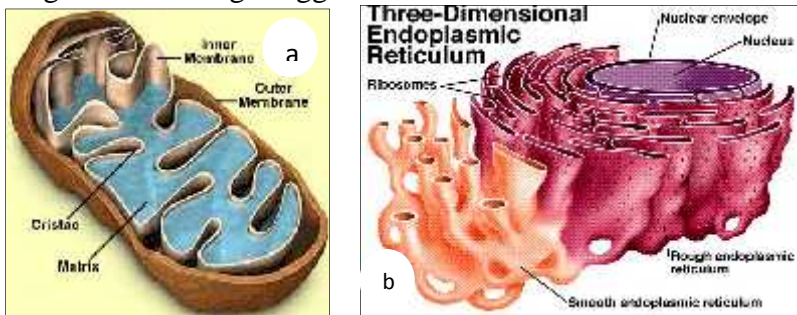
Membran kloroplas seperti membran lainnya mengandung banyak protein integral pada dwi lapis lipid yang meliputi berbagai enzim, protein pembentuk sitokrom dan pembentuk ATP (ATP-ase), dan pigmen. Membran internal kloroplas terdiri atas rangkaian-rangkaian membran yang tersusun berupa lempeng-lempeng paralel, disebut lamella dan didukung oleh suatu matriks yang bersifat homogen, disebut **stroma** (tempat berlangsungnya reaksi gelap fotosintesis). Membran-membran yang tersusun berupa kantong-kantong tipis, disebut **tilakoid** (tempat berlangsungnya reaksi terang fotosintesis) yang dapat menumpuk satu dengan yang lainnya membentuk struktur yang disebut **grana/ granum**. Membran lamella yang menghubungkan grana disebut lamella stroma. Stroma kloroplast mengandung DNA dan ribosom seperti halnya pada mitokondria. Tilakoid mengandung klorofil.

c. Mitokondria

Mitokondria merupakan organel bermembran rangkap yang sangat penting untuk metabolisme energi dalam sel. Mitokondria terdiri dari membran luar, membran dalam yang berlekuk-lekuk disebut **krista**, dan matriks mitokondria. Mitokondria dijumpai pada hampir semua sel eukariotik. Dalam beberapa kasus, terdapat mitokondria besar tunggal, tetapi yang

lebih sering ialah sel yang memiliki ratusan atau bahkan ribuan mitokondria; jumlahnya berkorelasi dengan tingkat aktivitas metabolisme selnya. Mitokondria panjangnya sekitar 1-10 μm .

Membran luar berfungsi sebagai pembatas antara bagian dalam mitokondria dengan sitoplasma. Membran dalam mitokondria yang berlekuk-lekuk (krista) berguna untuk memperluas permukaan. Membran dalam berfungsi sebagai tempat berlangsungnya rantai respirasi, yang menghasilkan ATP. Matriks mitokondria berfungsi untuk oksidasi asam lemak, dan katabolisme asetil koenzim. Matriks mitokondria juga mengandung DNA mitokondria yang menyediakan gen-gen untuk diekspresikan menjadi protein membran dalam yang berguna untuk rantai respirasi. Semua proses tersebut dapat menghasilkan energi tinggi.



Gambar 2.6 struktur umum dari; (a) mitokondria, (b) retikulum endoplasma
(Sumber: [https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F2.bp.blogspot.com%2F4go2BBGdY8%2FTnsurP6AqL1%](https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F2.bp.blogspot.com%2F4go2BBGdY8%2FTnsurP6AqL1%2F))

d. Retikulum Endoplasma

Retikulum endoplasma merupakan labirin membran yang demikian banyak, sampai separuh lebih dari total membran dalam sel-sel eukariotik. Retikulum endoplasma terdiri dari jalinan tubula dan gelembung membran yang disebut sisterna. Membran retikulum endoplasma memisahkan ruangan internal, yaitu ruang sisternal dari sitosol. Membran retikulum endoplasma bersambungan dengan selubung nukleus, ruang di antara kedua membran selubung itu bersambung dengan ruang sisternal.

Terdapat dua daerah Retikulum endoplasma yang struktur dan fungsinya berbeda jelas, sekalipun bersambungan, yaitu Retikulum endoplasma kasar dan Retikulum endoplasma halus. Retikulum endoplasma halus diberi nama demikian karena permukaan sitoplasmiknya tidak mempunyai ribosom. Retikulum endoplasma kasar tampak kasar karena ribosom menonjol di permukaan sitoplasmik membran. Ribosom juga dilekatkan pada sisi sitoplasmik membran luar selubung nukleus yang bertemu dengan Retikulum endoplasma kasar.

Retikulum endoplasma halus berbagai jenis sel berfungsi dalam bermacam-macam proses metabolisme, termasuk sintesis lipid, karbohidrat, dan menawarkan obat dan racun. Banyak

jenis sel terspesialisasi mensekresi protein yang dihasilkan oleh ribosom yang dilekatkan pada Retikulum endoplasma kasar, RE kasar berfungsi sebagai tempat sintesis protein yang akan ditempatkan di membran sel dan di luar sel, misalnya sel-sel pankreas mensekresi protein insulin.

Mengapa Kloroplas dan mitokondria memiliki DNA?



MARI BERDISKUSI

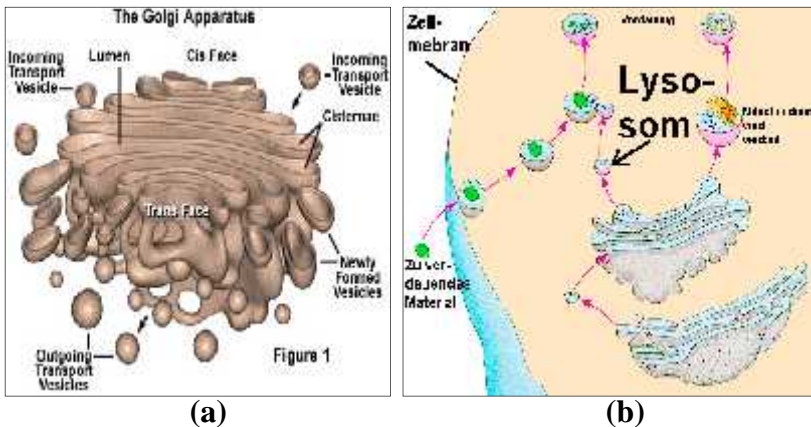
Untuk menjawab pertanyaan disamping diskusikanlah dengan teman Anda, kemudian tuliskan jawabanmu pada LKM II

e. Badan Golgi

Badan golgi merupakan kantong pipih yang bertumpuk, terikat membran, yang tersusun dari ukuran besar hingga ukuran kecil. Badan golgi biasanya dikelilingi oleh vesikula-vesikula dengan berbagai ukuran yang dilepaskan dari bagian tepi badan golgi atau dari retikulum endoplasma kasar. Badan golgi antara lain berfungsi memodifikasi produk sekresi, sekresi enzim-enzim, glikosilasi protein produk RE kasar, pembuatan

membran untuk vesikula, membran plasma, dan membran internal lainnya termasuk lisosom primer.

Badan golgi berfungsi untuk memproses protein dan molekul lain yang akan dibawa ke luar sel atau ke membran sel. Proses yang terjadi antara lain glikosilasi (penambahan oligosakarida) pada protein. Setelah meninggalkan RE, banyak vesikula transpor berpindah ke aparatus golgi. Badan golgi sebagai pusat manufaktur, pergudangan, penyortiran dan pengiriman. Disini, produk RE akan dimodifikasi dan disimpan, dan kemudian dikirim ke tujuan lain. Aparatus golgi sangat banyak dalam sel yang erespialisasi untuk sekresi.



Gambar 2.6 (a) Badan golgi, (b) Pembentukan lisosom

(Sumber:[https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F2.bp.blogspot.com%2F_no_tecibkaJM%2FSwLrSowHGI%](https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F2.bp.blogspot.com%2F_no_tecibkaJM%2FSwLrSowHGI%2F))

f. Lisosom

Lisosom merupakan kantung terikat membran dari enzim hidrolitik yang digunakan oleh sel untuk mencerna makromolekul. Terdapat enzim lisosom yang dapat menghidrolisis protein, polisakarida, lemak, dan asam nukleat, semuanya merupakan kelas utama makromolekul. Enzim ini bekerja sangat baik dalam lingkungan asam, kira-kira pH 5. Lisosom berfungsi untuk mencerna struktur intraseluler dan merusak sel-sel asing. Didalam lisosom terdapat enzim-enzim; nuklease, protease, fosfatase, lipase, dan enzim-enzim lain yang dapat menghidrolisis karbohidrat polisakarida dan oligosakarida.

g. Ribosom

Ribosom merupakan butiran kecil nukleoprotein yang tersebar di dalam sitoplasma. Bahan penyusun ribosom adalah protein dan RNA ribosomal (RNAr). Ribosom tersebar bebas di dalam sitoplasma, dan ada juga yang melekat pada retikulum endoplasma (RE). Ribosom melekat (terikat) umumnya membuat protein yang dimaksudkan untuk dimasukkan ke dalam membran, untuk membungkus organel tertentu, misalnya lisosom.

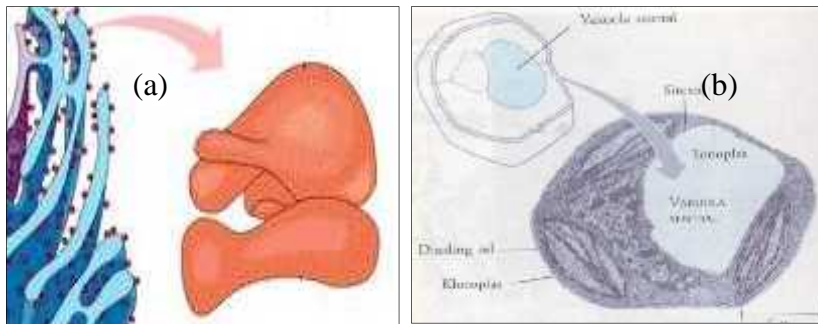
Ribosom sebagai tempat sel membuat protein. Sel yang memiliki laju sintesis protein yang tinggi secara khusus

memiliki jumlah ribosom yang sangat banyak. Misalnya sel hati manusia memiliki beberapajuga ribosom.

h. Vakuola

Vakuola dan vesikula merupakan kantung terikat membran di dalam sel, tetapi vakuola lebih besar daripada vesikula. Vakuola mempunyai macam-macam fungsi. Vakuola makanan, vakuola kontraktil (memompa air berlebih keluar dari sel). Sel tumbuhan dewasa umumnya mengandung satu vakuola sentral besar yang dibungkus oleh membran yang disebut **tonoplas**.

Vakuola sel tumbuhan merupakan ruangan yang serbaguna. Vakuola ini merupakan tempat penyimpanan senyawa organik, seperti protein. Tempat penimbunan ion organik yang utama bagi tumbuhan, seperti kalium dan klorida.



Gambar 2.7 struktur umum; (a) Ribosom, (b) Vakuola pada tumbuhan
(Sumber: Campbell, dkk, 2004)

i. Mikrobodi

Mikrobodi terdapat pada sel hewan maupun sel tumbuhan. Terdapat dua jenis mikrobodi berdasarkan fungsi metaboliknya, yaitu peroksisom dan glioksisom. Organel ini dibatasi oleh membran tunggal dan mengandung sejumlah enzim-enzim yang berfungsi dalam metabolisme hidrogen peroksida dan asam glioksilat.

j. Sitoskeleton

Sitoskeleton merupakan rangka sel. Fungsi utamanya adalah untuk memberikan dukungan mekanis pada sel dan mempertahankan bentuknya. Ini sangat penting bagi sel hewan yang tidak memiliki dinding sel. Kekuatan dan kelenturan sitoskeleton sangat mengagumkan secara keseluruhan didasarkan pada arsitekturnya. Seperti rangka pada hewan, membantu mempertahankan posisi bagian-bagian tubuh lainnya. Sitoskeleton juga terlibat dalam beberapa jenis motilitas (gerak) sel. Motilitas sel membutuhkan interaksi sitoskeleton dengan protein yang disebut molekul motorik. Molekul motor sitoskeleton menggoyang-goyangkan silia dan flagella.

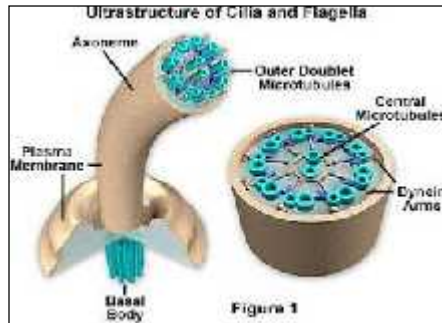
k. Sentrosom dan sentriol

Sel hewan, sel tumbuhan tingkat rendah dan beberapa mikroorganisme dalam sitoplasmanya mengandung sentriol di

dekat permukaan sebelah luar nukleus. Dalam banyak sel, mikrotubula tumbuh dari sentrosom di dekat nukleus yang berfungsi sebagai balok penahan tekanan sitoskeleton. Di dalam sentrosom sel hewan terdapat sepasang sentriol, masing-masing tersusun atas sembilan pasang triplet mikrotubul yang tersusun dalam suatu cincin. Apabila sel membelah sentriol ini bereplikasi menjadi dua. Kedua sentriol biasanya berhadapan dengan sudut tegak lurus. Pada saat pembelahan sel, terbentuk spindle diantara kedua sentriol tersebut.

1. Silia dan flagella

Bagi sel eukariot, susunan khusus mikrotubul bertanggungjawab untuk menggetarkan flagella dan silia, suatu alat bantu pergerakan yang menonjol dari sebagian sel. Banyak organisme eukariotik uniseluler bergerak di air dengan bantuan silia dan flagel, dan sperma hewan, algae, serta sejumlah tumbuhan mempunyai flagel. Silia biasanya muncul dalam jumlah banyak pada permukaan sel. Silia ini berdiameter 0,25 μm dan panjang sekitar 2 – 20 μm . Flagel berdiameter sama dengan silia, tetapi lebih panjang daripada silia, yaitu panjang sekitar 10 – 200 μm . Selain itu jumlah flagel biasanya terbatas, hanya satu atau beberapa untuk setiap sel.



Gambar 2.8 Gambaran struktur Flagella

(Sumber: [https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F4.bp.blogspot.com%2F_KfQV0fk5pAE%2FOTXuO1uApI%](https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F4.bp.blogspot.com%2F_KfQV0fk5pAE%2FOTXuO1uApI%2F))

Soal Latihan

1. Jelaskan perbedaan sel prokariotik dan eukariotik!
2. Mengapa organisme prokariotik misalnya bakteri mampu hidup di shu ekstrim?
3. Mengapa kloroplas dan mitokondria memiliki DNA?
4. Jelaskan peranan nukleus dalam proses replikasi DNA!
5. Jelaskan gambar dibawah ini.



BAB III

STRUKTUR DAN FUNGSI

TUBUH TUMBUHAN

Tumbuhan merupakan salah satu ciptaan Allah SWT yang sungguh menakjubkan. Begitu banyak manfaat yang dapat diperoleh dari tumbuhan. Jika dipelajari lebih dalam maka, tumbuhan memiliki struktur tubuh yang tidak kalah menakjubkannya. Hal tersebut tergambar dalam Surah Al-An'aaam ayat 99 yang berbunyi: *“Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan, maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau, Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang kurma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah, dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman.”*

A. Jaringan Tumbuhan

Jaringan penyusun tubuh tumbuhan tingkat tinggi dibedakan menjadi dua jenis menurut usianya:

- Jaringan muda (meristem atau titik tumbuh)
- Jaringan dewasa (jaringan tubuh tua)

1. Jaringan Meristem

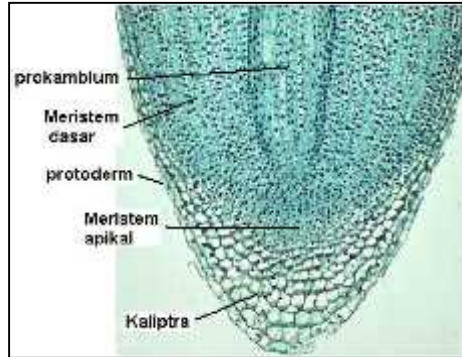
Jaringan meristem terdiri dari sel-sel yang masih embrional, berdinding tipis, kaya akan plasma dan memiliki vakuola yang kecil. Jaringan meristem berfungsi untuk membelah dan berdiferensiasi menjadi sel-sel jaringan dewasa. Berdasarkan letak dan asal pertumbuhannya, jaringan meristem dibedakan atas:

- a. Meristem primer (titik tumbuh primer atau promeristem)
- b. Meristem sekunder (titik tumbuh sekunder atau kambium)

Meristem primer terdapat pada titik tumbuh di ujung batang dan akar, sehingga disebut juga titik tumbuh apikal.

Titik tumbuh sekunder (kambium) berasal dari sel yang telah dewasa, kemudian mengalami perubahan fungsi dan membelah untuk menghasilkan sel-sel yang bersifat embrional, misalnya kambium dan kambium gabus. Pertumbuhan jaringan

meristematis kambium tersebut menyebabkan batang atau akar tumbuh membesar, yang disebut dengan pertumbuhan lateral.



Gambar. 3.1 Jaringan Meristem pada ujung akar

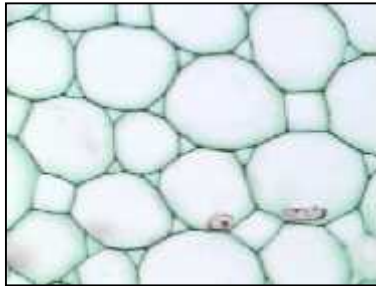
2. Jaringan Dewasa

Sel-sel pada jaringan dewasa ukurannya lebih besar dibanding sel-sel meristem, plasmanya sedikit dan memiliki vakuola yang besar. Berdasarkan struktur dan fungsinya, jaringan dewasa dibedakan atas empat yaitu; (1) jaringan dasar (parenkim), (2) jaringan penutup (pelindung), (3) jaringan penguat, dan (4) jaringan pengangkut.

a. Jaringan Dasar (Parenkim)

Sel parenkim ditemukan pada seluruh sistem jaringan. Sel-sel parenkim adalah sel-sel hidup dan memiliki dinding sel primer yang tipis. Memiliki bentuk sel yang bermacam-macam

antara lain isodiametris, bulat seperti tiang, seperti bunga karang, seperti bintang.



Gambar. 3.2 Jaringan parenkim

(Sumber: [https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F1.bp.blogspot.com%2F-px3yreFjPe0%2FUJ-9HiA1A8I%](https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F1.bp.blogspot.com%2F-px3yreFjPe0%2FUJ-9HiA1A8I%2F))

Jaringan parenkim digolongkan menjadi beberapa macam berdasarkan fungsinya, yaitu:

- a) Parenkim asimilasi, jaringan parenkim tempat pembuatan zat-zat makanan melalui proses fotosintesis.
- b) Parenkim udara, menyimpan udara karena ada ruang antar sel yang besar untuk tempat akumulasi udara, contohnya tumbuhan hidrofit (eceng gondok). Sel parenkim yang berfungsi untuk menyimpan udara disebut aerenkim
- c) Parenkim penimbun, menyimpan cadangan makanan. Terdapat pada endosperm, daun lembaga, tuber atau umbi.

- d) Parenkim air, menyimpan air contohnya pada tumbuhan xerofit seperti kaktus. Memiliki ukuran sel yang besar, dinding tipis, vakuola besar di tengah berisi air.
- e) Parenkim pengangkut, terdapat disekitar xilem untuk mengangkut air dan hara, disekitar floem untuk mengedarkan zat makanan hasil fotosintesis.

b. Jaringan Penutup (Epidermis)

Epidermis merupakan lapisan terluar dari akar, batang, daun, bunga, buah dan biji, sebelum mengalami pertumbuhan sekunder. Sel-sel epidermis mempunyai bentuk, ukuran serta susunan yang beragam, tetapi selalu tersusun rapat membentuk lapisan yang kompak tanpa ruang interseluler. Bentuk sel-sel epidermis seperti tubular, bentuknya memanjang seperti pada batang, tangkai daun, tulang daun utama dari kebanyakan monokotil.

Dinding sel epidermis beragam ketebalannya pada tumbuhan yang berbeda dan di bagian yang berlainan pada tumbuhan yang sama. Dinding sel epidermis yang amat tebal ditemukan pada daun *Coniferae*. Dinding sebelah luar biasanya dilapisi oleh kutin yang merupakan senyawa lemak, merembes ke dinding sebelah luar dan membentuk lapisan terpisah, yakni kutikula di permukaan luar epidermis. Kutikula umumnya

tertutup oleh bahan bersifat lilin. Kutikula serta lapisan lilin berperan mengurangi transpirasi.

Kesinambungan epidermis terputus-putus oleh lubang-lubang sangat kecil. Bagian tersebut adalah ruang antar sel yang dibatasi oleh dua sel khas yang disebut sel penjaga. Sel penjaga bersama-sama dengan lubang di antaranya membentuk stomata. Berdasarkan morfologinya, ada empat tipe utama stomata pada tumbuhan dikotil berdasarkan susunan sel epidermis yang berdekatan dengan sel penjaga:

- a) Tipe anomositik, sel penjaga dikelilingi oleh sejumlah sel yang tidak berbeda bentuk dan ukurannya dengan sel epidermis lainnya. Tipe ini dapat dijumpai pada *Cucurbitaceae*, *Malvaceae*.
- b) Tipe anisositik, sel penjaga dikelilingi oleh tiga buah sel penjaga yang tidak sama ukurannya. Tipe ini dapat dijumpai pada *Nicotiana*, dan *Solanaceae*.
- c) Tipe parasitik, yaitu setiap sel penjaga bergabung dengan satu atau lebih sel tetangga, sumbu membujur sejajar dengan sumbu sel penjaga serta celah. Tipe ini dapat dijumpai pada *Arachis* dan *Phaseolus*.
- d) Tipe diasitik, setiap stomata dikelilingi oleh dua sel tetangga, umumnya dinding sel itu membuat siku-siku

terhadap sumbu membujur stomata. Tipe ini dapat dijumpai pada *Caryophyllaceae*.

