

Pengantar Biokimia

Drs. Rahmat Setiadi, MSc.



PENDAHULUAN

Modul ini merupakan modul pertama dari sembilan modul mata kuliah biokimia. Dengan modul ini, Anda akan mempelajari ruang lingkup biokimia, menyebutkan ciri-ciri yang membedakan materi hidup dari materi tak hidup, tinjauan tentang sel sebagai kesatuan terkecil dari zat hidup, dan keberadaan biomolekul di dalam zat hidup sehingga setelah mempelajari modul ini Anda memiliki pemahaman dasar mengenai sel dan dasar filosofi biokimia. Secara lebih khusus lagi, setelah proses pembelajaran berakhir diharapkan Anda dapat:

1. menuliskan pengertian biokimia dengan kalimat sendiri;
2. menyusun bagan mengenai ruang lingkup biokimia;
3. membedakan materi hidup dari materi tidak hidup berdasarkan perbedaan karakteristik yang dimilikinya;
4. menjelaskan aspek biokimia dari zat hidup;
5. menjelaskan fungsi dan distribusi biomolekul di dalam zat hidup;
6. menuliskan susunan organisasi hierarki materi zat hidup;
7. menjelaskan bagaimana energi ditransformasi di dalam zat hidup;
8. membedakan organisasi dan *fraksinasi* sel di dalam sel *eukariotik*;
9. menjelaskan fungsi dari beberapa fraksi sel, terutama inti sel, sitoplasma, mitokondria, ribosom, dan membran sel.

Bagi guru bidang studi Biologi, kemampuan-kemampuan tersebut di atas sangat penting dalam memperluas wawasan dan memberikan pengayaan kepada siswa. Walaupun di SMA biokimia tidak diberikan secara luas, namun dengan kemampuan tersebut Anda sebagai guru Biologi akan memiliki wawasan yang lebih baik mengenai kajian biokimia sehingga akan menjadikan Anda lebih percaya diri dalam menyajikan pembelajaran dan membawa siswa lebih tertarik untuk mempelajari aspek biokimia dari

kehidupan sel. Dengan kemampuan tersebut, diharapkan dapat dipahami bagaimana zat hidup melangsungkan kehidupannya, bagaimana proses kimia dalam zat hidup berlangsung, bagaimana sel diperlengkapi untuk melaksanakan kehidupan, bagaimana energi diperoleh, dan bagaimana zat hidup mempertahankan eksistensinya dari generasi ke generasi. Dengan dimilikinya penghayatan yang lebih mendalam mengenai struktur sel dan proses kehidupan sel, diharapkan dapat dipahami pentingnya zat hidup mengonsumsi makanan sebagai sumber pembangun tubuh dan sumber energi untuk melangsungkan kehidupan sehingga timbul rasa syukur atas keagungan Yang Maha Pencipta.

Untuk membantu Anda memperoleh kemampuan-kemampuan yang dikemukakan, di dalam modul ini akan disajikan uraian pembahasan dan latihan soal mengenai ruang lingkup biokimia dalam dua kegiatan belajar sebagai berikut.

1. Kegiatan Belajar 1 : Pengantar dan fungsi biokimia.
2. Kegiatan Belajar 2 : Komposisi dan fungsi *fraksinasi* sel.

Agar dapat menguasai modul ini, Anda dianjurkan untuk mengikuti petunjuk berikut.

1. Bacalah bagian pendahuluan modul ini sehingga Anda memahami apa yang akan dibahas dan kemampuan apa yang dituntut setelah mempelajari modul ini.
2. Bacalah keseluruhan isi uraian secara cepat sehingga Anda memperoleh gambaran umum mengenai isi modul, kemudian kembali pada bagian demi bagian secara cermat untuk mendapatkan uraian lebih rinci, dan temukan istilah-istilah baru atau kata kunci. Anda dapat menemukan penjelasan singkat mengenai kata-kata tersebut pada glosarium.
3. Amati gambar struktur dan komposisi fraksi sel, sehingga Anda dapat membedakan sel *prokariotik* dari sel *eukariotik*, serta perbedaan antara sel hewan dengan sel tumbuhan. Jika ada kesempatan, carilah gambar tentang sel di internet.
4. Usahakan untuk mengerjakan soal latihan secara lengkap sebelum melihat kunci jawaban yang disediakan.
5. Mantapkan pemahaman Anda melalui diskusi dengan sesama teman mahasiswa.