Trikoma merupakan turunan dari epidermis, yang merupakan tonjolan epidermis ke arah luar. Trikoma ada yang bersel satu dan ada yang bersel banyak. Trikoma dapat bersifat kelenjar atau tidak berkelenjar. Trikoma tidak berkelenjar dapat berupa rambut, sisik, atau papilla. Trikoma mempunyai fungsi bermacam-macam antara lain; sebagai pelindung terhadap gangguan luar dan untuk mengurangi penguapan. Trikoma dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, sebagai berikut:

- a) Trikoma non glandular (rambut-rambut biasa) yang tidak menghasilkan sekret. Biasanya sangat sederhana, dapat terdiri atas satu sel atau banyak sel.
- b) Trikoma glandular (kelenjar), mengeluarkan berbagai sekret antara lain; larutan garam, larutan gula (nectar), dan gom.

c. Jaringan Penguat

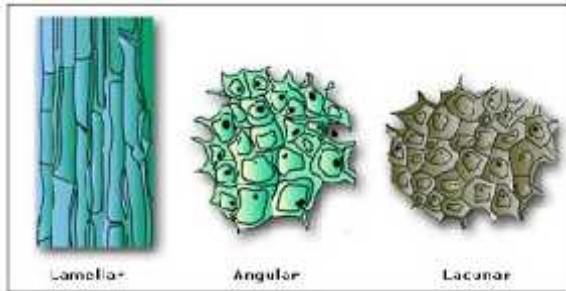
Jaringan penguat berfungsi untuk menyokong tumbuhan. Jaringan penguat dibedakan atas dua yaitu kolenkim dan sklerenkim.

1) Kolenkim

Sel kolenkim adalah sel hidup, bentuknya sedikit memanjang, dan pada umumnya memiliki dinding yang tidak teratur penebalannya. Sel kolenkim hanya memiliki dinding primer, lunak, lentur dan berlignin. Kolenkim berifat plastis dan dapat merenggang secara permanen bersama dengan pertumbuhan organ tempatnya berada. Kolenkim dapat mengandung kloroplas dan dapat pula berisi tanin.

Kolenkim dapat ditemukan pada batang yang masih muda, tangkai daun, ibu tulang daun (jarang dijumpai di akar). Kolenkim dapat dibedakan atas tiga jenis, berdasarkan tipe penebalannya yaitu:

- a) Kolenkim menyudut (*angular*), penebalan dinding sel terjadi secara membujur di sudut-sudut sel. Contoh kolenkim ini dapat dijumpai pada tangkai daun *Begonia*, *Vitis* dan pada batang *Solanum tuberosum*.
- b) Kolenkim lamelar, penebalan terjadi pada dinding tangensial selnya. Contoh kolenkim ini dapat dijumpai pada korteks batang *Sambucus nigra*.
- c) Kolenkim lakunar, penebalan dinding sel menghadap ke ruang interseluler. Contoh kolenkim ini dapat dijumpai pada tangkai daun spesies *Compositae*.



Gambar. 3.3 Tipe-tipe kolenkim

(Sumber: [https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F2.bp.blogspot.com%2F-kqOP03u5u5c%2FUac5v5-hFZI%](https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F2.bp.blogspot.com%2F-kqOP03u5u5c%2FUac5v5-hFZI%2F))

2) Sklerenkim

Sklerenkim adalah jaringan yang terjadi dari sel-sel dengan penebalan dinding sekunder, yang berlignin atau tidak berlignin. Fungsi utamanya sebagai penopang namun, terkadang sebagai pelindung. Sel sklerenkim bersifat kenyal (elastis). Sklerenkim dibedakan menjadi dua macam berdasarkan bentuk selnya, yaitu: (1) sklereid, sel pendek, (2) serat, selnya panjang.



Gambar 3. 4 Sklereid

a) Sklereid

Sklereid disebut juga sel batu, karena dinding selnya mengandung batu. Pada banyak tumbuhan sklereid terbentuk sebagai kumpulan sel yang padat di I bagian dalam jaringan parenkim yang lunak. Organ-organ tertentu, misalnya kulit kenari serta banyak biji batu dan selaput biji lainnya, seluruhnya terbentuk dari sklereid. Pada beberapa tumbuhan, seperti Magnoliaceae, sklereid dijumpai dalam hampir seluruh organ ; dalam korteks dan empulur batang, daun stipula, perhiasan bunga, reseptakel, buah dan jarang pada akar. Sklereid dapat dibagi menjadi empat macam yaitu:

- *Brakisklereid*, atau disebut juga sel batu, bentuk selnya hampir isodiametris atau agak memanjang, misalnya pada tempurung *Cocos nucifera*.
- *Makrosklereid*, berbentuk batang dan sering ditemukan pada kulit biji, misalnya pada *Leguminosae*.
- *Osteosklereid*, berbentuk tulang dengan ujung-ujung yang membesar, terkadang sedikit bercabang. Misalnya pada mesofil palisade *Hakea*.
- *Asterosklereid*, berbentuk bintang atau lekukan-lekukan atau penonjolan-penonjolan, misalnya pada korteks batang *Trochodendron*.

b) Serat

Serat merupakan sel yang panjang, dengan dinding sekunder yang tebal ataupun yang kurang tebal dan biasanya terdapat dalam kelompok-kelompok. Serat terdapat pada berbagai bagian dari tumbuhan. Serat ditemukan sebagai berkas, jalinan atau berupa selinder berongga. Namun, ada pula ditemukan sendiri-sendiri sebagai idioblas, misalnya pada anak daun *Cycas*. Menurut tempatnya pada tubuh, serat dibedakan atas:

- serat xilem, merupakan bagian dari jaringan pembuluh dan berkembang dari prokambium. Berdasarkan tebal dinding dan jumlah noktah, serat xilem dibedakan menjadi dua yaitu serat libriform dan serat trakeid. Serat libriform menyerupai serat floem dan biasanya lebih panjang dari trakeid tumbuhan. Serat trakeid adalah bentuk peralihan antara trakeid dengan serat libriform.
- serat ekstra xilem (luar-xilem), serat ini ditemukan pada korteks dan floem (merupakan bagian dari floem).

Serat tumbuhan dikotil terdapat pada bagian floem. Serat tersebut digolongkan sebagai serat lunak, karena meskipun ada yang berlignin dinding selnya bersifat lunak dan lentur, contohnya *Cannabis sativa* yang digunakan untuk tali. Serat

pada tumbuhan monokotil biasanya disebut serat daun, karena didapatkan dari daun, digolongkan sebagai serat keras. Contohnya pada pisang manila (*Musa textilis*) yang digunakan untuk tali.

d. Jaringan Pengangkut

Jaringan pengangkut terdiri dari sel-sel yang bentuk dan susunannya sesuai dengan tugasnya sebagai tempat berlangsung pengangkutan yaitu terdiri dari selsel yang telah mengalami fusi dan berderet menurut arah pengangkutan. Jaringan pengangkutan dibedakan atas dua:

1) Jaringan buluh tapis (floem)

Floem bertugas untuk menyalurkan hasil fotosintesis ke seluruh tubuh tumbuhan. Ciri utama unsur tapis adalah terdiri dari sel-sel yang masih hidup. Buluh tapis terdiri dari deretan sel-sel yang panjang dan mengalami fusi (penyatuan) yang tidak sempurna, sebab dinding sel pada ujung sel-selnya tidak lenyap melainkan tinggal berupa dinding sel yang berlubang-lubang, maka disebut juga buluh ayak (floem).

2) Jaringan pembuluh kayu (xilem)

Fungsi utama jaringan xilem adalah untuk mengangkut air dan larutan dari tanah (unsur hara) dari akar menuju daun. Komponen xilem terdiri dari trakeid dan trakea. Trakeid terdiri

dari sel-sel panjang dengan ujung runcing tanpa lubang, dindingnya berlignin dan terdapat penebalan sekunder. Sedangkan trakea terdiri atas deretan sel-sel yang tersusun memanjang dan bersambungan pada ujung dan pangkalnya dan memiliki lubang pada kedua ujungnya.

B. Organ Tumbuhan

1. Akar

Akar merupakan struktur sumbu tumbuhan tanpa daun, tidak memiliki buku dan ruas, berkembang di bawah permukaan tanah, walaupun ada akar yang tumbuh di atas tanah, misalnya akar udara. Akar tidak memiliki klorofil, tidak peka terhadap pengaruh sinar, memiliki tudung akar yang menutupi apeksnya dan terdapat rambut akar di dekat apeks tersebut. Akar memiliki fungsi sebagai tempat melekatnya tumbuhan, menyerap mineral tanah, tempat cadangan makanan, dan sebagai alat pernapasan (misalnya pada bakau).

Akar pertama dari tumbuhan berbiji berkembang dari meristem apeks pada ujung akar embrio dalam biji yang berkecambah. Akar pertama dari embrio dinamakan radikula. Akar tersebut pada tumbuhan dikotil dan Gymnospermae disebut akar tunggang atau akar utama. Sedangkan pada akar

monokotil hidupnya tidak lama bertahan dan mengering, dari pangkal batang muncul akar baru yang disebut akar tambahan, keseluruhan akar tambahan tersebut disebut akar serabut. Akar terdiri atas tiga sistem jaringan yaitu, jaringan dermal, jaringan dasar dan jaringan pembuluh (jaringan vaskuler).

Mengapa ujung batang dan ujung akar merupakan bagian yang aktif tumbuh?



MARI BERDISKUSI

Untuk menjawab pertanyaan disamping diskusikanlah dengan teman anda, kemudian tuliskan jawabanmu pada LKM III.

2. Batang

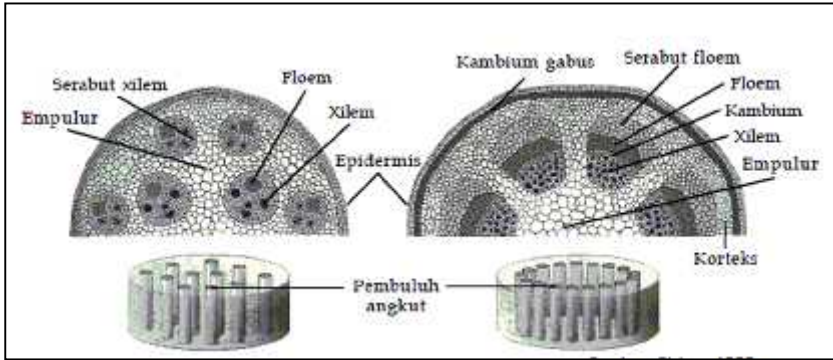
Batang merupakan bagian tumbuhan yang ada di atas tanah dan menghasilkan daun. Namun, adapula batang yang tumbuh dibawah tanah, misalnya rizoma, umbi lapis dan umbi batang. Batang berperan untuk mendukung bagian tumbuhan di atas tanah, sebagai alat transportasi air dan ion-ion yang terlarut

dari akar ke daun serta hasil fotosintesis dari daun ke bagian tubuh lainnya.

Pada batang terdapat buku (nodus) yaitu tempat melekatnya daun dan bagian di antara dua buku disebut ruas (internodus). Sumbu batang ada yang memanjang dengan buku dan ruas jelas, sebaliknya batang dapat juga amat pendek dengan bentuk daun roset. Batang terdiri atas tiga sistem jaringan yaitu, jaringan dermal, jaringan dasar dan jaringan pembuluh (jaringan vaskuler).

3. Daun

Daun merupakan tempat terjadinya fotosintesis yang sangat penting bagi tumbuhan. Daun yang lengkap terdiri dari helaian daun (lamina), tangkai daun (petiolus), dan pelepah daun (vagina). Bentuk dan ukuran daun sangat bervariasi. Daun terdiri dari beberapa sistem jaringan yaitu, jaringan dermal, jaringan dasar yang menyusun mesofil daun, dan jaringan pembuluh.



Gambar 3.5 (1) Struktur Anatomi Batang a. Monokotil, b. Dikotil.
 (Sumber: [https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F1.bp.blogspot.com%2F-uSEdLmGqLGg%2FTf2gCQEOrNI%](https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F1.bp.blogspot.com%2F-uSEdLmGqLGg%2FTf2gCQEOrNI%2F))

Soal Latihan

1. Sebutkan macam-macam jaringan parenkim berdasarkan fungsinya!
2. Gambarkan 4 tipe stomata berdasarkan susunan sel epidermis dan sel penjaga!
3. Jelaskan 2 jaringan pengangkut pada tumbuhan!
4. Mengapa bagian apeks batang dan akar merupakan bagian yang aktif tumbuh!
5. Gambarkan struktur daun!

BAB IV

STRUKTUR DAN FUNGSI TUBUH HEWAN

Tubuh merupakan suatu organisasi yang sangat kompleks. Tubuh terdiri dari organ-organ yang saling berkoordinasi satu sama lain. Organ pun terdiri dari berbagai jaringan yang menyusunnya. Semua komponen tersebut bekerja sama secara selaras dan seimbang. Betapa Maha Kuasa Allah SWT, menciptakan struktur kompleks tersebut. Seperti yang tercantum dalam Surah Al Infithaar ayat 7 yang artinya: *“Yang telah menciptakan kamu lalu menyempurnakan kejadianmu dan menjadikan (susunan tubuh)mu seimbang.”*

A. Organisasi Tubuh

Semua kehidupan ditandai dengan tingkat organisasi yang berhirarki. Sel menempati tempat khusus dalam hirarki kehidupan karena merupakan tingkat organisasi terendah yang dapat hidup mandiri sebagai organisme. Organisme multiseluler, termasuk hewan, memiliki sel-sel khusus yang mengelompok membentuk jaringan, yang merupakan tingkat struktur dan fungsi yang lebih tinggi. Pada sebagian besar hewan, kombinasi berbagai jaringan membentuk unit fungsional yang disebut

organ, dan kumpulan organ yang bekerja bersama-sama akan membentuk sistem organ.

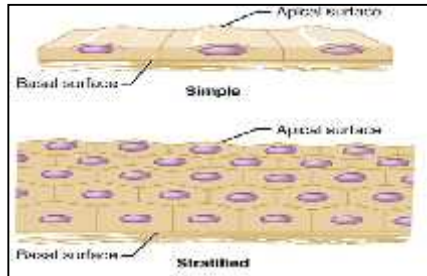
B. Jaringan Hewan (Tingkat Vertebrata)

Jaringan dapat dikelompokkan menjadi empat kategori utama: jaringan epitel, jaringan konektif, jaringan otot dan jaringan saraf.

1. Jaringan Epitel

Jaringan epitel tersusun atas sel-sel yang pipih, kubus atau silindris. Jaringan ini biasa terdiri dari selapis ataupun beberapa lapis sel. Lapisan-lapisan sel terkemas dengan rapat. Jaringan ini berfungsi:

- a. melindungi bagian luar tubuh dan melapisi organ dan rongga di dalam tubuh
- b. menyerap atau mensekresikan larutan kimia, misalnya sel-sel epitel yang melapisi lumen (rongga) saluran pencernaan yang mensekresikan mukus
- c. mengangkut bahan-bahan dari dan ke jaringan dan rongga yang dipisahkannya



Gambar 4.1 Jaringan Epitel

(Sumber: <https://www.google.co.id/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fimage.slidesharecdn.com%2Fbiologijaringanepitelium-120726023725-phpapp02%>)

2. Jaringan Konektif

Jaringan konektif terdiri atas sel-sel yang letaknya jarang dan terbenam dalam sejumlah besar bahan ekstraseluler (matriks) yang disekresikan oleh sel sendiri. Jaringan konektif terdiri atas:

- a. Jaringan konektif penunjang, yaitu jaringan yang memberi kekuatan bantuan dan perlindungan kepada bagian-bagian lemah pada tubuh, yakni tulang rawan (*cartilage*) dan tulang (osteon). Tulang rawan memiliki serat berkolagen yang tertanam dalam suatu matriks mirip karet yang tersusun atas suatu bahan yang disebut kondroitin sulfat, suatu kompleks protein-karbohidrat. Tulang (osteon) tersusun sel-sel yang disebut osteoblas. Osteoblas mendeposit suatu matriks kolagen, tetapi sel-sel tersebut

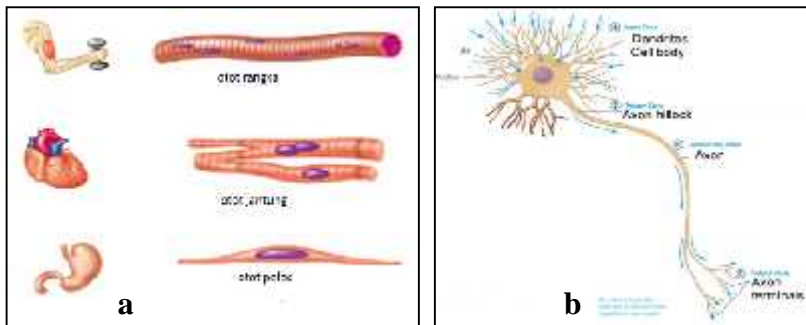
juga menghasilkan ion kalsium, magnesium, dan fosfat, yang secara kimiawi menyatu dan menyatu di dalam matriks.

- b. Jaringan konektif pengikat, memiliki fungsi untuk mengikat bagian-bagian tubuh. Banyak mengandung serat berkolagen. Jaringan ini dapat ditemukan pada tendon, yang melekatkan otot ke tulang, dan pada ligament, yang menghubungkan tulang dengan tulang lain pada persendian.
- c. Jaringan pengikat berserat, berfungsi sebagai bahan pengemas dan pengikat bagi sebagian besar organ-organ tubuh, serta menjadi lintasan bagi pembuluh darah dan saraf. Jaringan ini tersebar merata di seluruh tubuh, contohnya adalah fasia (selaput otot) yang mengikat otot-otot menjadi satu dan mengikat kulit dengan struktur yang ada di bawahnya. Contoh lainnya adalah jaringan adipose (jaringan lemak yang berisikan lemak).

3. Jaringan Otot

Jaringan otot terdiri atas sel-sel panjang yang disebut serabut otot yang mampu berkontraksi ketika dirangsang oleh impuls saraf. Dalam tubuh vertebrata, terdapat tiga jenis jaringan otot:

- a. otot polos, melapisi dinding organ berongga pada tubuh seperti dinding saluran pencernaan dan arteri. Sel otot polos berbentuk gelendong dan tidak memiliki lurik
- b. otot lurik (otot rangka), melekat pada tulang dan tendon, kontraksinya menyebabkan pergerakan tubuh secara sadar. Terdiri dari serat-serat panjang, filament yang tumpang tindih, menyebabkan sel-selnya tampak berlurik.
- c. otot jantung, membentuk dinding kontraktile jantung. Otot ini tampak lurik seperti otot rangka, akan tetapi sel otot jantung bercabang



Gambar 4.2 struktur umum; a. Jaringan Otot, b. Sel saraf

4. Jaringan Saraf

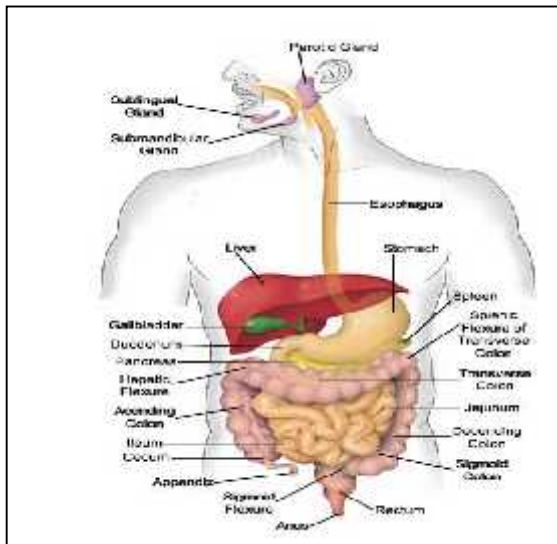
Terdiri dari sel-sel saraf (neuron). Neuron terdiri dari sebuah badan sel berisi nukleus, memiliki dua atau lebih penjurulan sitoplasma dan serabut saraf yang dilalui impuls. Serabut saraf terdiri dari: (1) Dendrit, menghantarkan impuls ke

badan sel, (2) Akson, menghantarkan impuls menjauhi badan sel. Jaringan saraf berfungsi merasakan adanya stimulus atau rangsangan dan menghantarkan sinyal dari satu bagian tubuh ke bagian tubuh lainnya.

5. Sistem Organ

Setiap sistem organ terdiri atas beberapa organ dan memiliki fungsi spesifik, tetapi semua sistem harus terkoordinasi dan saling bekerjasama untuk melaksanakan fungsi utama dalam tubuh.

C. Sistem Pencernaan



Gambar 4.3 Organ-Organ Pencernaan Manusia

(Sumber: [https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F1.bp.blogspot.com%2F-046FN9vpoAs%2FTs2MUuLiKNI%](https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F1.bp.blogspot.com%2F-046FN9vpoAs%2FTs2MUuLiKNI%2F))

Bagaimanakah proses perubahan tekstur makanan menjadi bubur kim didalam lambung?



MARI BERDISKUSI

Untuk menjawab pertanyaan disamping diskusikanlah dengan teman anda, kemudian tuliskan jawabanmu pada LKM IV.

Sistem pencernaan manusia terdiri atas saluran pencernaan dan berbagai kelenjar aksesoris yang mensekresikan getah pencernaan ke dalam saluran itu melalui duktus (saluran). Kelenjar aksesoris sistem pencernaan mamalia terdiri dari tiga pasang kelenjar ludah (*salivary gland*), pancreas, hati (*liver*). Bagian-bagian yang membentuk saluran pencernaan adalah:

1. Mulut,

Pencernaan makanan secara fisik dan kimiawi di mulai di dalam mulut. Di dalam mulut terdapat:

- Gigi, berfungsi untuk memotong, mengonyak dan menggiling makanan menjadi partikel kecil

- Lidah, berfungsi mengatur letak makanan di dalam mulut dan mengecap rasa makanan
- Kelenjar ludah, berfungsi untuk mensekresikan ludah, yang berguna untuk melumasi rongga mulut serta mencerna karbohidrat. Ada tiga kelenjar ludah yakni, kelenjar parotid, kelenjar sublingual, dan kelenjar submandibularis.

2. Faring,

Merupakan persimpangan yang menuju esophagus dan trakea. Pada faring terdapat klep yang berfungsi mencegah makanan agar tidak masuk ke dalam trakea.

3. Esophagus,

Mengalirkan makanan dari faring menuju lambung. Peristaltis akan mendorong bolus sepanjang esophagus, sementara itu amilase ludah terus menghidrolisis pati dan glikogen.

4. Lambung,

Lambung memiliki dinding yang sangat elastis. Epithelium yang melapisi dinding lambung mensekresikan getah pencernaan, cairan pencernaan yang bercampur dengan makanan. Asam klorida pada lambung membantu membunuh bakteri yang tertelan bersama makanan. Hasil

penggerusan makanan di lambung secara mekanik dan kimiawi akan mengubah makanan menjadi bubur yang disebut bubur kim.

5. Usus halus, organ dimana sebagian besar hidrolisis enzimatis makromolekul dalam makanan terjadi. Bertanggung jawab dalam penyerapan sebagian besar nutrisi ke dalam darah.
6. Usus besar (colon), terbagi menjadi tiga daerah yaitu, colon asenden, colon transversum, dan colon desenden. Usus besar memiliki fungsi:
 - Untuk menyerap kembali air,
 - Tempat dihasilkannya vitamin (misalnya, biotin, asam folat, vitamin K, dan beberapa macam vitamin B) sebagai hasil simbiosis dengan bakteri usus, misalnya *E. coli*
 - Membentuk massa feses
 - Mendorong feses keluar dari tubuh
7. Rectum dan anus
Merupakan lubang tempat pembuangan feses dari tubuh. Sebelum dibuang lewat anus, feses ditampung terlebih dahulu pada bagian rectum. Antara rectum dan anus terdapat

dua sfingter, yang satu bersifat sadar yang disusun oleh otot lurik dan yang satunya tidak sadar yang disusun oleh otot halus. Apabila feces sudah siap dikeluarkan maka otot sfingter rectum mengatur pembukaan dan penutupan anus.

D. Sitem Ekskresi

1. Sistem Ekskresi pada Hewan

Sistem ekskresi sangatlah penting untuk menjaga homeostasis tubuh karena sistem ekskresi membuang limbah metabolisme dan merespon terhadap ketidakseimbangan cairan tubuh dengan cara mengekskresikan ion-ion tertentu sesuai dengan kebutuhan tubuh. Sistem ekskresi sangat beraneka ragam, tetapi semuanya mempunyai kemiripan fungsional.

Organ ekskresi serangga dan artropoda darat lain disebut dengan tubula Malpighi. Organ-organ tersebut mengeluarkan limbah bernitrogen dari hemolimfa (cairan sirkulasi) dan juga berfungsi dalam osmoregulasi.

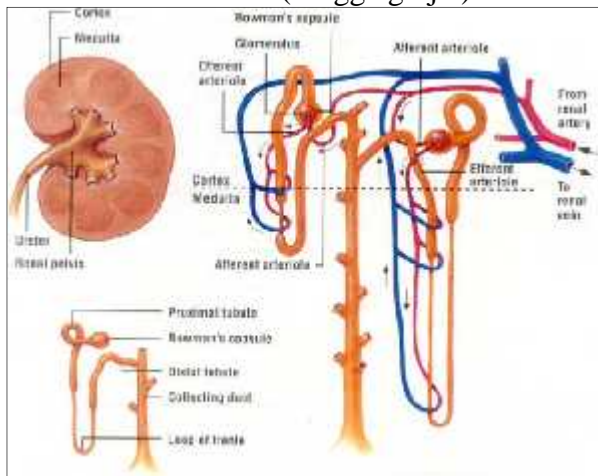
2. Sistem Ekskresi pada Manusia

Organ-organ ekskresi pada manusia terdiri atas:

- a. Ginjal, memiliki bentuk seperti kacang ercis, jumlahnya sepasang dan terletak di dorsal kiri dan kanan tulang belakang di daerah pinggang. Berat ginjal diperkirakan 0,5% dari berat badan, dan panjangnya ± 10 cm. Ginjal

berperan dalam proses pembentukan urin yang terjadi melalui serangkaian proses, yaitu: penyaringan (filtrasi), penyerapan kembali (reabsorpsi) dan pengumpulan (augmentasi). Ginjal terdiri dari tiga bagian utama yaitu:

- Korteks (bagian luar) yang berisi Nefron (terdiri dari Glomerulus dan Kapsula Bowman).
- Medulla (sumsum ginjal) yang berisi Tubulus Ginjal.
- Pelvis renalis (rongga ginjal).



Gambar. 4.4 Struktur Anatomi Ginjal

(Sumber:[https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F1.bp.blogspot.com%2F-W51cbdUWHO4%2Ft2ubpwq11I%](https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F1.bp.blogspot.com%2F-W51cbdUWHO4%2Ft2ubpwq11I%2F))

b. Kulit, merupakan lapisan tipis yang menutupi dan melindungi seluruh permukaan tubuh. Selain berfungsi

menutupi permukaan tubuh, kulit juga berfungsi sebagai alat ekskresi. Zat sisa yang dikeluarkan melalui kulit adalah air dan garam-garaman. Kulit terdiri dari:

- Epidermis merupakan bagian luar kulit yang agak tipis, terdiri dari jaringan epitel,
 - Dermis, terdiri atas jaringan ikat yang berfungsi menyokong epidermis dan menghubungkan lapisan epidermis dengan jaringan sub kutan di bawahnya
- c. Hati, terletak di dalam rongga perut sebelah kanan, dibawah diafragma. Hati menjadi tempat perombakan sel darah merah yang rusak menjadi empedu. Empedu yang dihasilkan akan disimpan dalam kantong empedu (bilirubin).
- d. Paru-paru, berada di dalam rongga dada manusia sebelah kanan dan kiri yang dilindungi oleh tulang-tulang rusuk. Paru-paru kanan terdiri atas tiga belahan (lobus) sedangkan paru-paru kiri terdiri atas dua lobus. Dalam sistem ekskresi, paru-paru berfungsi untuk mengeluarkan karbondioksida (CO_2) dan uap air (H_2O).

E. Sistem Respirasi

1. Pertukaran Gas pada Hewan

Hewan memerlukan suplai O_2 secara terus menerus untuk respirasi seluler sehingga dapat mengubah bahan makanan

menjadi energi. Hewan juga harus membuang CO_2 , produk buangan seluler. Untuk mendapatkan O_2 dan CO_2 , hewan harus mempunyai suatu membran pernapasan, yaitu suatu permukaan yang tipis, basah dan permeable, serta berhubungan dengan lingkungan yang dapat dilalui gas. Membran tersebut dapat berupa permukaan tubuh, tetapi lazimnya membran tersebut terbatas pada suatu bagian dari organ pernapasan, seperti lamella insang, ujung saluran trakea atau alveolus paru-paru.

Pertukaran gas terjadi pada seluruh luas permukaan protista dan organisme uniseluler lainnya. Hal tersebut juga berlaku, bagi beberapa hewan seperti spons, cnidaria, dan cacing pipih. Membran plasma setiap sel dalam tubuh hewan-hewan tersebut cukup dekat dengan lingkungan luarnya sehingga gas dapat berdifusi keluar dan masuk.

Hewan air yang lebih besar dan lebih aktif menggunakan mempunyai alat pernapasan, biasanya berupa insang dimana terdapat membran pernapasan atau merupakan tambahan di samping permukaan lain. Insang merupakan alat yang terdiri atas lamella-lamella halus, atau filamen-filamen yang menjulur keluar dari permukaan. Ikan dan banyak amfibia (Vertebrata) mengadakan pertukaran gas dengan lingkungannya melalui insang. Beberapa hewan menggunakan seluruh kulit luarnya

sebagai organ respirasi, misalnya pada cacing tanah yang mempunyai kulit yang lembab. Melalui kulit tersebut terjadilah pertukaran gas melalui difusi.

Respirasi hewan arthropoda darat menggunakan sistem trakea, yang terdiri dari pipa udara panjang yang bercabang di seluruh tubuh, merupakan salah satu variasi dari permukaan respirasi internal yang melipat-lipat.

Paru-paru merupakan alat respirasi pada beberapa hewan seperti laba-laba, bekicot darat dan mamalia. Paru-paru tidak terhubung secara langsung dengan semua bagian tubuh lain, maka dibantu oleh sistem sirkulasi, yang berfungsi mengangkut O₂ dari paru-paru ke bagian tubuh lain. Paru-paru mempunyai jaringan kapiler yang sangat padat persis di bawah epitelium, yang berfungsi sebagai permukaan respirasi.

2. Sistem Respirasi pada Manusia

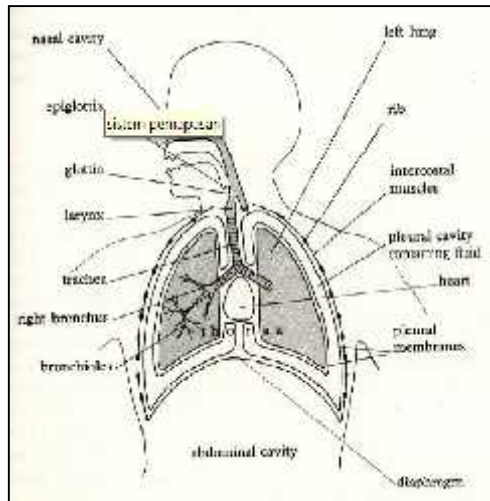
Organ-organ respirasi pada manusia meliputi:

a. Hidung

Hidung merupakan tempat pertama yang dilalui oleh udara. Di dalam rongga hidung terdapat rambut-rambut dan selaput lendir, berfungsi untuk menyaring, menghangatkan, dan melembabkan udara yang masuk.

b. Laring

Laring berbatasan langsung dengan faring, yang dilengkapi dengan epiglottis, untuk mencegah makanan masuk ke dalam laring. Laring terdiri atas tulang



Gambar.4.5 Organ Respirasi Manusia

rawan dan berfungsi melindungi jalan masuk saluran trakea, juga tempat pita suara.

c. Batang Tenggorok (Trakea)

Trakea berbentuk pipa yang dibentuk oleh cincin-cincin tulang rawan. Permukaan dalamnya dilapisi selaput lendir yang sel-selnya berambut getar, berfungsi untuk menolak debu dan benda asing lain dari luar.

d. Bronkus

Bronkus (jamak, bronki) merupakan percabangan dari trakea, masing-masing menuju ke tiap belahan paru-paru. Di dalam paru-paru bronkus bercabang secara berulang-ulang menjadi pipa yang semakin halus yang disebut

bronkiolus. Pada ujungnya, bronkiolus yang paling kecil berakhir dan membentuk sekumpulan kantong udara yang disebut alveoli (tunggal, alveolus). Dinding alveolus mengandung kapiler darah, disinilah O_2 berdifusi ke dalam darah sedangkan CO_2 dan air dilepaskan ke dalam udara alveoli.

e. Paru-Paru

Paru-paru terletak di dalam rongga dada dan di atas diafragma. Paru-paru kanan terdiri atas tiga belahan (lobus) sedangkan paru-paru kiri terdiri atas dua lobus. Paru-paru dibungkus oleh selaput paru-paru (pleura). Bagian dalam paru-paru terdapat lebih 300 juta alveoli. Oksigen dalam alveolus berdifusi ke dalam kapiler darah dan diikat oleh hemoglobin yang terdapat dalam sel darah merah menjadi oksihemoglobin (HbO_2), kemudian diangkut oleh darah menuju ke seluruh tubuh.

Proses pernapasan pada manusia terdiri dari inspirasi dan ekspirasi. Inspirasi adalah menghirup udara dari luar, masuk ke dalam paru-paru. Sedangkan ekspirasi adalah mengeluarkan udara pernapasan dari paru-paru keluar lingkungan.

Inspirasi terjadi ketika rongga dada membesar sehingga paru-paru turut membesar menyebabkan tekanan udara dalam

paru-paru lebih rendah disbanding tekanan udara di luar tubuh, sehingga menyebabkan udara dari luar mengalir ke dalam paru-paru melalui organ-organ pernapasan. Sedangkan ekspirasi terjadi ketika rongga dada mengempis, paru-paru akan mengecil yang menyebabkan tekanan udara dalam paru-paru lebih besar dibandingkan dengan udara di luar tubuh. Hal tersebut menyebabkan udara dalam paru-paru mengalir keluar tubuh.

Berdasarkan penyebab terjadinya inspirasi dan ekspirasi, pernapasan dibedakan menjadi:

- 1) Pernapasan dada, disebabkan oleh kontraksi otot-otot antar tulang rusuk, yang menyebabkan rongga dada membesar, tekanan menjadi kecil dan udara mengalir masuk ke paru-paru. Apabila otot antartulang rusuk berelaksasi menyebabkan rongga dada mengecil, tekanan menjadi besar dan udara mengalir keluar paru-paru.
- 2) Pernapasan perut, disebabkan oleh kontraksi diafragma. Apabila otot diafragma berkontraksi maka kedudukan diafragma turun hampir lurus, menyebabkan rongga dada membesar tekanan menjadi kecil dan udara mengalir masuk ke paru-paru. Sebaliknya ketika otot diafragma berelaksasi maka kedudukannya melengkung ke atas

dibantu oleh kontraksi otot dinding perut, menyebabkan rongga dada mengecil, tekanan menjadi besar dan udara mengalir keluar paru-paru.

Bagaimanakah pengaruh suhu terhadap jumlah produksi urin?



MARI BERDISKUSI

Untuk menjawab pertanyaan disamping diskusikanlah dengan teman anda, kemudian tuliskan jawabanmu pada LKM IV.

F. Sistem Reproduksi

1. Sistem Reproduksi pada Hewan

Reproduksi bertujuan untuk mempertahankan kehadiran spesies di alam. Reproduksi dibedakan menjadi dua jenis, yakni reproduksi secara aseksual dan seksual. Reproduksi aseksual tidak melibatkan gamet jantan dan gamet betina. Reproduksi aseksual dapat berupa pertunasan (*budding*) dan fragmentasi (serta regenerasi). Pertunasan melibatkan proses pemisahan individu baru dari individu yang sudah ada, seperti pada Coelenterata. Fragmentasi dapat dijumpai pada Vermes, terutama Platyhelminthes dan Annelida. Pada annelida, satu individu akan terbagi menjadi dua individu, dan selanjutnya

kedua individu tersebut akan membentuk segmen-segmen yang baru. Pembelahan sederhana terdapat pada makhluk uniseluler, seperti bakteri dan *Amoeba*, yang berupa pembelahan amitosis.

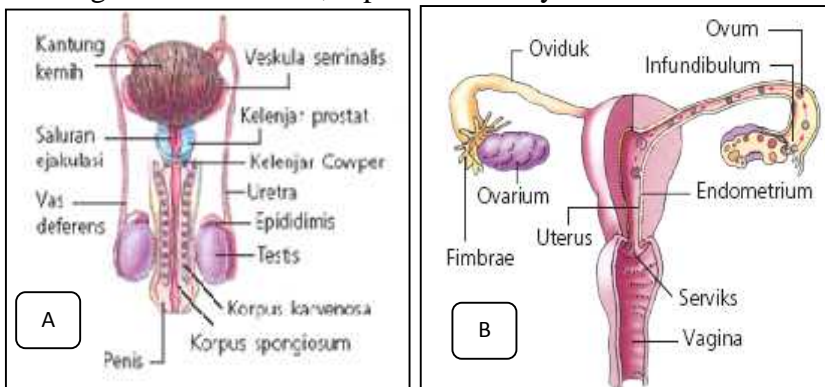
Reproduksi secara seksual adalah perkembangbiakan yang melibatkan dua individu yang berbeda jenis kelaminnya atau melibatkan fusi dua gamet yang berbeda, misalnya sperma dan sel telur. Sistem reproduksi tersebut sangat beraneka ragam. Sistem yang paling sederhana bahkan sama sekali tidak memiliki gonad yang jelas, yaitu organ yang menghasilkan gamet pada sebagian besar hewan.

2. Sistem Reproduksi pada Manusia

Reproduksi pada manusia hanya terjadi secara seksual (generatif), yaitu terjadinya peleburan antara sel telur dan sel sperma (fertilisasi). Fungsinya untuk menyatukan kumpulan kromosom haploid (n) dari dua individu menjadi sel haploid ($2n$), yaitu zigot.

Gametogenesis merupakan proses pembentukan gamet, yang terdiri atas spermatogenesis dan oogenesis. Spermatogenesis merupakan proses pembentukan sel kelamin jantan, yakni sperma yang dibentuk di dalam testis. Oogenesis merupakan pembentukan sel telur yang terjadi di ovarium

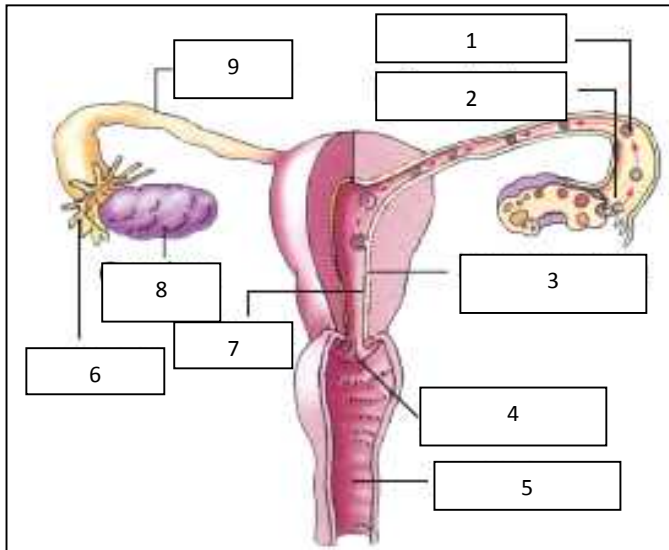
- a. Alat reproduksi pria terdiri atas; (i) testis, sebagai tempat penghasil spermatozoa dan hormon-hormon reproduksi jantan, (ii) epididimis, sebagai tempat pematangan dan tempat penyimpanan sementara sperma (iii) vas deferens, (iv) kelenjar aksesori, seperti kelenjar prostat, vesikula seminalis, kelenjar koagulasi, kelenjar bulbourethra (v) urethra, dan (vi) penis
- b. Alat reproduksi wanita, terdiri dari (i) ovarium, menghasilkan sel telur (ovum) dan hormon estrogen dan progesteron (ii) oviduct, saluran yang menghubungkan ovarium dan uterus (iii) uterus, ruang untuk pertumbuhan dan perkembangan janin (iv) vagina, (v) genitalia eksterna, seperti labia mayora dan minora.



Gambar 4.6 Organ Reproduksi; a. Pria dan b. Wanita
 (Sumber: [https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F1.bp.blogspot.com%2F-BiXWwLSSACU%2FTjERY6LiqKI%](https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F1.bp.blogspot.com%2F-BiXWwLSSACU%2FTjERY6LiqKI%2F))

Soal Latihan

1. Gambarkan 4 macam jaringan hewan pada tingkat vertebrata!
2. Jelaskan fungsi dari bagian-bagian neuron!
3. Bagaimanakah proses perubahan tekstur makanan menjadi bubur kim didalam lambung!
4. Sebutkan zat/ komponen yang dikeluarkan oleh setiap organ ekskresi!
5. Jelaskan perbedaan pernapasan perut dan pernapasan dada!
6. Lengkapilah keterangan bagian-bagian dari alat reproduksi wanita dibawah ini.



BAB V

PEMBELAHAN SEL

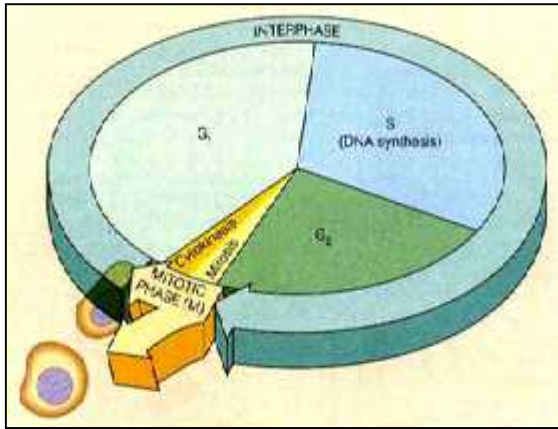
Pembelahan sel sangat erat kaitannya dengan pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup, tidak terkecuali manusia. Manusia lahir karena adanya pertemuan sel telur (ovum) dengan sperma. Setelah pertemuan ovum dan sperma akan menghasilkan zigot. Selanjutnya zigot akan terus mengalami pembelahan dan mengalami sejumlah proses yang panjang. Hal tersebut menandakan betapa menakjubkan proses penciptaan manusia oleh Sang Maha Pencipta Allah SWT, seperti yang tertian dalam Surah An-Najm ayat 45-46 *“Dialah yang menciptakan berpasang-pasangan pria dan wanita, dari air mani, apabila dipancarkan.”* Dan Surah Al-Mu’minun ayat 14 *“Kemudian air mani itu Kami jadikan segumpal darah, lalu segumpal darah itu Kami jadikan segumpal daging, dan segumpal daging itu Kami jadikan tulang-belulang, lalu tulang belulang itu Kami bungkus dengan daging. Kemudian Kami jadikan dia makhluk yang (berbentuk) lain. Maka Maha Sucilah Allah, Pencipta Yang Paling Baik”*.

A. Gambaran Umum Siklus Sel

Sel yang aktif membelah melewati suatu siklus yang berlangsung secara teratur dikenal sebagai siklus sel. Pada organisme uniseluler, pembelahan sel diartikan sebagai reproduksi, dan dengan proses ini dua atau lebih individu baru dibentuk dari sel induk. Pada organisme multiseluler, individu-individu baru berkembang dari satu sel primordial yang dikenal dengan nama zygot, selanjutnya tumbuh dan berkembang menjadi individu baru. Selama rentang hidupnya, sel-sel pada organisme multiseluler sebagian mengalami penuaan dan kerusakan. Oleh sebab itu perlu diperbaiki melalui pembelahan sel. Dengan demikian pembelahan sel berfungsi dalam (i) reproduksi (ii) pertumbuhan, dan (iii) perbaikan.

Umumnya, sebelum suatu sel mengalami pembelahan, sel-sel terlebih dahulu mengalami pertumbuhan hingga mencapai ukuran tertentu. Setiap sel mengalami dua periode yang penting dalam siklus hidupnya, yaitu periode interfase atau periode non pembelahan dan periode pembelahan sel (M) yang menghasilkan sel-sel baru. Kedua periode tersebut secara umum dikenal dengan nama siklus sel. Dengan kata lain, kegiatan yang terjadi dari satu pembelahan sel ke pembelahan sel

berikutnya disebut siklus hidup (daur) sel . Secara singkat tahapan pada siklus hidup sel dapat dilihat pada gambar 3.1.



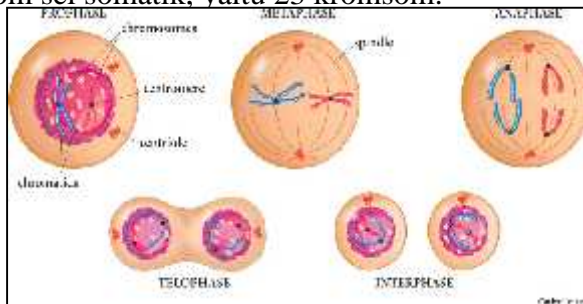
Gambar 3.1. Skema siklus sel (Campbell et al, 2004)

Siklus sel meliputi penambahan massa, duplikasi bahan genetik yang dikenal sebagai interfase dan pembelahan sel. Interfase meliputi tiga tahap yaitu: G1 (periode pertumbuhan), S (sintesis), G2 (persiapan pembelahan). Pada fase G1, sel anak mengalami pertumbuhan, pada fase S terjadi replikasi dan transkripsi DNA; sedangkan pada fase G2, merupakan fase post sintesis, dimana sel mempersiapkan diri untuk membelah. Sedangkan pembelahan sel sendiri terdiri dari dua tahap yaitu mitosis atau kariokinesis. Tahap kariokinesis disebut juga siklus kromosom dan sitokinesis disebut juga siklus sitoplasma.