6. Usahakan untuk menyusun peta konsep dari yang Anda pelajari sehingga Anda memiliki gambaran lebih komprehensif tentang topik yang dibahas.
7. Usahakan untuk mengerjakan soal-soal latihan secara lengkap, sebelum melihat kunci jawaban yang disediakan.

Selamat belajar!

KEGIATAN BELAJAR 1

Pengantar dan Fungsi Biokimia

Pertanyaan besar yang menjadi dasar perkembangan pengetahuan di bidang biokimia adalah apa yang menjadi penyusun tubuh makhluk hidup dan bagaimana makhluk hidup mempertahankan hidupnya. Pertanyaan pertama berkisar pada aspek komposisi dan struktur materi yang membangun jasad organisme, sehingga dengan mengetahui komposisi dan struktur materi dapat diketahui sifat-sifat dan perubahan yang dapat terjadi terhadap materi tersebut. Struktur materi sangat erat kaitannya dengan sifat materi tersebut, dan hal itu merupakan bekal untuk menjelaskan pertanyaan kedua yang jawabannya menyangkut proses-proses yang berlangsung di dalam jasad organisme sehingga organisme tersebut dapat melangsungkan hidupnya, terutama bagaimana mereka memperoleh energi, tumbuh, dan berkembang biak serta mempertahankan eksistensi spesiesnya.

Pada hakikatnya, dengan belajar biokimia kita tidak sekedar mengetahui susunan dan bagian-bagian dari organisme, tetapi lebih jauh lagi mengenai hubungan antara organisme dengan lingkungannya dan interaksi antara proses-proses kimia yang terjadi di dalam tubuh organisme itu sendiri. Sehingga pada akhirnya diperoleh penjelasan mengenai:

1. ciri zat hidup;
2. biokimia dalam zat hidup;
3. biomolekul dalam zat hidup;
4. fungsi biomolekul dalam zat hidup;
5. hierarki organisasi molekul dalam sel;
6. transformasi energi.

Biokimia berusaha mencari jawaban bagaimana kehidupan organisme dibangun dari ribuan mungkin jutaan molekul tak hidup yang bermacam-macam jenisnya. Ketika molekul-molekul tersebut diisolasi dan dipelajari secara sendiri-sendiri, molekul-molekul tersebut mengikuti semua ketentuan alamiah atau hukum-hukum fisika dan hukum-hukum kimia mengenai materi, tidak berbeda dari material tak hidup lainnya, begitu juga proses-proses yang terjadi di dalam tubuh organisme, tidak terlepas dari hukum-hukum tersebut. Studi biokimia memperlihatkan bagaimana kumpulan molekul tak bernyawa yang membangun tubuh organisme itu berinteraksi

dalam mendukung kehidupan. Belum lagi, organisme memiliki sifat-sifat yang luar biasa lainnya yang membedakan mereka dari sekedar kumpulan materi. Apa saja sifat luar biasa itu? Mari kita lanjutkan.

Biokimia mencoba menjelaskan bentuk dan fungsi-fungsi biologis dalam konteks kimia. Sebagaimana telah disampaikan, bahwa salah satu pendekatan yang cukup membantu dalam menjelaskan fenomena biologis adalah dengan mengisolasi dan memurnikan komponen atau senyawa-senyawa seperti protein, *lipid*, atau karbohidrat; dan kemudian menentukan karakteristik struktur dan sifat kimiawinya. Baru pada akhir abad 18, kimiawan sampai pada kesimpulan bahwa komposisi zat hidup sangat berbeda dari dunia tak hidup. Antoine Lavoisier (1743-1794) mempelajari kesederhanaan "dunia mineral" dan membandingkannya dengan kerumitan "dunia tumbuhan dan hewan"; yang kemudian dia ketahui bahwa organisme disusun dari senyawa-senyawa yang kaya akan unsur-unsur karbon, oksigen, nitrogen, dan fosfor.