B. Pembelahan Sel

1. Mitosis

Mitosis atau pembelahan inti merupakan stadium akhir dari siklus sel dan merupakan stadium yang paling pendek, yaitu kurang lebih 10% dari keseluruhan waktu yang dibutuhkan untuk satu kali siklus. Sebelum sel membelah, semua DNA harus disalin dan dibagi rata agar setiap sel anak memiliki genom lengkap. Replikasi dan distribusi DNA dalam jumlah banyak itu terkelola dengan baik karena molekul-molekul DNA dikemas menjadi kromosom. Setiap species sel eukariotik memiliki jumlah kromosom yang khas di dalam setiap nukleus sel. Misalnya sel somatik manusia (semua sel tubuh kecuali sel reproduktif atau gamet) mengandung 46 kromosom. Sel sperma dan sel telur manusia memiliki jumlah kromosom setengah kromosom sel somatik, yaitu 23 kromosom.



Gambar 3.2 Fase Pembelahan Mitosis

(Sumber: [https://www.google.co.id/imgres?imgurl=https%3A%2F%2F1.bp.blogspot.com%2F-2WarfXNVj1E%2FV7xGxzWe_-1%](https://www.google.co.id/imgres?imgurl=https%3A%2F%2F1.bp.blogspot.com%2F-2WarfXNVj1E%2FV7xGxzWe_-1%2F))

a. Profase

Kromatin berubah menjadi kromosom dengan berpilin-pilannya kromatin itu sehingga kian pendek dan menebal. Kromosom itu muncul sudah dua rangkap, yang disebut kromatid (kromosom anak). Nukelolus mula-mula membesar, kemudian menghilang. Sentrosom membelah menjadi dua, pergi ke kutub bersebrangan inti. Tiap sentrosom terdiri dari sepasang sentriol. Sentriol membentuk serat gelendong, dari kutub ke kutub. Serat gelendong terdiri dari mikrotubul, di antaranya terdapat mikrofilamen. Selaput inti menipisi dan akhirnya hilang.

b. Prometafase

Pada saat prometafase, kromosom-kromosom bermigrasi ke arah pusat spindel. Gerakan tersebut disebabkan karena adanya gerakan yang beragitasi yang disebabkan oleh adanya interaksi antara benang-benang kinetokor dengan komponen-komponen lain dari spindel.

c. Metafase

Sentromer dari setiap kromosom berkumpul pada bagian tengah spindel pada bidang ekuator. Pada tempat-tempat ini, sentromer-sentromer diikat oleh benang-benang spindel yang

terpisah, dimana setiap kromatid dilekatkan pada kutub-kutub spindel yang berbeda.

d. Anafase

Anafase dimulai secara tiba-tiba ketika pasangan kinetochor pada masing-masing kromatid terdorong secara perlahan-lahan menuju kutub spindel. Jadi anafase ditandai dengan terjadinya pemisahan kromatid sister membentuk anak kromosom yang bergerak menuju kutub spindel yang berlawanan.

e. Telofase

Ketika kromatid-kromatid anakan yang terpisah sampai di kutub, benang-benang kinetochor lenyap, benang-benang kumparan kembali memanjang dan salut inti yang baru kembali terbentuk disekitar masing-masing kromatid anakan. Kromosom nukleulus tampak kembali dan mitosis berakhir.

2. Miosis

Miosis berlangsung pada sel-sel miosit yang terdapat di dalam jaringan reproduksi pada suatu organisme. Seperti halnya dengan mitosis, miosis berlangsung setelah fase G1, S dan G2 dari interfase dan menentukan distribusi kromosom yang tepat ke dalam sel-sel anak. Berbeda dengan mitosis, sebab miosis

mencakup dua siklus pembelahan berturut-turut dan menghasilkan 4 sel anak.



Gambar 3.3 Fase Pembelahan Meiosis

a. Miosis Pertama

Profase I

Kromosom mulai memadat. Dalam suatu proses yang dinamakan sinapsis, kromosom homolog yang masing-masing tersusun dari dua kromatid saudara muncul secara bersamaan sebagai suatu pasangan. Masing-masing pasangan kromosom terlihat sebagai suatu tetrad, yaitu kompleks kromosom dengan empat kromatid. Pada banyak tempat di sepanjang kromosom, kromatid kromosom homolog saling silang menyilang. Persilangan yang membantu mengikat kromosom agar tetap

bersama ini dinamakan kiasmata (tunggal, kiasma). Semenetera itu komponen seluler lainnya mempersiapkan pemebelahan inti dengan cara yang mirip mitosis. Sentrosom bergerak saling menjauh dan gelendong mikrotubula terbentuk di antaranya. Akhirnya gelendong mikrotubula menangkap kinetokor yang terbentuk pada kromosom, dan kromosom mulai bergerak ke arah lempeng metafase. Secara terinci profase pertama terdiri atas 5 fase yaitu:

- ***Leptonema***: kromatin berpilin menjadi kromosom
- ***Zygonema***: Stadium ini ditandai dengan adanya kromosom homolog yang berpasangan. Kejadian ini disebut sinapsis.
- ***Pachynema***: Selama stadium ini, kromatid menjadi sangat jelas sebagai hasil kondensasi yang terus menerus.
- ***Diplonema dan diakinesis***: Stadium ini ditandai dengan terjadinya pemisahan kromosom homolog kecuali pada titik dimana chiasmata dibentuk.

Metafase I

Pada fase ini apparatus spindel terbentuk seperti pada mitosis, dan tetrad berkumpul pada bidang ekuatorial atau

bidang pembelahan atau lempeng metafase. Kromosom masih dalam pasangan homolognya. Mikrotubula kinetokor dari masing-masing kutub sel melekat pada satu kromosom, sementara itu mikrotubula dari kutub berlawanan menempel pada homolognya pada daerah sentromer.

Anafase I

Seperti pada mitosis, alat gelendong menggerakkan kromosom ke arah kutub sel, akan tetapi kromatid saudara tetap terikat pada sentromernya dan bergerak sebagai satu unit tunggal ke arah kutub yang sama. Kromosom homolog bergerak ke arah kutub yang berlawanan. Berbeda dengan mitosis, kromosom muncul sendiri-sendiri pada lempeng metafase dan bukan dalam pasangan, dan gelendong memisahkan kromatid saudara dari masing-masing kromosom. Dengan kata lain pada miosis fase anafase I, kromosom homolog (bukan kromatid saudara) dari setiap tetrad terpisah satu dengan yang lain, dan bergerak ke kutub gelendong (spindle) yang berlawanan.

Telofase I

Telofase I menghasilkan pembelahan miosis I. Kumpulan kromosom homolog pada akhirnya dipisahkan menuju kutubnya masing-masing dan terbentuk dua daerah inti yang dapat dibedakan secara jelas. Pada beberapa organisme,

salut inti yang baru dibentuk, dan dekonkondensasi kromosom kadang-kadang terjadi.

Interkinesis adalah periode di antara akhir telofase I dan awal profase II. Periode ini biasanya sangat singkat. DNA yang dihasilkan dari dua inti pada pembelahan miosis pertama tidak mengalami replikasi selama fase interkinesis.

Sitokinesis

Sitokinesis pada sel hewan sitoplasma terbagi oleh suatu proses yang dikenal sebagai cleavage yang biasanya dimulai pada akhir anafase dan telofase. Membran pada bagian tengah sel tertarik ke dalam membentuk alur **cleavage** yang tegak lurus pada sumbu kumparan diantara nukleus dan secara bertahap menyempit hingga pada akhirnya putus dan membentuk dua sel anak secara terpisah.

Berbeda dengan sel hewan, sel tumbuhan tidak mampu membentuk lekuk cleavage. Hal ini disebabkan karena adanya dinding sel yang kaku. Sitokinesis pada dinding sel tumbuhan tinggi melibatkan vesikula-vesikula yang berasal dari badan golgi dan mikrotubul-miktotubul yang tersusun paralel dan disebut fragmoplas. Vesikula-vesikula yang berasal dari badan golgi berasosiasi dengan mikrotubula fragmoplas dan

ditranslokasikan sepanjang mikrotubula ke arah daerah ekuatorial. Vesikula-vesikula tersebut selanjutnya terakumulasi pada daerah dimana mikrotubula fragmoplas mengalami overlap. Vesikula-vesikula selanjutnya berfusi satu sama lain membentuk lempeng sel (Cell plate). Vesikula-vesikula tadi berisi senyawa-senyawa pembentuk papan sel dan dinding sel seperti pektin, hemiselulosa dan selulosa.

Lempeng sel meluas secara lateral hingga mencapai dinding sel semula. Hal tersebut mungkin disebabkan karena mikrotubula-mikrotubula pada fragmoplas awal dirakit dirombak pada bagian perifer dari lempeng sel awal. Di tempat tersebut mereka menarik vesikula-vesikula lain dan kembali berfusi pada bidang ekuator sehingga lempeng sel meluas ke arah tepi. Proses ini berulang hingga lempeng sel mencapai membran plasma, dan dua sel baru terpisah secara sempurna. Pada akhirnya mikrofibril-mikrofibril selulosa ditempatkan pada bagian bawah lempeng sel untuk membentuk dinding sel baru.

Jelaskan keterkaitan pembelahan sel dengan perbedaan sifat pada pada orang yang bersaudara!



MARI BERDISKUSI

Untuk menjawab pertanyaan disamping diskusikanlah dengan teman anda, kemudian tuliskan jawabanmu pada LKM V.

b. Miosis Kedua

Profase II

Profase II mirip dengan profase pada pembelahan mitosis, walaupun setiap inti sel hanya memiliki setengah dari jumlah kromosom. Inti haploid dari setiap kromosom disusun atas dua kromatid saudara yang dibentuk sebelum profase I.

Metafase II

Metafase dua mirip dengan metafase pada pembelahan mitosis. Pasangan kromatid bergerak ke pusat spindle dan melekat pada mikrotubula-mnikrotubula.

Anafase II

Mirip dengan anafase pada pembelahan mitosis. Tetapi berbeda dengan anafase I. Pada anafase II kromatid sister terpisah satu sama lain dan bergerak menuju kutub spindel yang berlawanan.

Telofase II

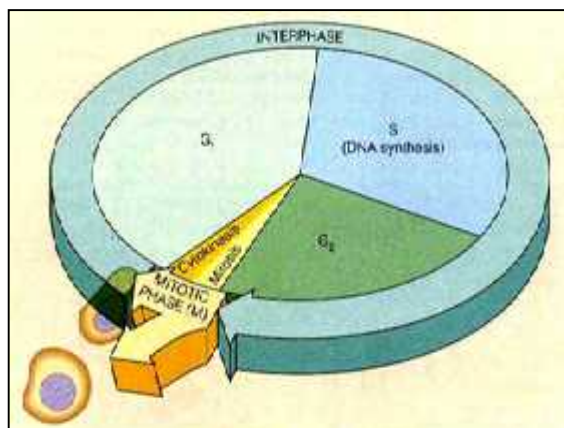
Telofase II mirip dengan telofase pada pembelahan mitosis. Kelompok-kelompok kromosom yang telah terpisah kembali dibungkus oleh selubung inti yang baru berkembang dan kromosom mulai mengalami dekondensasi.

Miosis menghasilkan 4 sel haploid. Umumnya pada hewan dan beberapa tumbuhan tinggi, miosis yang berlangsung pada jaringan reproduksi diiringi oleh pembelahan sitoplasma. Contoh pembelahan miosis adalah pembentukan gamet pada manusia.

Soal Latihan

1. Jelaskan tahap-tahap pembelahan sel secara mitosis!
2. Mengapa ada fase persiapan sebelum sel melakukan pembelahan selanjutnya!
3. Jelaskan tahap-tahap pembelahan sel secara meiosis!
4. Mengapa terjadi *crossing over* pada pembelahan meiosis!

5. Jelaskan skema siklus sel dibawah ini.



BAB VI METABOLISME

Manusia, hewan dan tumbuhan adalah organisme multiseluler yang tersusun dari berjuta-juta sel. Tiap jenis sel melakukan fungsi tertentu untuk memelihara kehidupan suatu organisme. Aktivitas fungsi sel tersebut memerlukan zat makanan untuk menghasilkan energi. Energi ini diperoleh dari penguraian zat makanan. Zat-zat yang dibutuhkan sel akan masuk ke dalam sitoplasma, selanjutnya di dalam sel akan terjadi proses metabolisme.

Metabolisme adalah reaksi-reaksi kimia yang terjadi di dalam sel. Reaksi kimia ini akan mengubah suatu zat menjadi zat yang lainnya. Reaksi-reaksi kimia ini berlangsung melalui urutan reaksi yang berbelit-belit, biasa disebut jalur metabolik. Reaksi-reaksi kimia ini pada umumnya memerlukan enzim yang akan mengatur suatu reaksi, walaupun ada beberapa reaksi yang terjadi secara spontan.

Pada saat kita lapar, tubuh akan merasa lemas. Namun, setelah makan tubuh kembali segar. Kesegaran itu disebabkan tubuh mendapatkan energi yang dihasilkan dari pembakaran bahan makanan yang kita makan. Energi dalam tubuh disimpan

dan dilepaskan dalam bentuk energi kimia dan ditambah sedikit energi panas. Energi tersebut diperlukan untuk melakukan aktivitas kehidupan, baik tingkat seluler seperti pembelahan sel dan transpor molekul ke luar dan ke dalam sel, maupun tingkat individu misalnya membaca, berlari, berjalan, beroleh raga.

Oleh karena itu, dalam mengkonsumsi makanan harus makanan yang bergizi seimbang yang banyak mengandung vitamin. Akan tetapi makanan yang dikonsumsi bukan hanya bergizi seimbang tetapi juga harus halal, dan tidak mengkonsumsinya secara berlebihan sesuai dengan firman Allah SWT. Ayat Al Qur'an yang berkaitan dengan proses metabolisme, sebagai berikut.

“Hai orang-orang yang beriman, janganlah kamu haramkan apa-apa yang baik yang telah Allah halalkan bagi kamu, dan janganlah kamu melampaui batas. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang melampaui batas. Dan makanlah makanan yang halal lagi baik dari apa yang Allah telah rezekikan kepadamu, dan bertakwalah kepada Allah yang kamu beriman kepada-Nya.” (Surah Al Maidah: 87-88).

A. Enzim

Enzim adalah katalisator. Enzim adalah zat (protein) yang untuk sementara terikat pada satu atau lebih zat-zat yang

bereaksi. Dengan demikian, enzim ini menurunkan barrier energi (jumlah energi aktivasi yang diperlukan) dari reaksi, sehingga reaksi dapat berlangsung cepat. Agar dapat melakukan tugasnya, suatu enzim harus menyatu walaupun hanya sebentar, paling sedikit satu dari zat yang bereaksi.

Enzim dapat berbentuk sebagai katalis, yaitu dapat meningkatkan kecepatan reaksi kimia tanpa dipengaruhi oleh reaksi kimia tersebut. Molekul yang bereaksi di dalam suatu reaksi yang dikatalisis oleh enzim disebut **substrat**, dan molekul yang dihasilkan disebut produk.

Enzim dibuat didalam sel-sel hidup. Sebagian besar enzim bekerja di dalam sel; disebut enzim intraseluler. Contoh enzim intraseluler adalah katalase yang memecah senyawa berbahaya hidrogen peroksida di dalam sel-sel hati. Beberapa enzim dibuat di dalam sel, kemudian dilepaskan dari dalam sel untuk melakukan fungsinya, disebut enzim ekstraseluler. Contoh enzim ekstraseluler adalah enzim-enzim pencernaan, misalnya amilase yang memecahkan amilum menjadi maltosa.

1. Komponen Enzim

Enzim tersusun dari bagian protein yang disebut apoenzim. Beberapa enzim memerlukan bagian non protein agar berfungsi sebagaimana mestinya. Komponen non protein dapat

berupa ion atau molekul yang disebut **kofaktor**. Beberapa kofaktor tidak berubah diakhir reaksi, tetapi kadang-kadang berubah dan terlibat dalam reaksi yang lain. Enzim yang terikat dengan kofaktornya disebut **Holoenzim**.

Ion-ion anorganik. Ion-ion organik sederhana merupakan salah satu kofaktor. Ion-ion ini terikat dengan enzim atau substrat kompleks dan dapat membuat fungsi enzim lebih efektif. Sebagai contoh, amilase dalam ludah akan bekerja lebih baik dengan adanya ion klorida dan kalsium.

Gugus prostetik. Gugus prostetik merupakan tipe kofaktor yang lain. Gugus prostetik berperan memberikekuatan tambahan terhadap kerja enzim. Gugus prostetik terdiri dari molekul-molekul organik yang terikat rapat dengan enzim. Contohnya adalah heme, yaitu suatu molekul berbentuk cincin pipih yang mengandung besi. Heme merupakan gugus prostetik sejumlah enzim, diantaranya katalase, peroksidase, dan sitokrom oksidase (terlibat dalam respirasi seluler).

Koenzim. Koenzim merupakan kofaktor yang terdiri dari molekul organik non protein kompleks yang terikat renggang dengan enzim. Koenzim berfungsi memindahkan gugus kimia, atom, atau elektron dari satu enzim ke enzim yang lain. Beberapa koenzim adalah vitamin atau turunan vitamin.

Contohnya, *nicotinamide adenine dinukleotide* (NAD) merupakan koenzim yang sangat penting dalam respirasi seluler.

Pada umumnya daya yang mengikat enzim dengan substratnya bukan ikatan kovalen. Tetapi ikatan hidrogen, ikatan ion dan daya tarik antara gugus hidrofobik dari dua molekul itu secara sendiri-sendiri atau bersama mengikat substrat pada enzim. Kebanyakan dari interaksi ini bersifat lemah, terutama jika atom-atom yang bersangkutan tidak berada di dalam jarak yang amat dekat. Karena itu, agar ikatan antara substrat dan enzim ini cukup kuat, kedua molekul harus sangat bersekatan dan meliputi suatu area yang cukup luas agar sejumlah daya tarik yang lemah dapat beroperasi. Jadi molekul substrat harus cocok dengan suatu permukaan komplementer molekul enzim seperti sebuah kunci dengan lubang kunci.

Enzim mempercepat rekasi metabolisme dengan cara menurunkan rintangan energi

Enzim adalah katalitik. Suatu katalis adalah suatu agen kimiawi yang mengubah laju reaksi tanpa harus dipergunakan oleh rekasi itu. Dengan tidak adanya enzim, lalu lintas kimiawi melalui jalur-jalur metabolisme akan menjadi terhambat.

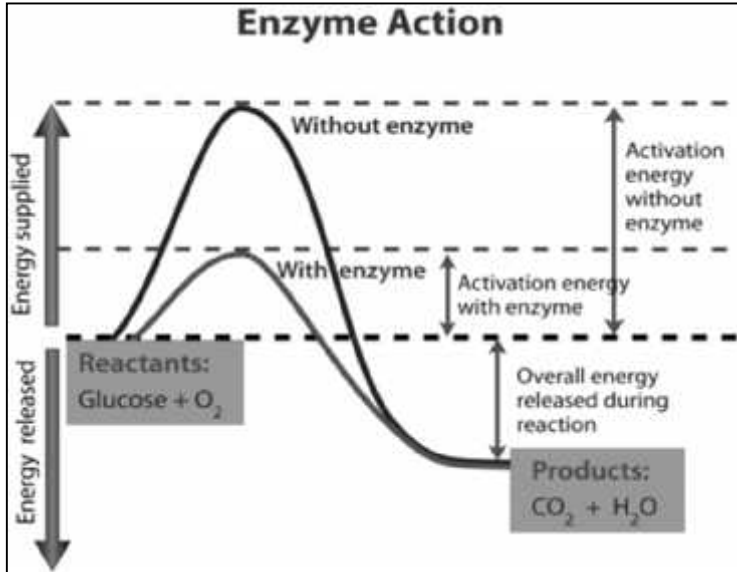
Setiap reaksi kimiawi melibatkan pemutusan ikatan dan pembentukan ikatan. Misalnya, hidrolisis sukrosa melibatkan

pertama-tama pemutusan ikatan antara glukosa dan fruktosa, kemudian pembentukan ikatan baru dengan suatu atom hidrogen dan suatu gugus hidroksil dari air. Setiap saat suatu reaksi mengatur ulang atom-atom molekul itu, ikatan-ikatan yang sudah ada dalam reaktan harus diputuskan dan ikatan baru pada produk akan dibentuk. Molekul reaktan harus menyerap energi dari sekelilingnya untuk dapat memutuskan ikatannya, dan energi akan dibebaskan ketika ikatan baru pada molekul produk terbentuk.

2. Cara Kerja Enzim

Enzim merupakan protein yang memiliki struktur tiga dimensi. Sisi aktif adalah bagian enzim yang berfungsi sebagai katalis. Enzim, mengkatalisis reaksi dengan meningkatkan kecepatan reaksi, dilakukan dengan menurunkan energi aktivasi (energi yang diperlukan untuk reaksi). Penurunan energi aktivasi dilakukan dengan membentuk kompleks dengan substrat.

Setelah produk dihasilkan dari reaksi, enzim kemudian dilepaskan. Enzim bebas untuk membentuk kompleks yang baru dengan substrat yang lain.

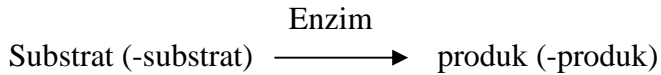


Gambar 4.1 Energi aktivitas enzim

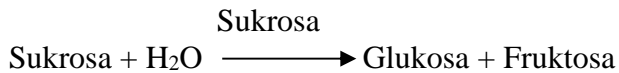
(Sumber: <https://www.google.co.id/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fdr282zn36sxxg.cloudfront.net%2Fdatastreams%2F>)

Enzim memiliki substrat yang spesifik

Reaktan di mana enzim akan bekerja disebut sebagai substrat enzim. Enzim berikatan dengan substratnya (atau beberapa substratnya ketika terdapat dua atau lebih reaktan). Pada saat enzim dan substrat berikatan, kerja katalitik enzim tersebut akan mengubah substrat menjadi produk (atau beberapa produk) reaksi. Keseluruhan proses itu dapat diringkas sebagai berikut, dengan nama enzim ditulis di atas tanda panah reaksi:



Misalnya, enzim sukrase (sebagian besar nama enzim berakhiran *-ase*) memecah disakarida sukrosa menjadi kedua monosakaridanya, glukosa dan fruktosa:



Setiap enzim dapat membedakan substratnya dari senyawa yang sangat dekat sekalipun hubungannya seperti isomer, sedemikian rupa sehingga setiap jenis enzim mengkatalisis suatu reaksi tertentu. Misalnya sukrase hanya akan bekerja pada sukrosa dan akan menolak disakarida lain, misalnya maltosa.

Hanya daerah tertentu dari molekul enzim itu yang sesungguhnya berikatan dengan substrat. Daerah ini, disebut **tempat aktif**, merupakan kantong atau lekukan yang khas pada permukaan protein tersebut. Umumnya, tempat aktif dibentuk oleh beberapa asam amino pada molekul enzim itu, dan sisanya adalah molekul protein yang memberikan suatu kerangka kerja yang menguatkan konfigurasi tempat aktif itu.