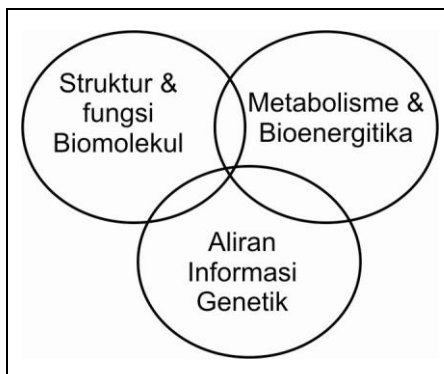
Di sisi lain, sel-sel hidup dan semua organisme hidup harus melakukan sesuatu untuk bertahan hidup dan berkembang biak. Sintesis senyawa kimia di dalam sel, seperti umumnya sintesis senyawa dalam industri, memerlukan *input* energi. Energi juga diperlukan pada gerakan bakteri, kedipan kunang-kunang, atau kedipan mata. Semua itu baru energi yang tampak oleh mata langsung, belum lagi energi untuk kegiatan yang tak terlihat seperti berpikir, mempertahankan suhu tubuh, atau untuk reaksi-reaksi kimia yang memerlukan energi yang terjadi di dalam sel. Penyimpanan dan penyampaian informasi juga memerlukan energi, tanpa energi informasi yang terstruktur akan menjadi kacau dan tidak bermakna.

Sepanjang sejarah evolusi, sel telah mengembangkan suatu mekanisme yang sangat efisien untuk menangkap energi dari cahaya matahari atau sumber lain dan menggunakannya untuk proses yang memerlukan energi. Salah satu tujuan biokimia adalah untuk memahami secara kuantitatif dan kimiawi, bagaimana energi diekstrak, disimpan, dan dikonsumsi oleh sel hidup. Kita akan mendapatkan pengubahan energi di dalam sel, seperti halnya pengubahan energi pada umumnya, dalam konteks hukum-hukum termodinamika.

Barangkali sifat yang paling luar biasa yang dimiliki organisme hidup adalah kemampuannya untuk memperbanyak diri dengan mempertahankan eksistensi sifat spesiesnya dari generasi ke generasi, dalam waktu tak terbatas. Kelangsungan konsistensi dalam pewarisan sifat ini mengimplikasikan adanya keadaan yang konsisten, stabil, sepanjang masa di dalam struktur molekul yang menyimpan informasi genetik. Sangat sedikit catatan sejarah mengenai peradaban manusia, baik yang terukir pada batu

maupun pada prasasti logam, yang bertahan hingga ratusan tahun. Tetapi banyak bukti menunjukkan bahwa informasi genetik pada organisme tetap berada tanpa perubahan berarti hingga waktu yang sangat panjang. Beberapa bakteri memiliki ukuran, bentuk dan struktur internal hampir sama dan mengandung jenis molekul prekursor (zat awal) dan enzim-enzim seperti bakteri yang diduga hidup pada masa jutaan tahun silam. Di antara penemuan monumental di bidang biologi: pada abad dua puluh adalah sifat kimia dan struktur tiga dimensi material genetik yang disebut *deoxyribonucleic acid* atau DNA. Urutan unit monomer DNA, yaitu *nukleotida*, secara linier membuat kode perintah untuk membuat semua komponen sel lainnya, dan berperilaku sebagai cetakan untuk membuat DNA yang sama untuk didistribusikan pada saat sel membelah diri. Kelangsungan eksistensi spesies secara biologis memerlukan informasi genetik yang harus berada dalam keadaan stabil, diekspresikan secara akurat dalam bentuk produk gen, dan direproduksi dengan kesalahan seminimum mungkin. Penyimpanan yang efektif, ekspresi dan reproduksi pesan genetik menentukan sifat dari masing-masing spesies yang berbeda satu dengan lainnya, dan hal itu merupakan jaminan keberadaan generasi-generasi selanjutnya.