Gambar 4.2 Teori kerja Enzim

(Sumber: [https://www.google.co.id/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fimage.slidesharecdn.com%2Fbab2metabolisme-140531220635-phpapp02%](https://www.google.co.id/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fimage.slidesharecdn.com%2Fbab2metabolisme-140531220635-phpapp02%2F))

Kecocokan suatu enzim berhubungan dengan adanya kesesuaian antara bentuk tempat aktifnya dengan bentuk substratnya. Namun demikian, tempat aktif itu bukanlah suatu tempat penerima yang kaku bagi substrat tersebut. Ketika substrat memasuki tempat aktif, maka enzim akan terinduksi untuk mengubah bentuknya sedikit sehingga tempat aktif akan lebih pas mengelilingi substrat itu. Kecocokan terinduksi (*induced fit*) ini mirip dengan jabatan tangan yang sangat erat. Kecocokan terinduksi ini akan membawa gugus kimiawi tempat aktif itu ke posisi yang meningkatkan kemampuannya untuk menganalisis reaksi kimiawi.

3. Sifat-sifat enzim

Sifat-sifat enzim sebagai biokatalisator sebagai berikut.

Enzim adalah protein. Maka kerja enzim menuruti sifat protein, antara lain bekerja pada suhu optimum (biasanya suhu kamar, meski ada yang dapat bekerja pada suhu panas). Lingkungan enzim yang tidak cocok (suhu, pH, dan lingkungan ion yang terlalu ekstrim) menyebabkan protein enzim rusak sehingga tidak mampu bekerja dengan baik.

Enzim bekerja secara spesifik/ khusus. Di dalam sel terdapat ribuan jenis enzim yang fungsinya masing-masing sangat spesifik. Tiap enzim hanya dapat bekerja untuk mengkatalisis reaksi yang spesifik. Dengan kata lain, suatu enzim hanya dapat bekerja untuk substrat yang cocok saja.

Enzim hanya mengubah kecepatan reaksi. Enzim tidak mengubah produk akhir yang dibentuk atau memengaruhi keseimbangan reaksi. Enzim hanya berfungsi sebagai katalisator, yaitu hanya meningkatkan kecepatan reaksi.

Enzim hanya diperlukan dalam jumlah sedikit. Sesuai dengan fungsinya sebagai katalis, diperlukan hanya dalam jumlah sedikit. Sejumlah kecil enzim dapat meningkatkan kecepatan reaksi secara hebat.

Enzim dapat bekerja secara bolak balik. Enzim tidak mempengaruhi arah reaksi, sehingga dapat bekerja bolak balik. Enzim dapat menguraikan suatu senyawa menjadi senyawa lain. Enzim juga dapat menyusun suatu senyawa-senyawa menjadi senyawa tertentu.



(E = enzim, S = substrat, dan P = produk)

Enzim dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kerja enzim adalah suhu, pH, aktivator (pengaktif) dan inhibitor (penghambat), serta konsentrasi substrat.

4. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kerja Enzim

Pengaruh suhu dan pH. Struktur tiga dimensi protein sangat sensitif terhadap lingkungannya. Sebagai suatu protein, suatu enzim mempunyai kondisi tertentu di mana enzim tersebut dapat bekerja secara optimal, karena lingkungan tersebut mendukung konformasi yang paling aktif bagi molekul enzim tersebut.

Suhu merupakan salah satu faktor lingkungan penting dalam aktivitas suatu enzim. Sampai pada suatu titik, kecepatan suatu reaksi enzimatik meningkat sejalan dengan meningkatnya

suhu, sebagian disebabkan karena substrat akan bertubrukan dengan tempat aktif lebih sering ketika molekul itu bergerak lebih cepat. Namun demikian, diluar suhuitu, kecepatan reaksi enzimatik akan menurun drastis. Agitasi termal pada molekul enzim itu akan mengganggu ikatan hidrogen, ikatan ionik, dan interaksi lemah lainnya yang menstabilkan konformasi aktifnya, sehingga molekul protein itu akan mengalami denaturasi. Setiap enzim memiliki suatu suhu optimal di mana laju reaksinya berjalan paling cepat. Suhu ini memungkinkan terjadinya tubrukan molekul paling banyak tanpa mendenaturasikan enzim itu. Sebagian besar enzim manusia memiliki suhu optimal sekitar 35°C sampai 37°C (mendekati suhu tubuh manusia). Bakteri yang hidup dalam sumber air panas mengandung enzim dengan suhu optimal 70 oC atau lebih.

Selain setiap enzim memiliki suhu optimal, enzim juga memiliki nilai pH optimal untuk bekerja paling aktif. Nilai pH optimal untuk sebagian besar enzim adalah sekitar 6 sampai 8, akan tetapi terdapat beberapa pengecualian. Misalnya, pepsin, enzim pencernaan dalam lambung, bekerja paling baik pada pH 2. Lingkungan asam seperti itu mendenaturasi sebagian besar enzim, akan tetapi konformasi aktif pepsin diadaptasikan dengan lingkungan asam lambung tersebut. Sebaliknya, tripsin, enzim

pencernaan yang tinggal dalam lingkungan usus yang bersifat basa, memiliki pH optimal 8.

Aktivator dan inhibitor. Aktivator merupakan molekul yang mempermudah ikatan antara enzim dengan substratnya. Contoh aktivator adalah ion klorida yang berperan dalam aktivitas amilase dalam ludah. Sebaliknya, inhibitor merupakan suatu molekul yang mempersulit ikatan enzim dengan substratnya. Contoh inhibitor adalah ion sianida. Ion sianida menutupi sisi aktif enzim yang terlibat dalam respirasi.

Kofaktor. Banyak enzim yang memerlukan bantuandari komponen nonprotein untuk aktivitas katalitiknya. Komponen itu disebut kofaktor. Kofaktor beberapa enzim adalah molekul anorganik, seperti logam zink, besi, dan tembaga. Jika kofaktor merupakan molekul organik, maka molekul itu secara lebih spesifik disebut koenzim. Sebagian besar vitamin adalah koenzim atau bahan baku untuk pembuatan koenzim tersebut.

Konsentrasi enzim. Sisi aktif suatu enzim dapat digunakan berulang kali oleh banyak substrat. Substrat yang berikatan dengan sisi aktif enzim akan membentuk produk. Pelepasan produk menyebabkan sisi aktif enzim bebas untuk berikatan dengan substrat lainnya. Sehingga hanya dibutuhkan sejumlah kecil enzim untuk mengkatalis sejumlah besar substrat.

B. Metabolisme

Metabolisme adalah rangkaian reaksi kimia yang diawali dengan substrat awal dan diakhiri dengan produk akhir. Di dalam sel, suatu reaksi tidak bersifat bolak balik, melainkan berjalan ke satu arah karena tiap produk suatu reaksi akan menjadi reaktan bagi reaksi berikutnya. Reaksi ini terjadi berturut-turut sampai produk akhir suatu jalur metabolisme terbentuk.



Jalanan reaksi $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$ merupakan rangkaian reaksi 1, 2, 3, dan 4 menjadi suatu jalur metabolisme. Dalam jalur A adalah substrat (reaktan awal) dan E adalah produk akhir. Jalur metabolisme diarahkan oleh enzim-enzim yang mengkatalis tiap tahap reaksi kimia di atas.

Reaksi kimia metabolisme dibedakan menjadi katabolisme dan anabolisme.

1. Katabolisme

Katabolisme adalah rangkaian reaksi kimia yang substrat awalnya adalah molekul besar, dan produk akhirnya adalah molekul kecil. Dengan kata lain, katabolisme adalah rangkaian

reakasi yang bertujuan untuk pembongkaran atau penguraian suatu molekul. Biasanya katabolisme bersifat eksergonik (menghasilkan energi).

Tahapan metabolisme di mana molekul kompleks yang kaya energi dirombak menjadi molekul sederhana yang miskin energi disebut katabolisme. Misalnya makanan yang ditelan, dihancurkan menjadi sebuah “kumpulan” molekul-molekul organik yang mengandung 2-4 atom karbon, dirombak lebih lanjut pada akhirnya menjadi molekul anorganik yang sederhana seperti CO_2 , H_2O , dan NH_3 . Jumlah energi yang terdapat dalam hasil akhir perombakan ini jauh lebih kecil dari pada jumlah energi yang terdapat dalam molekul-molekul asal. Jadi dalam tahapan proses degradasi ini dihasilkan energi.

Metabolisme dikaitkan dengan pengaturan sumber daya materi dan energi dari sel itu beberapa jalur metabolisme membebaskan energi dengan cara merombak molekul-molekul kompleks mejadi senyawa yang lebih sederhana. Proses perombakan ini disebut jalur katabolik. Sebuah proses utama katabolisme adalah respirasi seluler, dimana gula glukosa dan bahan organik lainnya dirombak menjadi karbon dioksida dan air. Setelah perombakan tersebut, energi yang tersimpan dalam molekul organik dapat digunakan untuk melaksanakan kerja sel.

Katabolisme mempunyai dua fungsi, yaitu menyediakan bahan baku untuk sintesis molekul lain dan menyediakan energi kimia yang dibutuhkan untuk melakukan berbagai aktivitas suatu sel. Energi yang dilepaskan dari katabolisme disimpan secara temporer dalam bentuk energi fosfat (terutama ATP = adenin trifosfat) dan energi elektron tinggi (NADH_2 = nikotinamid adenin dinukleotida H_2 dan FADH_2 = flavin adenin dinukleotida H_2). Energi katabolisme diperoleh dari proses respirasi.

Respirasi. Cara sel mendapatkan energi adalah melalui pembakaran. Pembakaran di dalam sel dapat diibaratkan dengan pembakaran diluar sel secara fisika (misalnya saat membakar lilin), yaitu memerlukan energi dan menghasilkan energi panas. Bedanya, pembakaran di dalam sel tidak menghasilkan energi panas yang akan merusak protoplasma sel. Energi yang dibebaskan oleh pembakaran segera disimpan dalam bentuk ATP (senyawa kimia turunan nukleotida yang berenergi tinggi). Oksigen digunakan sebagai penerima elektron terakhir bersama proton pada hidrogen membentuk molekul air.

Respirasi Aerob. Secara mudah respirasi aerob adalah pernapasan. Keran dalam peristiwa respirasi terjadi pertukaran oksigen dengan karbon dioksida. Respirasi aerob merupakan

peristiwa pembakaran zat makanan yang melibatkan oksigen dari pernapasan, untuk dipertukarkan dengan karbon dioksida (CO_2) dari organisme kepada lingkungannya.

Peristiwa respirasi terjadi di dalam mitokondria. Dalam respirasi ini, bahan makanan (senyawa karbon karbohidrat, lemak atau protein) dioksidasi sempurna menjadi karbon dioksida dan air.



Glukosa dalam reaksi di atas adalah substrat yang dioksidasi secara sempurna. Oksigen diperlukan sebagai aseptor elektron terakhir dalam rantai transpor elektron di dalam mitokondria. Pada manusia, karbon dioksida dilaurkan dalam darah kemudian dibuang melalui hemusan napas dari paru-paru. Molekul air juga merupakan sampah dari respirasi dan dibuang melalui plasma arah ke paru-paru sebagai hembusan napas.

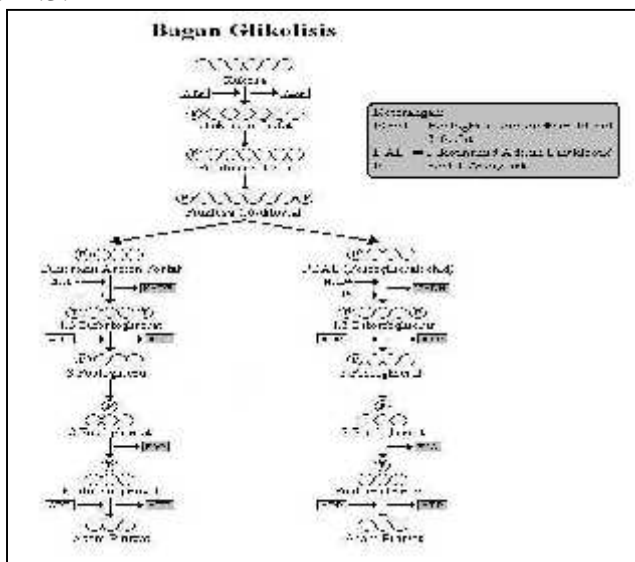
Respirasi aerob terjadi dalam 3 tahap, yaitu glikolisis, siklus krebs, dan sistem transpor elektron.

➤ **Glikolisis**

Glikolisis terjadi di dalam sitoplasma sel. Pada tahap glikolisis, terjadi dua langkah reaksi, yaitu langkah memerlukan energi dan langkah melepaskan energi. Saat langkah memerlukan energi, 2 molekul ATP diperlukan untuk

mentrasfer gugus fosfat ke glukosa. Sehingga glukosa mempunyai simpanan energi yang lebih tinggi. Energi ini diperlukan untuk reaksi selanjutnya, yaitu reaksi pelepasan energi.

Jadi, dapat disimpulkan bahwa glikolisis adalah reaksi pelepasan energi yang memecahkan 1 molekul glukosa (terdiri dari 6 atom karbon) atau karbohidrat yang lain menjadi 2 molekul asam piruvat (terdiri dari 3 atom karbon), 2 NADH (*nicotinamide adenine dinucleotide H*), dan 2 ATP. Lihat gambar 2.3.



Gambar 4.3 Tahapan Glikolisis

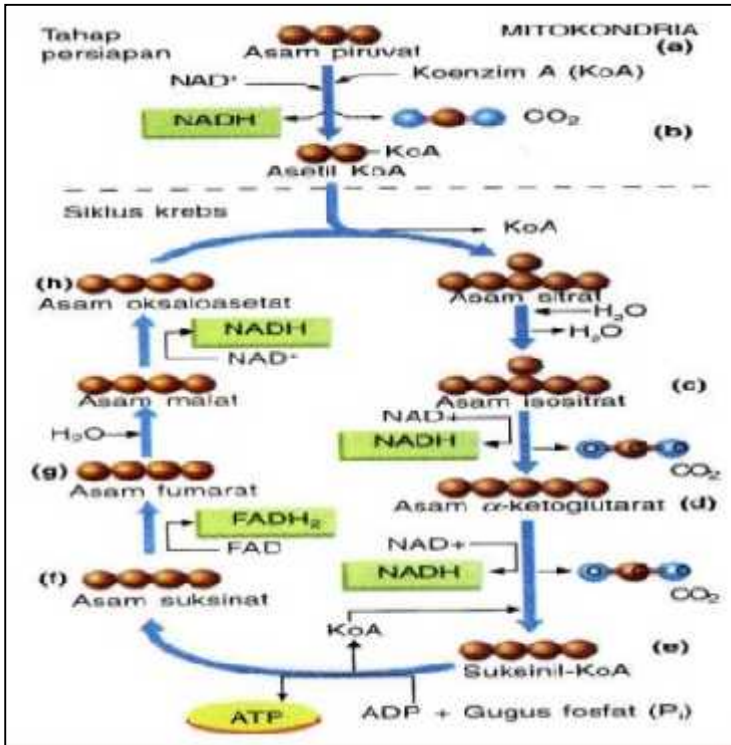
(Sumber: <https://www.google.co.id/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fsubarkahkomentangi.files.wordpress.com%2F2011%2F10%2Fglikolisis1.jpg&imgrefurl=https%>)

Kata glikolisis berarti “menguraikan gula” dan itulah yang tepatnya terjadi selama jalur ini. Glukosa, gula berkarbon-enam, diuraikan menjadi dua gula berkarbon-3. Gula yang lebih kecil kemudian dioksidasi, dan atom sisanya disusun ulang untuk membentuk dua molekul piruvat. (piruvat merupakan bentuk terionisasi asam berkarbon-3, yaitu asam piruvat). Hasil selisih energi dari dlikolisis per molekul glukosa adalah 2 ATP dan 2 NADH. Perhatikan bahwa semua karbonyang mula-mula ada dalam glukosa masuk ke dalam dua molekul piruvat; tidak ada CO₂ yang dilepaskan selama glikolisis. Perhatikan juga bahwa glikolisis terjadi tanpa memandang ada atau tidaknya oksigen molekuler (O₂). Akan tetapi jika ada oksigen, energi yang tersimpan dalam NADH dapat diubah menjadi energi ATP selama forforilasi oksidatif. Dan dalam keberadaan oksigen, energi kimia yang tersisa dalam piruvat dapat diekstraksi melalui siklus Krebs.

➤ **Siklus Krebs**

Siklus Krebs dinamai berdasarkan nama Hans Krebs, saintis Jerman-Inggris yang paling bertanggung jawab dalam pembeberan jalur inipada tahun 1930-an. Siklus ini memiliki 8 langkah, masing-masing dikatalisis oleh suatu enzim spesifik

dalam matriks mitokondria. Siklus ini juga disebut siklus asam sitrat. Tahap awal siklus Krens adalah 2 molekul asam piruvat yang dibentuk pada glikolisis meninggalkan sitoplasma dan memasuki mitokondria.



Gambar 4.4 Tahapan siklus Krebs

(Sumber: [https://www.google.co.id/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fimage.slidesharecdn.com%2Fsikluskrebs-140509132535-phpapp01%](https://www.google.co.id/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fimage.slidesharecdn.com%2Fsikluskrebs-140509132535-phpapp01%2F))

Langkah (a) asam piruvat glikolisis memasuki mitokondria, melepaskan gugus karboksil (COO^-) dalam bentuk CO_2 , dan berikatan dengan koenzim A membentuk asetil-KoA. (b) asetil-KoA memasuki siklus Krebs dengan melepaskan Koenzim A dan dua atom karbonnya bergabung dengan asam oksaloasetat membentuk asam sitrat. (c) penggunaan dan pelepasan kembali H_2O merubah asam sitrat menjadi asam isositrat. (d) asam isositrat berubah menjadi asam α -ketoglutarat dengan melepas gugus karboksil (COO^-) dalam bentuk CO_2 dan memberi atom hidrogen serta elektron kepada NAD^+ untuk membentuk NADH . (e) pelepasan CO_2 , pemberian atom hidrogen dan elektron kepada NAD^+ kembali terjadi sehingga asam α -ketoglutarat berikatan dengan Koenzim A membentuk senyawa antara suksinil KoA. (f) Koenzim A dilepaskan kembali dan pelepasan ini membantu pengikatan ADP dengan gugus fosfat menjadi ATP, serta senyawa antara berubah menjadi asam suksinat. (g) asam suksinat mentransfer atom hidrogen dan elektron kepada FAD membentuk FADH_2 , dan asam suksinat berubah menjadi asam fumarat. (h) asam fumarat yang menggunakan H_2O berubah menjadi asam malat, lalu mentrasfer kembali atom hidrogen dan elektron kepada NAD^+ membentuk NADH . Kemudian asam malat berubah menjadi

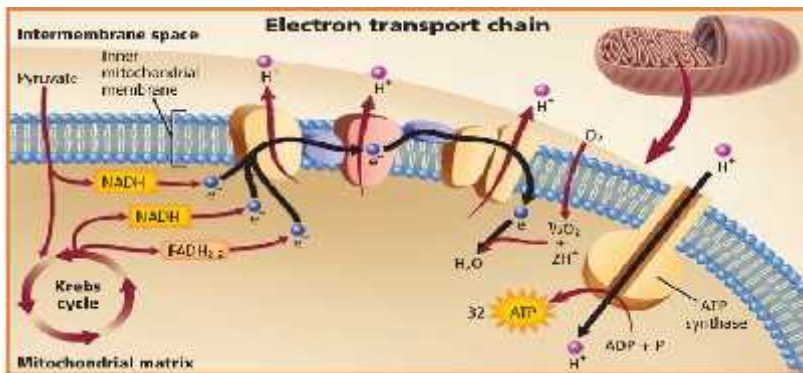
asam oksaloasetat yang akan digunakan dalam siklus Krebs selanjutnya.

Selama beberapa reaksi tersebut dilepaskan 2 molekul karbon dioksida, 3 NADH, 1 FADH₂ (flavin adenine dinucleotide H₂), dan 1 ATP. Reaksi ini terjadi 2 kali karena pada glikolisis, glukosa dipecah menjadi 2 molekul asam piruvat. Jadi, dapat disimpulkan bahwa siklus Krebs merupakan reaksi tahap kedua dalam respirasi aerob yang mempunyai tiga fungsi, yaitu menghasilkan NADH₂, FADH₂, dan ATP serta membentuk kembali oksaloasetat. Oksaloasetat ini berfungsi untuk siklus Krebs selanjutnya. Dalam siklus Krebs dihasilkan 6 NADH₂, 2 FADH₂, dan 2 ATP.

➤ **Sistem transpor elektron**

Transpor elektron terjadi di bagian membran dalam mitokondria. NADH dan FADH₂ yang dihasilkan dari siklus Krebs dan glikolisis memberikan elektron dan H⁺ ke sistem transpor elektron. Oleh karena elektron bergerak melalui sistem transpor maka H⁺ dipompa keluar dari membran dalam mitokondria. Konsentrasi H⁺ di luar membran dalam mitokondria menimbulkan gradien elektron antara bagian luar dan bagian dalam membran mitokondria. Akibatnya, ion H⁺ kembali menuju bagian dalam membran dalam mitokondria

melalui ATP sintase. ATP sintase merupakan protein yang menempel di membran dalam mitokondria. Aliran H^+ melalui protein transpor ini memacu pembentukan ATP dari ADP dan fosfat (P_i). Oksigen bebas menjaga pembentukan ATP terus berjalan, yaitu dengan menerima elektron yang dilepaskan pada akhir sistem transpor elektron. Oksigen akan bergabung dengan H^+ membentuk air. ATP yang dihasilkan pada tahap ini adalah 32 ATP.



Gambar 4.5. Tahapan Sistem Transpor Elektron

(Sumber: [https://www.google.co.id/imgres?imgurl=https%3A%2F%2F4.bp.blogspot.com%2F-483OhbqPM8%2FTgWV7kZW8LI%](https://www.google.co.id/imgres?imgurl=https%3A%2F%2F4.bp.blogspot.com%2F-483OhbqPM8%2FTgWV7kZW8LI%2F))

Sistem transpor elektron adalah tahapan terakhir dari respirasi aerob ketika elektron dari reaksi intermediet (siklus Krebs) dialirkan berturut-turut pada enzim dan kofaktor membran dalam mitokondria, dan aliran elektron menyebabkan terjadinya gradien elektron yang kemudian mendorong

terjadinya sintesis ATP. ATP dihasilkan dari pemecahan glukosa menjadi karbon dioksida dan air adalah 2 ATP hasil dari glikolisis + 2 ATP dari hasil siklus Krebs + 32 ATP dari sistem transpor elektron (total 36 ATP).

Jika ada 2 molekul glukosa masuk dalam proses glikolisis, maka berapakah hasilnya?



MARI BERDISKUSI

Untuk menjawab pertanyaan disamping diskusikanlah dengan teman anda, kemudian tuliskan jawabanmu pada LKM VI.