Dari uraian di atas dapat disimpulkan secara singkat bahwa ruang lingkup biokimia meliputi kajian mengenai: struktur dan fungsi biomolekul di dalam sel, metabolisme dan *bioenergetika*, dan aliran informasi genetik dari generasi ke generasi sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1.
Ruang Lingkup Kajian dalam Biokimia

A. CIRI ZAT HIDUP

Dalam biologi, hidup merupakan ukuran kualitatif dan kuantitatif mengenai semua organisme fungsional, tidak termasuk virus, di mana proses biologis berlangsung secara terus-menerus. Berbagai macam organisme hidup dengan ragam bentuk kehidupan tersebar di lapisan biosfer bumi. Sifat umum yang dimiliki oleh organisme tersebut, baik tumbuhan, hewan, jamur, *protista*, maupun bakteri, adalah dibangun oleh sel yang berbasiskan unsur karbon (C) dan air (H₂O) dengan sistem pengorganisasian yang tidak sederhana dan memiliki kemampuan untuk menurunkan sifat genetiknya dari generasi ke generasi. Mereka melakukan metabolisme, memelihara *hemostatis*, memiliki kemampuan untuk tumbuh, tanggap terhadap rangsangan, bereproduksi, dan dapat beradaptasi terhadap lingkungannya melalui seleksi alam. Organisme hidup yang lebih kompleks memiliki kemampuan berkomunikasi dengan berbagai cara dan bentuk.

Para saintis berusaha untuk mendapatkan definisi mengenai hidup yang sekiranya dapat diberlakukan untuk semua disiplin ilmu, namun hal itu sulit diperoleh karena masing-masing disiplin memiliki pandangan dan kepentingan yang berbeda, misalnya para geolog dapat memandang bumi ini hidup dengan gerakan lempeng buminya, sedangkan agamawan lebih banyak memandang hidup sebagai kebalikan dari mati dan ada hidup lain setelah mati, sehingga akan berbeda batasan hidup di dunia dengan hidup di alam akhirat setelah mati tersebut. Oleh karena itu, menurut pandangan biologi diperoleh kesepakatan bahwa hidup memiliki fenomena berikut, seluruhnya atau sebagian:

1. **Hemostatis:** kemampuan dalam mengatur atau mengendalikan keadaan internal yang stabil, misalnya keadaan konsentrasi elektrolit, keseimbangan asam-basa, atau pengeluaran keringat untuk mengatasi kepanasan. Keadaan stabil tersebut sebenarnya merupakan keadaan lingkungan internal yang secara mikro bersifat dinamik, senantiasa berproses untuk mempertahankan kestabilan, misalnya untuk mempertahankan suhu tubuh, organisme memerlukan energi yang diperoleh melalui proses metabolisme.
2. **Organisasi:** organisme memiliki struktur yang terorganisasi, baik organisme yang terdiri dari satu sel atau banyak sel (*multiseluler*), di mana sel merupakan kesatuan unit paling kecil. *Multiseluler* organisme memiliki organ-organ tubuh, setiap organ terdiri dari jaringan, setiap

jaringan dibangun oleh sel-sel, setiap sel memiliki berbagai organel sel, organel-organel memiliki struktur *supramolekul*, dan *supramolekul* dibentuk dari makromolekul yang merupakan polimer dari molekul yang lebih sederhana.

3. **Metabolisme:** kemampuan melakukan transformasi energi dan materi dengan jalan mengubah senyawa kimia dan energi menjadi komponen *selular* (anabolisme) dan merombak bahan organik untuk memperoleh energi (katabolisme). Organisme memerlukan energi untuk memelihara organisasi internal seperti *hemostatis* dan melakukan hal-hal lain sebagai fenomena yang berhubungan dengan hidup.
4. **Tumbuh:** dengan memiliki kecepatan anabolisme lebih besar dari katabolisme, organisme tumbuh sehingga seluruh bagian tubuhnya menjadi berukuran lebih besar, bukan sekedar menjadi timbunan bahan organik.
5. **Adaptasi:** kemampuan untuk menyesuaikan diri terus-menerus sepanjang waktu terhadap keadaan lingkungan di sekitarnya. Kemampuan ini merupakan hal yang fundamental dari proses evolusi dan ditentukan oleh sifat turunan (hereditas) dan komposisi senyawa yang dimetabolismekan, serta faktor eksternal yang dihadapi.
6. **Responsif:** kemampuan untuk tanggap (responsif) terhadap rangsang atau stimulus. Respons yang muncul dapat beragam, mulai dari kontraksi yang dilakukan organisme bersel tunggal terhadap kehadiran bahan kimia asing di sekitarnya, sampai reaksi rumit yang melibatkan semua sistem syaraf yang dilakukan oleh organisme tingkat tinggi. Bentuk respons juga beragam, dapat berupa gerak merunduk seperti yang dilakukan daun putri malu saat disentuh, daun tumbuhan yang menghadap arah datangnya sinar matahari, sampai lari terbirit-birit yang dilakukan seseorang karena dikejar anjing!
7. **Reproduksi:** kemampuan untuk berkembang biak, memperbanyak turunannya, baik secara aseksual dari satu induk tunggal secara vegetatif, maupun secara seksual dari sedikitnya dua organisme induk melalui perkawinan.