Respirasi anaerob. Respirasi anaerob merupakan respirasi yang tidak menggunakan oksigen sebagai penerima elektron akhir pada saat pembentukan ATP. Pada respirasi anaerob juga menggunakan glukosa sebagai substrat. Respirasi anaerob merupakan fermentasi. Beberapa organisme yang melakukan fermentasi diantaranya adalah bakteri dan protista yang hidup di rawa, lumpur, makanan yang diawetkan, atau

tempat-tempat lain yang tidak mengandung oksigen. Beberapa organisme dapat menggunakan oksigen untuk respirasi, tetapi dapat juga melakukan fermentasi. Organisme itu melakukan fermentasi jika lingkungannya miskin oksigen. Sebagai contoh, sel-sel otot kita dapat melakukan respirasi anaerob jika sel-sel otot kekurangan oksigen.

Seperti pada respirasi aerob, glukosa merupakan substrat pada tahap awal fermentasi. Glukosa dipecah menjadi 2 molekul asam piruvat, 2 NADH, dan terbentuk 2 ATP. Akan tetapi, reaksi fermentasi tidak secara sempurna memecah glukosa menjadi karbon dioksida dan air, serta ATP yang dihasilkan tidak melebihi jumlah ATP yang dihasilkan dari glikolisis.

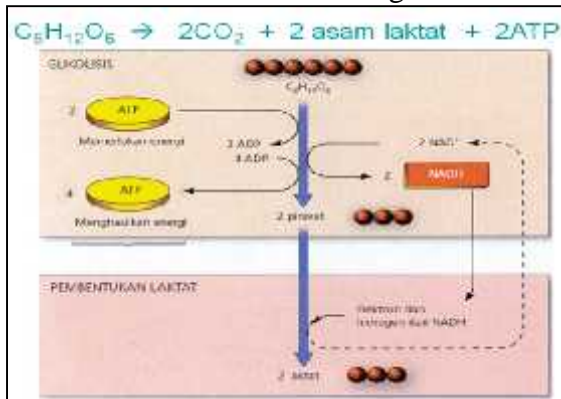
➤ **Fermentasi asam laktat**

Fermentasi asam laktat terjadi pada otot manusia saat kerja keras dan persediaan oksigen kurang mencukupi. Pada fermentasi asam laktat, molekul asam piruvat hasil glikolisis direduksi menjadi asam laktat. Zat yang mereduksi adalah NADH tanpa melepas CO_2 . Asam piruvat diubah menjadi asam laktat menghasilkan 2 ATP.

➤ **Fermentasi alkohol**

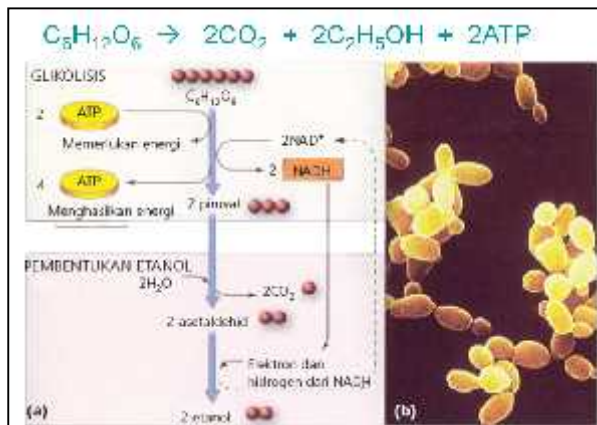
Fermentasi alkohol dilakukan oleh jamur ragi (*yeast*) secara anaerob. Substrat fermentasi adalah asam piruvat. Asam

piruvat didekarboksilasi (sebuah CO₂ dikeluarkan) sebelum direduksioleh NADH. Hasilnya adalah sebuah molekul CO₂ dan sebuah molekul etanol. Fermetasi ini menghasilkan 2 ATP.



Gambar 4.6. Fermentasi asam laktat

(Sumber: <https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fbiologooby.weebly.com%2Fuploads%2F4%2F9%2F8%2F3%2F49830669%2F4304111.png>)



Gambar 4.7. Fermentasi alkohol

(Sumber: https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F1.bp.blogspot.com%2F_HGNB2IZO3yY%2FSnpGX8g5TeI/)

2. Anabolisme

Bahan makanan yang sudah dirombak menjadi molekul-molekul sederhana mengandung 2-4 atom karbon. Berfungsi sebagai bahan baku pembuatan gula, asam lemak, gliserol, dan asam amino. Dan kemudian disusun menjadi komponen makro molekul dari sel; polisakarida, protein dan nukleat. Menggunakan energi untuk membangun molekul kompleks dari molekul-molekul yang lebih sederhana. Tahapan metabolisme dimana molekul besar yang kompleks dibuat dari molekul yang kecil dan sederhana disebut **Anabolisme**.

Anabolisme juga dapat diartikan sebagai rangkaian reaksi yang bertujuan untuk penyusunan atau sintesis suatu molekul. Contoh lainnya adalah fotosintesis atau sintesis karbohidrat dengan bantuan energi cahaya matahari.

➤ **Fotosintesis.**

Fotosintesis merupakan sintesis yang memerlukan cahaya (foto = cahaya, sintesis = membuatbahan kimia, memasak). Fotosintesis adalah peristiwa penggunaan energi cahaya matahari untuk membentuk senyawa dasar karbohidrat dari karbon dioksida dan air.

Tempat terjadinya fotosintesis. Fotosintesis terjadi di dalam kloroplas. Kloroplas merupakan organel plastida yang

mengandung pigmen hijau daun (klorofil). Sel yang mengandung kloroplas terdapat pada mesofil daun tanaman, yaitu sel-sel jaringan tiang (palisade) dan sel-sel jaringan bunga karang (spons). Di dalam kloroplas terdapat klorofil pada protein integral membran tilakoid.

Kloroplas tersusun dari bagian-bagian sebagai berikut.

Stroma. Stroma merupakan struktur kosong di dalam kloroplas. Stroma juga merupakan tempat glukosa terbentuk dari karbon dioksida dan air.

Tilakoid. Tilakoid merupakan struktur cakram bertumpuk-tumpuk, yang terbentuk dari pelipatan membran dalam kloroplas. Membran tilakoid menangkap energi cahaya dan mengubahnya menjadi energi kimia.

Grana. Grana merupakan selubung tangkai penghubung tilakoid.

Klorofil merupakan pigmen utama yang terdapat pada tumbuhan. Klorofil dapat dibedakan menjadi klorofil a dan klorofil b. Klorofil a merupakan pigmen hijau rumput (*grass-green pigment*) yang mampu menyerap cahaya merah dan biru-keunguan. Klorofil a ini sangat berperan dalam reaksi gelap fotosintesis. Klorofil b merupakan pigmen hijau kebiruan yang mampu menyerap cahaya biru dan merah kejinggaan. Klorofil b

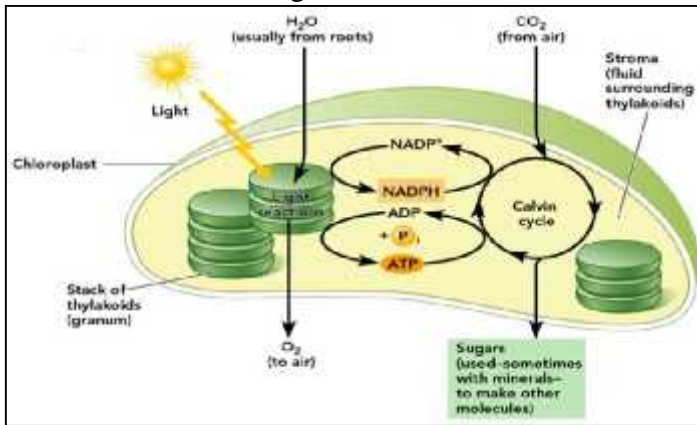
banyak terdapat pada tumbuhan, ganggang hijau, dan beberapa bakteri fotoautotrof.

Selain klorofil, di dalam kloroplas juga terdapat pigmen karotenoid, antosianin, dan fikobilin. Karotenoid mampu menyerap cahaya biru-kehijauan dan biru keunguan. Karotenoid memantulkan cahaya merah, jingga, dan kuning. Karotenoid banyak terdapat pada bunga, buah dan sayuran. Antosianin dan fikobilin merupakan pigmen merah dan biru. Antosianin banyak ditemukan pada bunga. Fikobilin banyak ditemukan pada kelompok ganggang merah. Dengan keberadaan cahaya, bagian-bagian tumbuhan yang berwarna hijau menghasilkan bahan organik dan oksigen dari karbon dioksida dan air. Dengan menggunakan rumus molekul, kita dapat merangkum fotosintesis dengan persamaan kimiawi sebagai berikut.



Jalannya Reaksi Fotosintesis. Reaksi-reaksi fotosintesis terdiri dari reaksi terang dan reaksi gelap. Pada reaksi terang; kloroplas merupakan pabrik kimiawi yang digerakkan oleh matahari. Tilakoid kloroplas ini mengubah energi cahaya menjadi energi kimiawi dalam bentuk ATP dan

NADPH. Sedangkan pada reaksi gelap atau disebut juga siklus Calvin-Benson. Reaksi ini tidak bergantung secara langsung dengan cahaya. Reaksi gelap berlangsung dalam gelap dan hanya dapat berlangsung jika ada ATP dan NADPH yang dihasilkan dari reaksi terang.



Gambar 4.8. Jalur reaksi fotosintesis

Soal Latihan

1. Jelaskan definisi metabolisme!
2. Jelaskan komponen-komponen enzim!
3. Jelaskan cara kerja enzim!
4. Jelaskan perbedaan katabolisme dan anabolisme!
5. Sebutkan komponen yang dihasilkan oleh setiap tahap respirasi aerob!
6. Jelaskan proses fermentasi alkohol!

BAB VII

PEWARISAN SIFAT

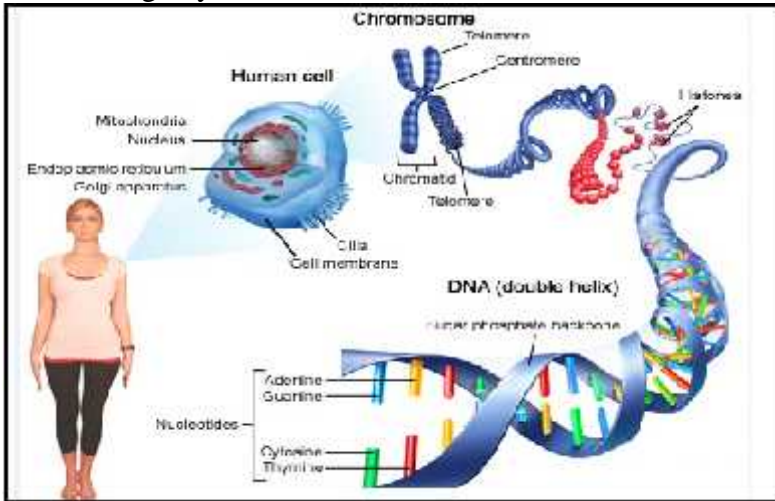
A. DNA, GEN, DAN KROMOSOM

Cabang Biologi yang berurusan dengan hereditas dan variasi disebut Genetika. Unit-unit hereditas yang ditransmisikan dari satu generasi ke generasi berikutnya (diwariskan) disebut gen. Gen terletak dalam molekul-molekul panjang **asam deoksiribonukleat** (*deoxyribonucleic acid*, DNA) yang ada dalam semua sel. DNA, bersama dengan suatu matriks protein, membentuk nukleoprotein dan terorganisasi menjadi struktur yang disebut **kromosom** yang ditemukan dalam nukleus atau daerah inti sel. Sebuah gen mengandung kode informasi bagi produksi protein. Normalnya, DNA adalah molekul yang stabil dengan kapasitas untuk bereplikasi sendiri. Terkadang, bisa terjadi perubahan spontan pada suatu bagian DNA. Perubahan itu disebut mutasi, dapat menyebabkan perubahan kode DNA yang mengakibatkan produksi protein yang salah atau tidak lengkap. Hasil netto sebuah mutasi seringkali terlihat sebagai perubahan pada tampilan fisik suatu individu ataupun perubahan pada hal-hal lain yang dapat diukur pada organisme itu, disebut karakter atau sifat.

Masing-masing gen menempati posisi spesifik di kromosom, disebut lokus (jamak **loki**) gen. Karenanya, semua bentuk alelik sebuah gen dapat ditemukan diposisi yang sama pada kromosom-kromosom berbeda yang mirip secara genetis (homolog). Kata “lokus” terkadang saling dipertukarkan dengan kata “gen” dalam penggunaannya. Semua gen dalam kromosom dikatakan **bertaut** satu sama lain dan merupakan anggota kelompok pertautan (*linkage group*) yang sama.

Pada organisme-organisme yang lebih kompleks, misalnya tumbuhan dan hewan, setiap sel somatik (sel apapun selain sel kelamin) mengandung satu set kromosom yang diwarisi dari induk maternal (betina) dan satu set kromosom yang sebanding (kromosom-kromosom **homolog**) dari induk paternal (jantan). Jumlah kromosom pada set ganda itu disebut jumlah **diploid** ($2n$). Akhiran “-ploid” mengacu pada set-set kromosom. Awalan mengindikasikan derajat ploidi. Sel-sel kelamin, atau **gamet**, yang mengandung separuh jumlah set kromosom pada sel somatik, disebut sebagai sel-sel haploid (n). Istilah genom mengacu pada set haploid informasi genetik yang terkandung dalam sel-sel (kromosom) dari suatu spesies tertentu. Jumlah kromosom pada setiap sel somatik sama pada semua anggota suatu spesies. Misalnya, sel-sel somatik manusia mengandung

46 kromosom, sel-sel tembakau mengandung 48 kromosom, sapi 60 kromosom, ercis 14 kromosom, lalat buah 8 kromosom, dan lain sebagainya.



Gambar 7.1. Sel dan Kromosom

(Sumber: [https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F1.bp.blogspot.com%2F_4IwHTsRufBg%2FTHg37vWw9AI%](https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F1.bp.blogspot.com%2F_4IwHTsRufBg%2FTHg37vWw9AI%2F))

B. HUKUM MENDEL

Orang pertama yang mengadakan percobaan perkawinan silang adalah **Gregor Mendel**, berasal dari Austria yang hidup pada tahun 1822-1884 di sebuah biara laki-laki dikota kecil **Brunn**. Dia datang di biara itu pada tahun 1843 sebagai anak miskin. Pada tahun 1851 ia dikirim ke Universitas Wina untuk belajar ilmu pengetahuan alam, tetapi ia

tidak mendapatkan nilai baik untuk fisika dan matematika. Ketika ia kembali ke kota **Brunn** mulailah ia pada tahun 1857 mengumpulkan beberapa jenis ercis (*Pisum sativum*) untuk dipelajari perbedaannya satu dengan lainnya dan melakukan percobaan perkawinan silang pada tanaman ercis itu.

Mendel telah memilih tanaman ercis untuk percobaannya karena (a) tanaman ini hidupnya tak lama (merupakan tanaman setahun), mudah tumbuh dan mudah disilangkan. (b) memiliki bunga sempurna, (c) tanaman ini memiliki beberapa sifat dengan perbedaan yang menyolok, seperti batang tinggi lawan kerdil, buah polongan berwarna hijau awan kuning, bunga berwarna ungu lawan putih, bunganya terletak aksial (sepanjang batang) lawan terminal (ujung batang), biji yang masak berwarna hijau lawan kuning, permukaan biji licin lawan berkerut, warna kulit biji abu-abu lawan putih.

Waktu Mendel mengawinkan tanaman ercis berbatang tinggi dengan yang berbatang kerdil, maka semua tanaman keturunan pertama seragam berbatang tinggi. Suatu tanda bahwa sifat tinggi mengalahkan sifat kerdil. Sifat demikian disebut sifat **dominan**, sifat yang dikalahkan disebut sifat **resesip**. Untuk menerangkan hasil percobaan Mendel itu secara genetik perlu


dikenal terlebih dahulu penggunaan beberapa simbol (tanda), seperti:

P = induk/ orang tua (bahasa latin **parens**)

F = keturunan (bahasa latin **filius**). Maka F1 adalah keturunan pertama; F2 adalah keturunan ke dua, dst.

= tanda kelamin betina

= tanda kelamin jantan



Apakah sifat yang dipengaruhi lingkungan dapat diwariskan?



MARI BERDISKUSI

Untuk menjawab pertanyaan disamping diskusikanlah dengan teman anda, kemudian tuliskan jawabanmu pada LKM VII.

Gen biasanya diberi simbol dengan huruf pertama dari suatu sifat. Gen dominan dinyatakan dengan huruf besar, sedangkan yang resesif oleh hurufkecil. Misalnya:

T = simbol untuk gen yang menentukan batang tinggi

t = simbol untuk ge yangmenentukan batang kerdil

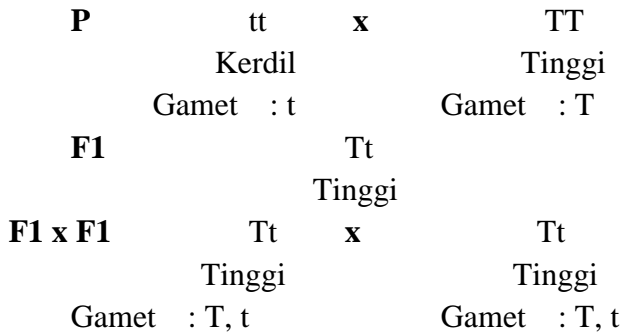
Oleh karena tanaman itu merupakan individu yang diploid, maka simbol tanaman ditulis dengan huruf doble.

Misalnya:

TT = simbol tanaman berbatang tinggi

Tt = simbol tanaman berbatang kerdil

Percobaan Mendel tersebut dapat diikuti secara genetik dengan diagram persilangan berikut ini.



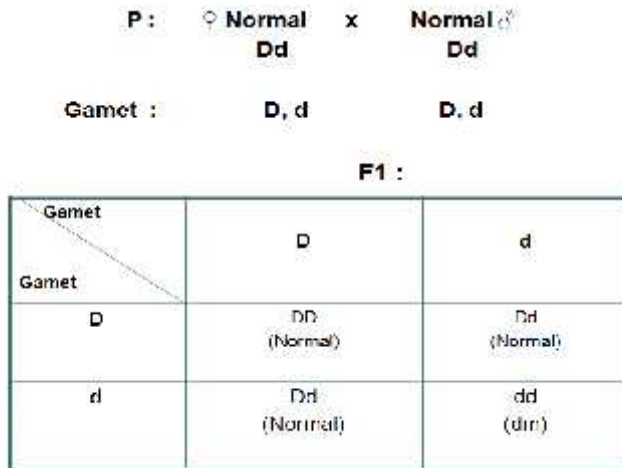
\	T	t
T	TT (tinggi)	Tt (tinggi)
T	Tt (tinggi)	Tt (kerdil)

F2

Gambar 7.2. Diagram persilangan dari percobaan mendel antara tanaman ercis berbatang tinggi dan batang kerdil

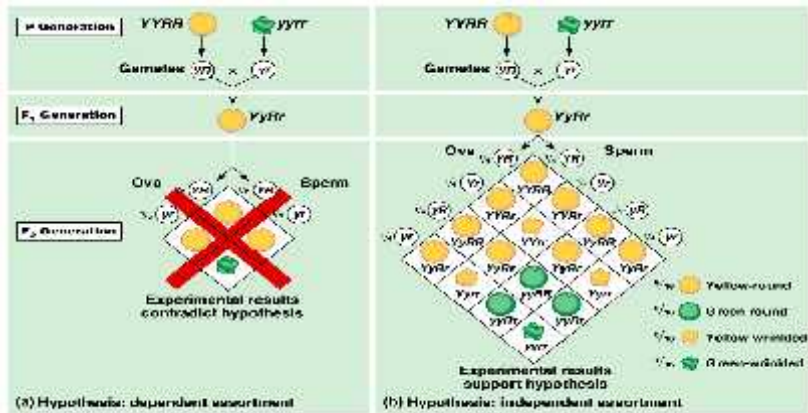
Dari diagram diatas terlihat bahwa ada pemisahan alel pada waktu tanaman yang heterozigotik (F1) membentuk gamet, sehingga gamet memiliki salah satu alel. Jadi ada gamet dengan alel T dan ada gamet dengan alel t. Prinsip ini dirumuskan sebagai **Hukum Mendel I** yang dikenal dengan nama Hukum Pemisahan Gen yang Sealel (dalam bahasa Inggris disebut “The Law of Segregation of Allelic Genes”). Berhubungan dengan itu sifat batang kerdil yang dalam F1 tidak tampak, dalam F2 akan nampak kembali.

Pada manusia telah banyak diketahui cukup banyak sifat hereditas (turun menurun), misalnya kencing manis (Diabetes), albino/ bulai, jari lebih (Polydactyli), mata biru, rambut ikal, celah langit-langit dan celah bibir, dll. Seperti pada diagram persilangan dibawah ini, yang menguraikan secara genetik bagaimana penyakit Diabetes dapat diturunkan kegerasi berikutnya. Diabetes merupakan suatu penyakit metabolisme pada tubuh manusia yang disebabkan oleh pankreas kurang menghasilkan insulin, sehingga kadar gula dalam darah tinggi sekali dan sebagian dibuang melalui air kencing.



Gambar 7.3 Diagram persilangan Monohibrid untuk penderita Diabetes

Hukum Mendel II disebut Hukum Pengelompokan Gen Secara Bebas (“The Law of Independent Assortment of Ganes”). Hukum ini menyatakan bahwa gen-gen dari sepasang alel memisah secara bebas ketika berlangsung pembelahan reduksi (Meiosis) pada waktu pembentukan gamet-gamet. Hukum Mendel II dapat diperhatikan pada persilangan dua sifat beda. dua individu mempunyai sifat beda lebih dari satu, misalnya beda mengenai warna dan beda mengenai bentuk. Hasil persilangannya (F1) dinamakan dihibrid.



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings

Latihan

1. Jelaskan definisi gen, DNA dan kromosom!
2. Gambarkan satu kromosom lengkap dengan keterangan bagian-bagiannya.
3. Apakah kasus bibir sumbing dapat diwariskan?, jelaskan.
4. Jelaskan perbedaan sifat dominan dan sifat resesif!
5. Mengapa persilangan monohidrid penjabaran dari Hukum Medel I?

BAB VIII

EVOLUSI

Evolusi adalah suatu perubahan yang berlangsung sedikit demi sedikit dan memakan waktu yang lama. Perubahan yang terjadi adalah menuju semakin kompleksnya struktur dan fungsi makhluk hidup dan semakin banyaknya ragam yang ada. Selain perubahan yang disebut perubahan **progresif**, dikenal juga adanya perubahan yang **retrogresif**. Dalam hal ini makhluk hidup cenderung menuju kepunahan. Kepunahan tidak hanya terjadi karena semakin mundurnya struktur dan fungsi tetapi bisa pula terjadi karena perkembangan struktur yang melebihi proporsinya.