B. BIOKIMIA DALAM ZAT HIDUP

Selama pertengahan abad ke dua puluh, riset biokimia yang dilakukan secara paralel mempelajari perombakan glukosa di dalam sel ragi dan sel otot

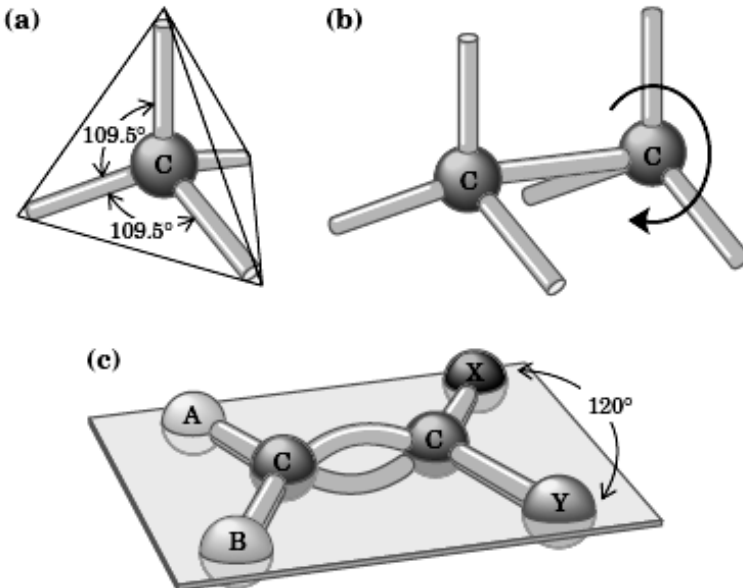
hewan, hasilnya menunjukkan bahwa terdapat peristiwa kimia yang sama di dalam kedua macam sel yang sangat berbeda tersebut; perombakan glukosa di dalam sel ragi dan sel otot melibatkan sepuluh macam senyawa antara yang sama. Studi selanjutnya mengenai proses biokimia di dalam organisme yang berbeda menunjukkan apa yang telah ditemukan tersebut ternyata berlaku umum sebagaimana Jacques Monod menyimpulkan: "Apa yang benar untuk *E. coli* maka benar pula untuk gajah." Bahwa semua organisme sebagaimana yang dipahami saat ini merupakan hasil evolusi dari sesuatu yang sama, di antaranya didasarkan pada keuniversalan hasil observasi mengenai senyawa antara dan transformasinya tersebut.

Hanya 30 dari 90 macam unsur yang ada merupakan unsur esensial bagi organisme. Kebanyakan unsur yang terdapat dalam zat hidup memiliki nomor atom kecil, hanya lima unsur yang memiliki nomor atom di atas selenium (No. 34). Empat unsur yang paling besar dalam jumlah persentasenya di dalam organisme hidup adalah hidrogen, oksigen, nitrogen, dan karbon yang secara keseluruhan menjadikan lebih dari 99% massa sel pada umumnya. Unsur-unsur tersebut adalah unsur teringan yang dapat membentuk ikatan kovalen sebanyak satu, dua, tiga, dan empat buah. Secara umum, unsur teringan membentuk ikatan terkuat. Unsur-unsur transisi (unsur golongan B dalam sistem periodik unsur-unsur) biasanya terdapat dalam jumlah sangat kecil, tetapi keberadaannya sangat penting sehingga merupakan unsur esensial bagi organisme. Unsur-unsur tersebut pada umumnya diperlukan untuk membantu fungsi kerja protein tertentu, seperti di antaranya kerja enzim. Sebagai contoh, kapasitas angkut oksigen dari molekul hemoglobin tergantung pada empat buah atom besi, yang notabene persentase massanya hanya 0,3% dari massa molekul hemoglobin.

C. BIOMOLEKUL DALAM ZAT HIDUP

Ditinjau dari segi kimia, organisme hidup dibangun dari unsur karbon dengan massa lebih dari setengah massa kering selnya. Unsur karbon dapat membentuk ikatan tunggal dengan atom hidrogen, ikatan rangkap dengan atom oksigen atau atom nitrogen. Atom karbon merupakan atom yang istimewa karena kemampuannya untuk membentuk ikatan yang sangat stabil dengan sesama atom karbon, sehingga dapat membentuk molekul yang sangat besar. Dua atom karbon juga dapat saling berikatan membentuk ikatan ganda atau *tripel*. Gambar 1.2. memperlihatkan (a) bentuk geometri ikatan

yang dapat dibentuk atom karbon, (b) bentuk geometri ikatan tunggal yang memungkinkan masing-masing atom karbon yang saling berikatan bebas berotasi, dan (c) bentuk geometri ikatan ganda yang membuat masing-masing atom karbon yang berikatan tidak bebas bergerak dan semua atom yang membentuk molekul berada pada satu bidang datar.

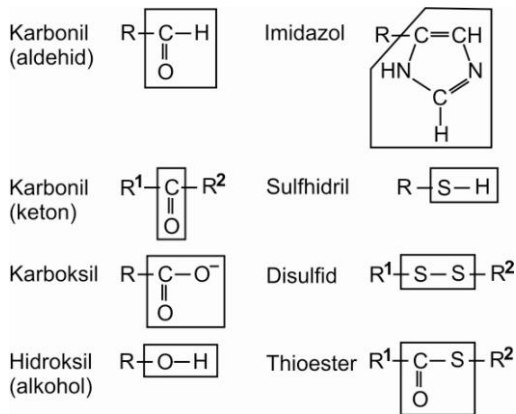


Gambar 1.2.

Bentuk Geometri Ikatan Karbon, (a) Atom Karbon Memiliki Bentuk Geometri *Tetrahedral*, (b) Ikatan Tunggal C-C Bebas Berotasi, (c) Ikatan Rangkap Tidak Bebas Berotasi

Akibatnya, atom-atom karbon dalam biomolekul dapat membentuk rantai linier, bercabang, atau *siklik*. Pada rantai tersebut terdapat sekelompok atom lain yang berperan dalam bereaksi dengan senyawa kimia lainnya. Bagian tersebut merupakan gugus dari senyawa sehingga disebut sebagai *gugus fungsi* senyawa yang bersangkutan. Jenis gugus fungsi yang terdapat dalam molekul senyawa karbon menentukan sifat kimia yang dimilikinya. Tampaknya kemampuan atom karbon dalam membentuk ikatan inilah yang menjadi faktor utama dalam menyeleksi senyawa-senyawa selama pembentukan sel sepanjang proses evolusi yang dialami organisme hidup. Tidak ada unsur kimia lain yang dapat membentuk molekul demikian amat

beragam, baik bentuk maupun ukurannya, seperti unsur karbon, dan dengan beragam gugus fungsi pula. Kebanyakan biomolekul dapat dipandang sebagai turunan dari hidrokarbon, suatu kumpulan senyawa yang hanya terdiri dari unsur karbon dan hidrogen saja, dengan cara menggantikan salah satu atau beberapa atom hidrogen oleh gugus fungsi tertentu, sehingga dihasilkan berbagai kelompok senyawa karbon dengan sifat-sifatnya yang khas. Sebagai contoh, kelompok senyawa alkohol memiliki satu atau beberapa gugus fungsi hidroksil, kelompok *amina* dengan gugus fungsi amino, kelompok aldehid dan keton dengan gugus fungsi karbonil, dan kelompok asam karboksilat, termasuk di dalamnya asam-asam lemak dengan gugus fungsi karboksil. Beberapa biomolekul memiliki lebih dari satu macam gugus fungsi. Gambar 1.3. memperlihatkan beberapa gugus fungsi senyawa karbon yang dapat ditemukan dalam molekul pembangun zat hidup.