Pikiran tentang evolusi sudah tercetus jauh sebelum teori Charles Darwin, bahkan beberapa ratus tahun sebelum masehi, namun sifatnya masih sepotong-sepotong dan tidak didasari oleh fakta, terlebih yang sifatnya realistik. Fakta yang dikemukakan umumnya hanya terbatas pada fakta yang menyangkut makhluk hidup itu sendiri, tanpa memperhitungkan lingkungan hidupnya.

Teori Charles Darwin membuka perspektif baru dalam proses evolusi makhluk hidup khususnya, biologi pada umumnya, karena meskipun mengandung ungkapan-ungkapan

yang mengandung tantangan, juga berisi tantangan yang menurut para ahli biologi untuk menelaah teori Darwin dengan teori-teori baru yang ilmiah.

Adanya keragaman makhluk hidup sudah dijelaskan sebelumnya dalam kitab suci Al Qur'an yaitu pada surah An-nur ayat 45 dan surah Thaaha ayat 53 yang artinya:

“Dan Allah telah menciptakan semua jenis hewan dari air, maka sebagian dari hewan itu ada yang berjalan di antara perutnya dan sebagian berjalan dengan dua kaki, sedangkan sebagian (yang lain) berjalan dengan empat kaki. Allah menciptakan apa yang dikehendaki-Nya, sesungguhnya Allah Maha kuasa atas segala sesuatu” (An-nur : 45).

“Yang telah menjadikan bagimu bumi sebagai hamparan yang telah menjadikan bagimu di bumi itu jalan-jalan, dan menurunkan dari langit air hujan, maka kami tumbuhkan dengan air hujan itu berjenis-jenis dari tumbuh-tumbuhan yang bermacam-macam” (Thaaha : 53).

a. Teori-teori Evolusi

Faham evolusi makhluk hidup sesungguhnya pernah tercetus sebelum Challes Darwin menerbitkan bukunya, *“On the Origin of Species by Means of Natural Selection, and the Preservation of Favoured Races in the Strunggle for life”*, pada tahun 1859. Bahkan sudah tercetus pada masa \pm 400 tahun sebelum masehi.

Kenyataan bahwa makhluk hidup beraneka ragam dan mengalami perubahan, sudah teramati sejak lama namun hal ini tidak melahirkan konsep evolusi seperti yang terjadi pada Charles Darwin. Bahkan Parmenides (yunani) mengatakan bahwa yang teramati itu adalah suatu ilusi. Kemudian, Heraclitus menyatakan bahwa makhluk hidup dalam perjalanan hidupnya selalu mengalami proses yang “ajeg” (tetap, konstan).

Pendapat yang menarik adalah yang dinyatakan oleh Anaximander (Yunani), 250 tahun sebelum Masehi, bahwa manusia berasal dari sejenis makhluk hidup yang menyerupai hewan. Pernyataan Empedocles, yang syarat dengan evolusi namun janggal kedengarannya. Ia menyatakan bahwa manusia, dan juga binatang berasal dari bagian-bagian kepala, badan dan tangan yang terpisah-pisah, yang pada makhluk tertentu tumbuh menjadi satu, sedangkan pada makhluk lain hanya kepala, dan badan yang tumbuh seperti pada ikan. Ada pertumbuhan/perkembangannya lengkap ada pula yang tidak lengkap.

Erasmus Darwin kakek dari Charles Darwin menyatakan bahwa kehidupan itu berasal dari asal mula yang sama, yang ternyata kemudian hari pada akhir abad 18 gagasan mengenai evolusi berkembang dengan pesat, karena gagasan cucunya, Charles Darwin.

Selanjutnya gagasan tentang diwariskannya sifat yang didapat itu dimunculkan juga oleh Lamarck (Jean Baptiste Lamarck) melalui bukunya "*Philosophie Zoologique*". Contoh yang dikemukakan adalah ciri leher jerapah yang panjang, yang bersal dari nenek moyang jerapah yang tadinya berleher pendek namun karena kehabisan makanan, daun pohon bagian bawah habis, maka terpaksa menjulurkan lehernya. Leher yang dipanjangkan inilah yang diwariskan. Jelas dalam hal ini Lamarck telah memeperhitungkan faktor lingkungan. Lamarck memperkenalkan hukum "*Use and Disuse*" artinya organ yang digunakan cenderung akan berkembang, sedang yang tidak digunakan cenderung akan menyusut. Yang paling sederhana adalah percobaan Weissman yang menunjukkan bahwa tikus yang ekornya dipotong di laboratorium tidak mewariskan pengalaman tanpa ekornya itu pada keturunannya.

Thomas Robert Maltus menyatakan bahwa adanya perjuangan uuntuk hidup, karena kenaikan produksi bahan makanan adalah sebagai deret hitung, sedangkan kenaikan jumlah penduduk sebagai deret ukur.

Charles Lyell menyatakan bahwa terjadinya strata lapisan bumi yang mengandung fosil itu, tidak terjadi karena

bencana alam tetapi berlangsung sedikit demi sedikit seperti yang kita alami sampai saat ini.

Pada dasarnya teori Darwin dapat dibedakan atas dua hal pokok yaitu konsep tentang perubahan evolutif dan konsep mengenai seleksi alam. Dalam hal ini Darwin menolak pendapat bahwa makhluk hidup adalah produk ciptaan yang tak dapat berubah. Makhluk hidup yang ada sekarang adalah produk dari perubahan sedikit demi sedikit dari nenek moyang/ dari makhluk asal yang berbeda dengan yang sekarang. Selanjutnya seleksi alam menuntun terjadinya perubahan itu.

Mengapa teori-teori evolusi dari Darwin lebih dikenal dari teori yang lainnya?



MARI BERDISKUSI

Untuk menjawab pertanyaan disamping diskusikanlah dengan teman anda, kemudian tuliskan jawabanmu pada LKM VIII.

b. Landasan teori Evolusi

Berikut ini disampaikan beberapa teori yang pernah berkembang, sebagai asal mula munculnya teori-teori evolusi sesudahnya:

1. Teori Abiogenesis

Teori ini bertolak dari adanya perubahan materi tidak hidup menjadi makhluk hidup, sehingga dikenal sebagai teori *Generatio Spontanea*, menunjukkan perubahan secara spontan.

2. Teori biogenesis

Teori *Biogenesis* mengambil posisi yang sepenuhnya kebalikan dari teori *Abiogenesis*, bahwa makhluk hidup berasal dari makhluk hidup. Namun teori ini tidak mampu menjelaskan asal mula makhluk hidup yang pertama.

3. Teori Cosmozoic

Teori ini mengungkapkan bahwa asal mula makhluk hidup yang menghuni bumi ini berasal apa yang disebut “spora” kehidupan dari luar angkasa bumi.

4. Teori penciptaan

Teori penciptaan (*Special Creation*) masih tetap menjadi sandaran kebanyakan orang, meskipun ada yang

menggunakan istilah “*super natural power*” sebagai ganti istilah Tuhan seperti yang disebut dalam Kitab Suci.

5. Teori Naturalisasi

Teori ini memandang terbentuknya makhluk pertama di bumi ini melalui tahapan-tahapan tertentu, mulai dari molekul CH_4 , NH_3 , H_2 , dan H_2O , unsur-unsur yang terdapat pada atmosfer bumi purba.

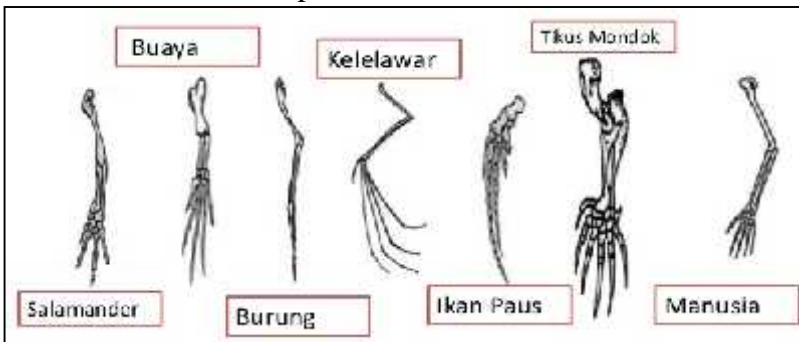
c. Bukti-bukti Evolusi

Evolusi merupakan suatu proses yang panjang dan tidak dapat langsung dibuktikan di laboratorium. Namun, ada petunjuk-petunjuk evolusi yang dapat menjadi bukti bahwa evolusi memang terjadi. Petunjuk-petunjuk evolusi tersebut sebagai berikut.

1. Petunjuk dari Anatomi komparatif; dikenal dengan adanya keadaan yang disebut homologi dan analogi.
2. Embriologi komparatif; perkembangan embrio pada hewan multiseluler maka akan dijumpai kenyataan bahwa perkembangan dari bentuk zigot mulai dari bentuk-bentuk perkembangan yang sama.
3. Fisiologi komparatif; kemiripan mengenai faal tubuh dijumpai pada makhluk hidup mulai dari yang rendah

atau mikroorganisme sampai manusia (respirasi, metabolisme, sistesis protein, pembentukan ATP).

4. Secara biokimia; adanya reaksi presipitasi antara antigen dan antibody yang tidak sesuai pada saat percobaan penyuntikan darah, hal ini dilakukan untuk melihat hubungan kekerabatan.
5. Secara domestikasi; adanya variasi yang terjadi karena proses domestikasi. Contohnya pada merpati, anjing.
6. Alat tubuh yang tersisa (vestigial Organ); beberapa diantaranya alat tersisa yang terdapat pada manusia yaitu appendiks, tulang ekor, gigi taring yang runcing, geraham ke 3, rambut di dada, mammae pada laki-laki.
7. Segi Palaeontologi; mengemukakan bahwa fosil adalah bukti dari kehidupan masa lalu.



Gambar 8.1 Ektremitas anterior beberapa organisme vertebrata
(Sumber:<https://www.google.co.id/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fimage.slidesharecdn.com%2Fpetunjukevolusi-140906043341-phpapp01%2F>)

Soal Latihan

1. Jelaskan pentingnya belajar evolusi!
2. Mengapa teori Carles Darwin paling terkenal diantara teori evolusi lainnya!
3. Jelaskan 5 landasan teori evolusi!
4. Sebutkan bukti-bukti terjadinya evolusi!
5. Jelaskan kaitan antara QS. An-nur ayat 45 denga evolusi!

BAB IX

BIOTEKNOLOGI DAN REKAYASA GENETIKA

A. Bioteknologi

Bioteknologi berasal dari istilah latin yaitu *bio* (hidup), *teknos* (teknologi = penerapan), dan *logos* (ilmu), yang secara harfiah berarti ilmu yang menerapkan prinsip-prinsip biologi. Pengertian bioteknologi yang lebih lengkap adalah pemanfaatan prinsip-prinsip dan kerekayasaan terhadap organisme, sistem, atau proses biologi untuk menghasilkan atau meningkatkan potensi organisme maupun menghasilkan produk dan jasa bagi kepentingan hidup manusia. Bioteknologi dapat juga diartikan sebagai pemanfaatan organisme/mahkluk hidup yang dilaksanakan secara terpadu dan bertujuan untuk meningkatkan nilai guna suatu barang untuk kesejahteraan manusia.

Bioteknologi (sains) dan Al Qur'an memang tidak dapat dipisahkan, hingga di dalam Al Qur'an sendiri terdapat pelajaran yang dapat dikaitkan dengan bidang bioteknologi. Ayat yang dimaksud ialah dalam Surah Al Mukminuun ayat 21, yang artinya sebagai berikut.

“Dan sesungguhnya pada binatang-binatang ternak, benar-benar terdapat pelajaran yang penting bagi kamu, kami

memberi munim kamu dari air susu yang ada dalam perutnya, dan (juga) pada binatang-binatang ternak itu terdapat faedah yang banyak untuk kamu, dan sebagian darinya kamu makan,” (QS. 23: 21)

Bioteknologi dibagi atas bioteknologi konvensional/tradisional dan bioteknologi modern.

1. Bioteknologi Tradisional

Bioteknologi tradisional merupakan praktik bioteknologi yang memanfaatkan mikroba, proses kimia, dan proses genetik alami (mutasi) dengan peralatan sederhana tanpa rekayasa genetika. Dengan ciri-ciri sebagai berikut.

- a. Dilakukan tanpa menggunakan prinsip-prinsip ilmiah.
- b. Dilakukan hanya berdasarkan pada pengalaman yang di wariskan secara turun temurun.
- c. umumnya belum dapat diproduksi secara masal.

Sebenarnya bioteknologi bukan merupakan hal baru bagi peraan manusia, sejak lama mikroba telah dimanfaatkan untuk mengubah bahan dasar menjadi bahan yang bernilai ekonomis dalam taraf sederhana. Perbedaan yang menyolok antara bioteknologi tradisional dan bioteknologi modern, dimana bioteknologi tradisional berfokus pada cara seleksi bahan, mikroba yang digunakan dan modifikasi lingkungan untuk

memperoleh produk optimal, misalnya pada proses pembuatan bir, tempe, roti, tape, bir, kecap, tuak, kompos.

2. Bioteknologi modern

Bioteknologi modern adalah praktik bioteknologi yang diperkaya dengan teknik rekayasa genetika (suatu teknik manipulasi materi genetikal). Bioteknologi modern memanfaatkan keterampilan manusia dalam melakukan manipulasi makhluk hidup agar dapat digunakan untuk menghasilkan suatu barang yang diinginkan. Bioteknologi modern menggunakan organisme hasil rekayasa genetika melalui perlakuan yang mengubah landasan penentu kemampuan hidup, yaitu mengubah tatanan gen yang menentukan sifat spesifik suatu organisme, sehingga proses perubahan dapat berlangsung secara lebih efisien dan efektif. Selain itu dituntut pula untuk hasil yang lebih komersial.

Ciri-ciri bioteknologi modern berkebalikan dengan biotek tradisional, ditambah dengan menerapkan teknik Aseptis. Teknik aseptis adalah suatu cara kita pada waktu bekerja (praktik) yang selalu menjaga sterilitas ketika menangani pengkulturan mikroorganisme untuk mencegah kontaminasi terhadap kultur mikroorganisme yang diinginkan. Contoh dari bioteknologi modern ini yaitu tumbuhan yang kuat atau tahan

terhadap hama dan penyakit serta buahnya tahan lama, bakteri penghasil antibiotik ataupun insulin.

3. Produk-Produk Bioteknologi Modern

- a. Tanaman transgenik
- b. Hewan transgenik
- c. Bioreaktor
- d. Terapi gen

Jelaskan 1
contoh kasus
tanaman
transgenik!



MARI BERDISKUSI

*Untuk menjawab
pertanyaan
disamping
diskusikanlah dengan
teman anda,
kemudian tuliskan
jawabanmu pada
LKM IX.*

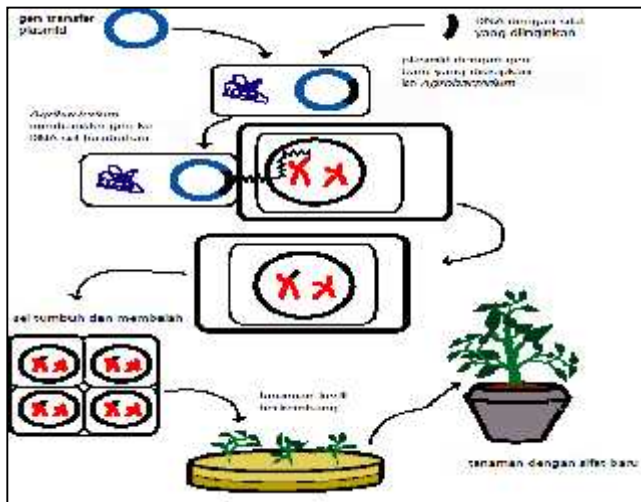
B. Rekayasa Genetika

Rekayasa genetika merupakan proses pembentukan rekombinan baru dari material genetik dengan cara penyisipan suatu molekul asam nukleat asing (yang dihasilkan di luar sel)

ke dalam suatu vektor, sehingga memungkinkan penggabungan dan kelanjutan berkembang/ diperbanyak di dalam sel inang yang baru.

Rekayasa genetika disebut juga pencangkokan gen atau rekombinasi DNA, yang bertujuan untuk menggabungkan sifat makhluk hidup sehingga menghasilkan makhluk hidup baru dengan sifat yang diinginkan. Obyek rekayasa genetika mencakup hampir semua golongan organisme, mulai dari bakteri, alga, fungi, tumbuh-tumbuhan, hewan tingkat rendah, dan hewan tingkat tinggi. Adapun perangkat yang digunakan dalam teknik DNA rekombinan diantaranya:

- Molekul DNA spesifik yang dikehendaki
- Vektor (pembawa DNA), untuk menyambung dan mengklonkan gen di dalam sel inang dimana vektor yang sering digunakan diantaranya plasmid dan bakteriofag
- Enzim restriksi, digunakan untuk memotong DNA. Enzim restriksi mengenal dan memotong DNA pada sekuens spesifik, enzim ini juga dinamakan endonuklease restriksi
- Enzim ligase, untuk menyambung DNA
- Sel inang



Gambar 9.1 Pembuatan Tanaman Transgenik dengan Rekombinasi DNA
 (Sumber: [https://www.google.co.id/imgres?imgurl=https%3A%2F%2F2.bp.blogspot.com%2F-fJB_o2WXay4%2FVIOrImezkcl%](https://www.google.co.id/imgres?imgurl=https%3A%2F%2F2.bp.blogspot.com%2F-fJB_o2WXay4%2FVIOrImezkcl%2F))

Upaya untuk mendapatkan suatu produk yang diinginkan melalui teknologi DNA rekombinan melibatkan beberapa tahapan tertentu. Tahapan-tahapan tersebut adalah:

- a. Mengidentifikasi DNA spesifik yang dikehendaki, yaitu dua jenis DNA yaitu plasmid bakteri yang akan digunakan sebagai vektor dan DNA yang mengandung gen yang diinginkan
- b. Mengisolasi DNA spesifik, diawali dengan perusakan sel hingga terjadi lisis. Setelah sel lisis, molekul DNA dipisahkan dari molekul-molekul dan organel sel lain. Lalu

dilakukan pemotongan DNA dengan enzim restriksi pada urutan basa DNA yang spesifik.

- c. Menyisipkan DNA spesifik ke dalam DNA vektor (Plasmid dll.) Fragmen-fragmen DNA genomik disambungkan dengan DNA vektor yang sudah berbentuk linier, proses ini melibatkan enzim ligase.
- d. Mengembalikan vektor ke dalam sel inang, yakni menyisipkan vektor yang membawa DNA spesifik ke dalam sel inang, sehingga sel inang membawa sifat baru yang diinginkan
- e. Mengembang-biakan sel inang. Sel akan tumbuh dan membelah, dan sel-sel baru hasil pembelahan itu akan membawa sifat baru yang diinginkan.

1. Penerapan Rekayasa Genetika dalam Kehidupan Manusia

Rekayasa genetika telah diterapkan di berbagai bidang untuk menghasilkan produk-produk yang bermanfaat, antara lain:

- a. Bidang pertanian, mengembangkan tanaman transgenik yang memiliki sifat: i) toleran terhadap zat kimia tertentu (tahan herbisida); ii) tahan terhadap hama dan penyakit

tertentu; iii) mempunyai sifat-sifat khusus (misalnya padi yang memproduksi beta-karoten dan vitamin A)

- b. Bidang farmasi, menghasilkan berbagai jenis obat dengan kualitas yang lebih baik, contohnya produksi insulin untuk penderita diabetes mellitus
- c. Bidang peternakan, menghasilkan vaksin untuk berbagai penyakit hewan ternak seperti mulut dan kuku pada sapi, rabies pada anjing, blue tongue pada domba

Tidak dapat dipungkiri bahwa rekayasa genetika membawa dampak yang begitu besar bagi kehidupan manusia, baik dampak positif maupun negatif. Berikut ini adalah dampak adanya penerapan rekayasa di berbagai bidang:

a. Dampak Positif

- Peningkatan produksi pangan
- Peningkatan kualitas kesehatan
- Peningkatan cara pengolahan limbah

b. Dampak Negatif

- Di bidang Etika/ Moral, ada masyarakat yang menganggap bahwa menyisipkan gen dari makhluk hidup satu ke makhluk hidup lain bertentangan dengan nilai budaya dan melanggar hukum alam

- Di bidang sosial ekonomi, dapat menimbulkan kesenjangan antara negara/ perusahaan yang memanfaatkan bioteknologi dengan yang belum memanfaatkan bioteknologi.
- Di bidang kesehatan, ada produk hasil rekayasa genetik yang disinyalir menimbulkan masalah serius, misalnya kematian akibat penggunaan insulin, sapi penghasil susu yang disuntik dengan Hormon BGH mengandung bahan kimia yang berbahaya, tomat Flavr Savr diketahui membawa gen resisten terhadap antibiotik.
- Dampak terhadap lingkungan, pelepasan organisme transgenik ke alam dapat merusak keseimbangan alam dan kelestarian organisme

Soal Latihan

1. Jelaskan pentingnya mempelajari bioteknologi!
2. Jelaskan 3 ciri-ciri bioteknologi konvensional!
3. Jelaskan keunggulan bioteknologi modern!
4. Jelaskan proses pembuatan tanaman transgenik dengan rekombinasi DNA!
5. Sebutkan dampak positif dan negatif dari penerapan rekayasa genetika!

BAB X

INTERAKSI MAKHLUK HIDUP

Manusia tidak hidup sendiri di muka bumi, ada berbagai jenis hewan dan tumbuhan di muka bumi. Keselarasan dan keseimbangan antara berbagai di dalam ekosistem sangat diperlukan. Berbagai kerusakan telah terjadi di bumi ini, mulai dari kebakaran hutan, eksploitasi tambang yang berlebihan yang menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan ekosistem. Bukankah bumi merupakan tempat kita berpijak dan hidup, maka jagalah bumi ini seperti rumah kita sendiri. Seperti yang tertuang dalam surah Al-A'raf ayat 56 yang berisi: “ *Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi sesudah (Allah) memperbaikinya, dan berdoanlah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik.*”

A. Konsep Ekologi

Ekologi adalah kajian ilmiah mengenai interaksi antar organisme dan lingkungannya. Lingkungan meliputi komponen abiotik (faktor-faktor kimiawi dan fisik tak hidup) seperti suhu, cahaya, air, dan nutrien. Yang penting juga pengaruhnya pada

organisme adalah komponen biotik (hidup) yakni semua organisme lain yang merupakan bagian dari lingkungan suatu individu. Organisme lain bisa berkompetisi dengan suatu individu untuk mendapatkan makanan dan sumberdaya lainnya, memangsanya, atau mengubah lingkungan fisik dan kimiawi.