Gambar 1.3.
Beberapa Gugus Fungsi Senyawa Karbon

Sel zat hidup pada bagian *sitosol*-nya terlarut 100 hingga 200 macam molekul kecil dengan masa molekul berkisar antara 100 hingga 500, di antaranya terdiri dari asam amino, *nukleotida*, glukosa dan turunannya dalam bentuk senyawa fosfat, dan sejumlah mono-, di-, dan tri- asam karboksilat. Molekul tersebut bersifat polar (bermuatan listrik), larut dalam air, konsentrasinya dalam rentang mikromolar sampai milimolar. Senyawa tersebut berada di dalam sel karena membran sel bersifat semi permeabel terhadap molekul-molekul tersebut. Keberadaan sejumlah senyawa yang sama dalam sel zat hidup menunjukkan sifat universal metabolisme yang

mencerminkan adanya konservasi selama proses evolusi terhadap jalur metabolisme yang berkembang pada saat pertama sel diciptakan.

Pada sel atau organisme tertentu terdapat biomolekul kecil lainnya. Misalnya pada tumbuhan terdapat molekul kecil yang disebut *metabolit sekunder* yang memiliki peran tertentu bagi kehidupan tumbuhan yang bersangkutan. Senyawa dalam kelompok ini memberikan karakteristik khusus bagi tumbuhan, seperti aroma atau menjadikan jenis tumbuhan sebagai sumber senyawa tertentu yang tidak dimiliki oleh tumbuhan jenis lainnya. Sebagai contoh metabolit sekunder adalah morfin, kafein, dan nikotin.

Beberapa biomolekul merupakan molekul yang berukuran besar (makromolekul), berupa polimer dengan massa molekul sangat besar dan dibangun dari prekursor yang relatif sederhana atau monomernya. Protein, asam nukleat, dan polisakarida dihasilkan dari polimerisasi molekul lebih sederhana dengan massa molekul 500 atau lebih kecil. Jumlah unit monomer pembentuk polimer berkisar dari puluhan sampai jutaan! Pembentukan makromolekul merupakan proses yang memerlukan energi dan merupakan aktivitas sel yang menghabiskan energi paling banyak. Makromolekul ini dapat membentuk molekul lebih besar menjadi kompleks supramolekul yang memiliki fungsi tertentu, seperti ribosom. Di antara biomolekul yang ditemukan di dalam sel, *lipid* merupakan biomolekul yang tidak berupa makromolekul. Walaupun *lipid* dapat membentuk gumpalan besar, namun gumpalan tersebut tidak terbentuk melalui ikatan kovalen antara molekul-molekul *lipid* pembentuknya, sehingga gumpalan *lipid* tidak sebagai polimer, tapi hanya sebagai bentuk pepadatan dari molekul-molekul yang saling berdekatan. Akibatnya, gumpalan *lipid* sangat mudah diuraikan menjadi molekul-molekul lepas membentuk emulsi.

D. FUNGSI BIOMOLEKUL DALAM ZAT HIDUP

Keberadaan biomolekul di dalam sel zat hidup, bukan saja sebagai penyusun struktural dari sel, melainkan juga merupakan komponen sel untuk menjalankan fungsi-fungsi tertentu. Di antara biomolekul tersebut, protein, asam nukleat, polisakarida, dan *lipid* merupakan biomolekul utama dengan fungsi masing-masing berbeda seperti yang akan dijelaskan berikut ini.

1. Protein

Protein merupakan fraksi terbesar dari sel (selain air) dan merupakan polimer dari asam amino. Selain memiliki fungsi struktural, beberapa protein memiliki kemampuan tertentu, di antaranya sebagai katalis (zat yang dapat mempercepat reaksi) berupa enzim-enzim, hormon yang memiliki fungsi sebagai pengendali proses, sebagai zat antibodi untuk mempertahankan tubuh terhadap zat asing yang masuk ke dalam tubuh (antigen), sebagai molekul pengangkut senyawa tertentu dari dan ke dalam sel seperti di antaranya hemoglobin yang berperan dalam pengangkutan oksigen dan karbondioksida, dan beberapa protein merupakan racun seperti yang dimiliki hewan penyengat atau ular berbisa.