Lingkungan alam suatu jenis organisme biasa dijumpai, yang perubahan kondisi faktor-faktor lingkungannya berada dalam batas-batas toleransi jenis yang bersangkutan sehingga perjalanan hidupnya berjalan lancar disebut habitat. Di dalam habitatnya organisme sudah menyesuaikan diri dengan kondisi yang ada sehingga mampu bertahan hidup, tumbuh dan berkembang biak.

Organisme mempunyai peranan atau menduduki posisi tertentu bagi pihak lain, dalam hubungan timbal balik dengan lingkungannya. Misalnya: rusa mempunyai peranan sebagai pemakan rumput dan menjadi mangsa bagi singa di dalam lingkungannya. Posisi dan peranan itu juga berlaku terhadap lingkungan fisik yang ada disekitarnya. Peranan dan posisi organisme terhadap lingkungannya di dalam suatu ekosistem disebut relung (*niche*).

Populasi adalah suatu kelompok individu dari spesies yang sama yang hidup dalam daerah geografis tertentu.

Kumpulan populasi dari spesies yang berlainan yang menempati suatu daerah tertentu disebut dengan komunitas (*biocenose*). Komunitas dapat berupa komunitas hewan yang terdiri dari berbagai macam hewan, komunitas tumbuhan yang terdiri dari berbagai macam tumbuhan dalam satu ekosistem, atau keseluruhan hewan dan tumbuhan yang disebut komunitas biotik.

Ekosistem biasanya didefinisikan secara singkat dengan “interaksi antara makhluk hidup dengan lingkungannya”. Definisi tersebut sebenarnya kurang tepat, karena pernyataan itu lebih menjelaskan tentang proses yang terjadi di dalam ekosistem. Akan lebih tepat jika dirumuskan “ekosistem adalah suatu unit lingkungan hidup yang di dalamnya terdapat hubungan fungsional yang sistematis antara sesama makhluk hidup dan antara makhluk hidup dengan komponen abiotik”.

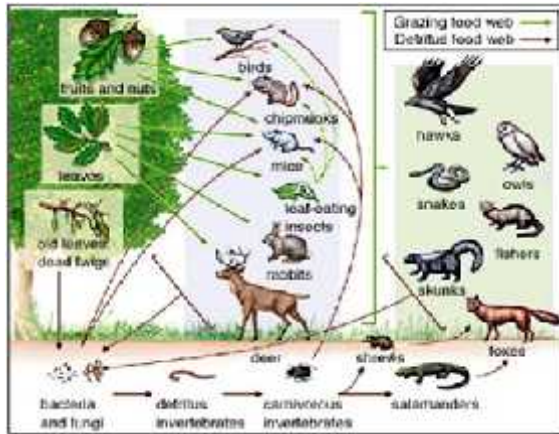
Komunitas biotik dalam ekosistem dibedakan dan diklasifikasikan menjadi produsen, konsumen dan pengurai. Produsen terdiri dari organisme autotrof, yakni organisme yang dapat menyusun bahan organik dari bahan anorganik sebagai makanannya. Organisme autotrof adalah organisme berklorofil, yang terdiri dari tumbuhan hijau dan sebagian kecil bakteri. Konsumen terdiri dari hewan pemakan tumbuhan (herbivore),

hewan pemangsa hewan lain (karnivor), hewan pemakan tumbuhan dan hewan lain (omnivor), dan hewan kecil pemakan sisa tumbuhan (detrivor, misalnya: rayap, anjing tanah). Pengurai terdiri dari bakteri dan jamur.

B. Aliran Energi dalam Ekosistem

Energi tidak mengalami siklus seperti unsur-unsur nutria, tetapi berubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya, dan dengan perubahan bentuk energi itu energi mengalir dari satu tempat ke tempat lain. Persediaan energi di dalam ekosistem sangat berlimpah. Energi itu berasal dari matahari. Selama matahari bersinar persediaan energi kehidupan tidak pernah habis. Namun, intensitasnya yang sampai di permukaan bumi berbeda-beda, sehingga persediaan energi cahaya di suatu tempat dengan tempat lain tidak sama.

Persediaan energi cahaya matahari yang ada di muka bumi sangat berguna untuk proses fotosintesis. Hasil fotosintesis yang ada di dalam sel dan jaringan tumbuhan merupakan persediaan energi bagi organisme heterotrof, termasuk hewan dan mikroorganisme nonfotosintetik. Melalui proses makan dan dimakan, energi mengalir dari satu organisme ke organisme lain. Aliran energi itu berjalan melalui rantai makanan.



Gambar.10.1 Jaringan-Jaring Makanan

(Sumber:<https://www.google.co.id/imgres?imgurl=https%3A%2F%2F3.bp.blogspot.com%2F-MXTbqzet3cg%2FWFsMB6OsDqI%2F>)

Rantai makanan merupakan prinsip yang menjelaskan tentang hubungan antara produsen, konsumen dan pengurai dalam memperoleh makanan. Beberapa rantai makanan akan membentuk jaring-jaring makanan. Yang dimaksud dengan makanan di sini adalah bahan-bahan organik, khususnya yang terbentuk dari proses fotosintesis, yang mengandung energi kimia sebagai hasil transformasi energi cahaya matahari. Makanan itu diproduksi oleh organisme autotrof, yang dalam ekologi dikelompokkan menjadi produsen. Energi itu terus mengalir ke organisme heterotrof yang terdiri dari hewan dan mikroorganisme saprofitik.

Ada beberapa prinsip pokok yang perlu dipahami dalam konsep aliran energi, terutama energi yang mengalir dalam ekosistem:

1. Sumber energi utama bagi kehidupan di muka bumi adalah cahaya matahari.
2. Energi cahaya matahari yang diterima tumbuhan hijau ditransformasikan menjadi energi kimia dalam bentuk senyawa karbohidrat dan senyawa organik lain yang tersimpan di dalam sel dan jaringan tubuh.
3. Energi kimia dalam karbohidrat ditransformasikan menjadi energi panas dan tenaga melalui proses respirasi, baik pada tumbuhan, hewan maupun pengurai.
4. Energi panas dan tenaga yang dikeluarkan dari respirasi terlepas ke lingkungan.
5. Energi kimia yang tidak direspirasikan tertimbun di dalam sel dan jaringan tubuh. Energi ini dipandang sebagai produksi ekosistem.
6. Energi yang tertimbun di dalam tubuh organisme mengalir melalui komunitas di dalam suatu ekosistem.

Ketika energi mengalir melalui suatu ekosistem, banyak energi yang hilang di setiap tingkat trofik. Banyak energi yang hilang sebelum dapat dikonsumsi oleh organisme pada tingkat

berikutnya. Jumlah energi yang tersedia bagi masing-masing tingkat trofik ditentukan oleh produktivitas primer bersih dan efisiensi pengubahan energi makanan menjadi biomassa di setiap mata rantai pada rantai makanan.

Hilangnya energi secara multiplikatif dari suatu rantai makanan dapat digambarkan sebagai diagram piramida produktivitas, dimana tingkat trofik ditumpuk dalam balok-balok, dengan produsen primer sebagai dasar piramida itu. Satu konsekuensi ekologis yang penting dari penurunan transfer energi melalui suatu jaring-jaring makanan dapat digambarkan dalam piramida biomassa.

Kehilangan energi pada rantai makanan sangat membatasi biomassa keseluruhan karniora tingkat atas yang dapat didukung oleh setiap ekosistem. Hanya sekitar satu seperseribu energi kimia yang disediakan melalui fotosintesis yang dapat mengalir melalui jaring-jaring makanan hingga mencapai konsumen tersier. Karena pemangsa pada tingkat trofik atas cenderung merupakan hewan yang cukup besar, biomassa yang terbatas pada puncak suatu piramida ekologi terkonsentrasi dalam jumlah individu yang relative sedikit. Peristiwa ini dapat digambarkan dalam piramida jumlah, di mana ukuran masing-masing balok itu sebanding dengan jumlah

individu organisme yang terdapat pada masing-masing tingkat trofik.

C. Siklus Biogeokimia

Unsur-unsur dan zat-zat kimia yang terkandung di dalam makanan tidak pernah musnah meskipun dimakan oleh organisme. Unsur-unsur atau zat-zat kimia itu hanya berpindah tempat, berubah wujud atau berada di dalam senyawa kimia yang berbeda. Proses tersebut disebut dengan siklus biogeokimia yang terdiri dari daur air, karbon, nitrogen, fosfor dan sulfur.

Siklus biogeokimia melibatkan lingkungan abiotik dan lingkungan biotik, dimana unsur-unsur atau zat nutrisi dari lingkungan masuk ke dalam lingkungan biotik kemudian keluar lagi ke lingkungan. Di dalam tubuh unsur-unsur nutrisi dapat berpindah-pindah dari satu organisme ke organisme lain, melalui jalur memakan dan dimakan. Secara umum jalannya siklus adalah sebagai berikut:

- a) Lingkungan – tumbuhan hijau – saprofit – lingkungan.
- b) Lingkungan – (tumbuhan hijau – herbivora – karnivora) – saprofit – lingkungan.
- c) Lingkungan – hewan – saprofit – lingkungan.

d) Lingkungan – saprofit – lingkungan.

1. Siklus Air

Siklus air digerakkan oleh energi matahari, dan sebagian besar terjadi di antara lautan dan atmosfer melalui penguapan (evaporasi) dan curah hujan (presipitasi). Aliran permukaan dan air tanah dari darat akan menyeimbangkan aliran bersih uap air dari lautan ke daratan. Siklus air berbeda dari siklus lainnya karena sebagian besar aliran air melalui ekosistem terjadi melalui proses fisik, bukan proses kimia; selama evaporasi, transpirasi, dan presipitasi, air mempertahankan bentuknya sebagai H₂O, kecuali pada fotosintesis, air berubah secara kimia saat reaksi berlangsung.

2. Siklus Karbon

Pergerakan karbon melalui suatu ekosistem berbarengan dengan pergerakan energi, melebihi zat kimia lain; karbohidrat dihasilkan selama fotosintesis, dan CO₂ dilepaskan bersama energi respirasi. Dalam siklus karbon, proses timbal balik fotosintesis dan respirasi seluler menyediakan suatu hubungan antar lingkungan atmosfer dan lingkungan terrestrial. Tumbuhan mendapatkan karbon, dalam bentuk CO₂, dari atmosfer melalui stomata daunnya dan menggabungkannya ke dalam bahan organik biomasnya sendiri melalui proses fotosintesis.

Sejumlah bahan organik tersebut kemudian menjadi sumber karbon bagi konsumen. Respirasi oleh semua organisme mengembalikan CO₂ ke atmosfer.

Bagaimanakah proses terjadinya hujan?



MARI BERDISKUSI

Untuk menjawab pertanyaan disamping diskusikanlah dengan teman anda, kemudian tuliskan jawabanmu pada LKM X.

3. Siklus Nitrogen

Nitrogen memasuki ekosistem melalui dua jalur alamiah. Pertama, deposit pada atmosfer, merupakan sekitar 5-10% dari nitrogen yang dapat digunakan, yang memasuki sebagian besar ekosistem. Dalam proses ini, NH₄⁺ dan NO₃⁻, kedua bentuk nitrogen yang tersedia bagi tumbuhan, ditambahkan ke tanah melalui kelarutannya dalam air hujan atau melalui pengendapan debu atau butiran lainnya. Beberapa tumbuhan, seperti

bromeliad epifit memiliki akar udara yang dapat mengambil NH_4^+ dan NO_3^- , secara langsung dari atmosfer. Jalur lain masuknya nitrogen ke ekosistem adalah melalui fiksasi nitrogen. Hanya prokariota tertentu yang dapat memfiksasi nitrogen yaitu, mengubah N_2 menjadi mineral yang dapat digunakan untuk mensintesis senyawa organik bernitrogen seperti asam amino.

4. Siklus Fosfor

Fosfor hanya ditemukan dalam satu bentuk anorganik penting, fosfat (PO_4^{3-}), yang diserap oleh tumbuhan dan digunakan untuk sintesis organik. Pelapukan bebatuan secara perlahan-lahan menambah fosfat ke dalam tanah. Setelah produsen menggabungkan fosfor ke dalam molekul biologis, fosfor dipindahkan ke konsumen dalam bentuk organik, dan ditambahkan kembali ke tanah melalui ekskresi tersebut oleh hewan dan oleh kerja pengurai bakteri dan fungi pengurai pada detritivor.

Latihan

1. Jelaskan definisi ekosistem dan ekologi!
2. Jelaskan perbedaan organisme autotrof dan heterotrof!
3. Buatlah 5 rantai makanan!
4. Dari rantai makanan no. 3 buatlah jaring-jaring makanan!
5. Buatlah piramida makanan dari rantai makanan no. 3!
6. Buatlah skema siklus karbon!

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan. 2008. *Biologi Sel*. Makassar: UNM
- Arman, & Taiyeb, M. 2012. *Biologi Umum*. UIN Alauddin. Makassar.
- Campbell. 2004. *Biologi jilid 1*. Jakarta: Erlangga
- Campbell. 2004. *Biologi jilid 2*. Jakarta: Erlangga
- Campbell. 2004. *Biologi jilid 3*. Jakarta: Erlangga
- Fahn, A. 1992. *Plant Anatomy*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Kimball, J.W. 1998. *Biologi Jilid 1*. Erlangga. Jakarta.
- Pagarra, Halifah & Adnan. 2006. *Struktur Hewan*. Makassar: UNM
- Susanto, Pudyo. *Pengantar Ekologi Hewan*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional
- Suryo. 2004. *Genetika*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Yatim, Wildan. 1994. *Reproduksi dan Embriologi*. Bandung: Tarsito.

GLOSARIUM

Abiogenesis. Organisme hidup terjadi dengan sendirinya dari benda-benda mati. Dikemukakan oleh *Aristoteles*.

Agregasi. Sejumlah hewan atau tumbuhan dalam suatu kelompok yang lebih besar.

Agitasi Termal. Keadaan panas pada suatu molekul.

Aktivator. Sesuatu yang bisa menyebabkan mulainya suatu proses.

Analogi. Bagi organ-organ pada spesies berlainan, berfungsi sama tetapi berbeda struktur dan perkembangan embrionik.

Biogenesis. Teori yang menyatakan bahwa asal kehidupan suatu makhluk hidup berasal dari makhluk hidup pula.

Carrier (pembawa). Individu pembawa sifat.

Domestikasi. Proses penjinakan terhadap hewan liar.

Daur. Rangkaian peristiwa yang terjadi secara beraturan biasanya membentuk rangkaian siklus.

Ekologi. Ilmu yang mempelajari interaksi antar organisme dan lingkungannya.

Evaporasi. (Penguapan), proses perubahan molekul dalam keadaan cair menjadi gas (uap air).

Ekosistem. suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh hubungan timbal balik tak terpisahkan antara makhluk hidup dengan lingkungannya.

Fertilisasi. Pembuahan, terjadinya peleburan sel sperma dan ovum.

Fusi. Pada sel, proses diferensiasi sel pembentuk jaringan dan organ tubuh.

Fragmentasi. pemisahan salah satu bagian tubuh yang kemudian dapat tumbuh dan berkembang menjadi individu baru.

Fotosintesis. proses pembuatan makanan oleh tumbuhan dengan menggunakan cahaya matahari, air, dan karbon dioksida.

Habitat. tempat suatu makhluk hidup tinggal dan berkembang biak.

Hereditas. pewarisan watak dari induk ke keturunannya baik secara biologis melalui gen (DNA).

Hidrolisis. Reaksi kimia yang memecah molekul air (H_2O) menjadi menjadi kation Hidrogen (H^+) dan anion hidroksida (OH^-).

Homologi. (mengenai organ-organ pada spesies berlainan), menunjukkan kesamaan mendasar pada struktur, perkembangan embrionik, dan kekerabatan.

Homeostatis. mekanisme tubuh untuk mempertahankan keseimbangan dalam menghadapi berbagai kondisi yang dapat terjadi secara alamiah apabila tubuh mengalami stres.

Inhibitor. zat yang menghambat atau menurunkan laju reaksi kimia.

Junction. Hubungan atau pertautan anatar sel yang terletak bersebelahan dan berada dalam satu jaringan.

Kuriositas. Keingintahuan seseorang terhadap sesuatu.

Katalitik. Efek yang ditimbulkan oleh sejumlah kecil berlangsung suatu reaksi kimia.

Konfigurasi. Perpasangan molekul enzim dengan substrat pada sisi aktif.

Metabolisme. Pertukaran bahan dan energi antara organisme dan lingkungannya dan transpormasi bahan dan energi ini di dalam organisme tersebut.

Mikroorganisme. Organisme berukuran mikroskopik seperti bakteri, protozoa, dan sebagian alga.

Nukleotida. Molekul yang terdiri dari, (1) basa nitrogen, (2) gula 5-karbon, dan (3) gugus fosfat, saling bertautan.

Osmosis. Difusi suatu pelarut (biasanya air) melalui membran semipermeabel.

Paristaltis. Gerakan yang terjadi pada otot-otot saluran pencernaan yang menimbulkan gerakan gelombang.

Polimer. Senyawa dengan molekul yang terdiri atas satuan-satuan berulang saling bertautan sesamanya.

Presipitasi. curah hujan atau turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi dan laut dalam bentuk yang berbeda, yaitu curah hujan di daerah tropis dan curah hujan di daerah beriklim sedang, serta salju.

Produktivitas primer. kecepatan organisme autotrof sebagai produsen mengubah energi cahaya Matahari menjadi energi kimia dalam bentuk bahan organik.

Prokaryot. makhluk hidup yang tidak memiliki membran inti sel.

Protobion. bentuk awal sel hidup yang belum mampu bereproduksi.

Respirasi. Proses bernapas, menghasilkan zat sisa berupa karbondioksida dan air.

Relung. Kedudukan, peran, dan fungsi suatu jenis organisme dalam ekosistem.

Reaktan. Bahan yang bekerja pada suatu reaksi kimia.

Regenerasi. menumbuhkan kembali bagian tubuh yang rusak atau lepas dengan pembentukan jaringan yang baru.

Replikasi. Kemampuan menggandakan diri, pada virus atau DNA.

Regulasi. Sistem pengaturan dalam tubuh manusia.

Sintesis. Proses pembentukan suatu molekul yang lebih besar dari molekul yang lebih kecil.

Transkripsi. Sintesis suatu rangkaian ribonukleotida dari rangkaian deoksiribonukleotida pada molekul DNA.

INDEKS

A

Adipose, 62
Ajeg, 136
Akson, 64
Alkohol, 119
Alveolus, 71
Amilase, 66
Amiloplas, 32
Anabolisme, 121
Anaerob, 118
Antosianin, 112
Apoenzim, 96
Asam klorida, 67
Asam laktat, 119
Asenden, 67
Aseptor elektron, 110
Asetil-KoA, 115
ATP, 27, 109, 111
Autotrof, 154

B

Bakteri, 155
Bilirubin, 70
Bolus, 66
Bronkus, 73
Budding, 76

C

Cartilage, 61
Charles Darwin, 134-136
Charles Lyell, 137
Chiasmata, 87

Cleavage, 89

D

Detrivor, 115
Dendrit, 63
Desenden, 67
Difusi, 29
Dinding sekunder, 26
Dinding primer, 25
Diploid, 126
Diplinema, 87
DNA, 21, 83, 125, 149
Dominan, 128
Droplet, 9

E

Eksergonik, 108
Ekstraseluler, 96
Elastis, 66
Empedoclas, 136
Empulur, 52
Enzim, 96
Epiglottis, 73
Erasmus Darwin, 136-137

F

FADH₂, 109, 115
Fasia, 62
Filius, 125
Flagel, 41
Fluida, 26

Floem, 47
Fosfolipid, 26-27
Fotosintesis, 32, 121
Fragmoplas, 89
Fruktosa, 100

G

Gamet, 126
Gen, 130
Generatif, 77
Generatio spontanea, 239
Glikogen, 66
Glikolisis, 111
Glikoprotein, 28
Globuler, 27
Glukosa, 100
Grana, 33, 112
Gregor mendel, 127

H

Haploid, 126
Herbivor, 155
Heterotrof, 154
Heme, 97
Hemiselulosa, 26
Hemoglobin, 74
Hidrofobik, 27
Hidrofilik, 27
Hidrofit, 46
Holoenzim, 97
Homo sapiens, 1
Homolog, 126
Hormon, 151
Hukum Mendel I, 131
Hukum Mendel II, 136

I

Idioblas, 53
Internodus, 57
Intraseluler, 96
Isodiametris, 46
Isomer, 101

K

Kambium, 44
Karotenoid, 112
Karnivor, 155
Katabolik, 109
Katalis, 96
Kim, 67
Kinetokor, 84-85
Klep, 66
Klorofil, 112
Kloroplas, 32-33
Koenzim, 97, 115
Kofaktor, 597, 106
Korteks, 52
Krista, 33
Kromatid, 86
Kromosom, 83, 125
Kutikula, 47

L

Lamella tengah, 24
Leptonema, 87
Linkage group, 126
Lipid bilayer, 26
Liver, 65
Lobus, 70, 74
Lokus, 126

M

Maltosa, 96
Mathias J. Schleiden, 18
Matriks, 34, 61
Meiosis, 132
Mikrovili, 28

N

NADH, 111, 115
Neuron, 63
Nectar, 49
Nodus, 57
Noktah, 53

O

Omnivor, 155
Osmosis, 29
Osteoblas, 61
Osteon, 61
Ovum, 78, 80

P

Pachynema, 87
Palisade, 112
Parens, 129
Parotid, 66
Pektin, 26
pH, 104
Prekursor, 9
Prostetik, 97
Plastis, 50
Pleura, 74
Polydactyli, 131
Progresif, 134

Protein integral, 26
Protein porifer, 26

R

Ragi, 119
Resesif, 128
Retrogresif, 134
RNA, 21
Robert Hooke, 18

S

Saprofitik, 156
Selulosa, 26
Sentriol, 84
Sentrosomer, 88
Sentrosom, 84
Sfingter, 68
Siklus Air, 160
Siklus Fosfor, 162
Siklus Karbon, 160
Siklus Krebs, 113
Siklus Nitrogen, 161
Silia, 41
Sintesis, 82
Spindel, 41, 84-85
Spiral, 19
Sperma, 77-80
Spons, 112
Stipula, 52
Stomata, 48
Stroma, 33, 112
Substrat, 96, 99-100
Sublingual, 66
Submandibularis, 66
Sukrosa, 100

T

Teknik aseptis, 145
Tetrad, 86
Tendon, 62-63
Tilakoid, 33, 112
Theodor Schwann, 18
Thomas Robert Maltus, 137
Tonoplas, 39
Transpor elektron, 116
Transversum, 67
Triplet, 41
Tubula malphigi, 68
Tubular, 47

U

Ultraviolet, 9

V

Vektor, 147, 149
Vesikula, 36-37

X

Xerofit, 47
Xilem, 54

Z

Zygot, 81
Zygonema, 87