2. Asam Nukleat

Asam nukleat, DNA (*Deoxy Nucleic Acid*) dan RNA (*Ribonucleic Acid*) merupakan polimer dari *nukleotida*. Asam nukleat berperan dalam menyimpan informasi genetik dan menjadi "blue print" sintesis protein. Dengan DNA dan RNA inilah sifat-sifat organisme dipertahankan dan diwariskan dari generasi ke generasi sehingga eksistensi spesies dapat dipertahankan. Beberapa RNA berperan sebagai komponen struktural kompleks supramolekul.

3. Polisakarida

Polisakarida merupakan polimer dari monosakarida, di antaranya glukosa dan fruktosa. Polisakarida memiliki dua fungsi utama, yaitu sebagai sumber energi dan sebagai komponen struktural dinding sel bagian luar yang dapat menjadi sisi pengikatan untuk protein tertentu. *Oligosakarida* (polimer yang terdiri dari beberapa monosakarida) terikat pada protein atau *lipid* di permukaan sel bagian luar dan berperan dalam sistem *signal* antar sel.

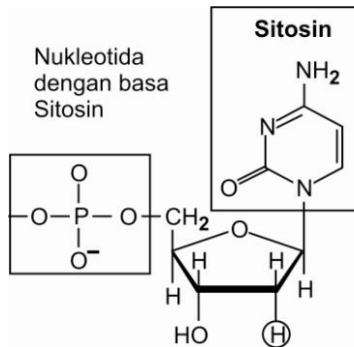
4. Lipid

Lipid merupakan turunan hidrokarbon yang memiliki sifat seperti minyak, tidak larut dalam air tetapi larut dalam pelarut non polar seperti *kloroform*, benzena, atau *karbontetraklorida*. Berbeda dengan protein dan polisakarida, *lipid* merupakan biomolekul yang tidak dikelompokkan sebagai makromolekul. Walaupun demikian, banyak molekul lipid yang dapat membentuk gumpalan besar tanpa melalui ikatan kovalen sehingga membentuk gumpalan berukuran sangat besar. Selain sebagai cadangan

energi, *lipid* berperan dalam membangun struktur sel dan komponennya. Membran sel dibangun oleh agregat *lipid* dan protein yang terikat secara non kovalen.

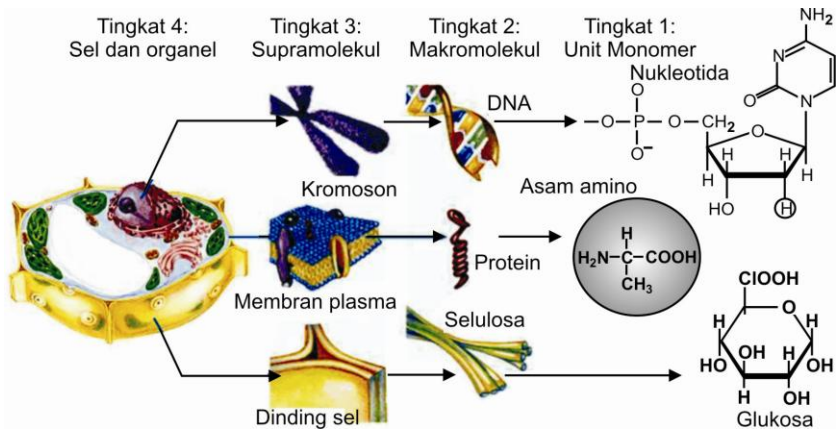
E. HIRARKI ORGANISASI MOLEKUL DI DALAM SEL

Sebagaimana telah dikemukakan bahwa zat hidup mempunyai sifat terorganisasi sangat tinggi. Organisme bersel banyak dapat memiliki sejumlah organ tubuh yang dibangun oleh jaringan otot yang merupakan kumpulan sel-sel. Setiap sel dapat dibagi ke dalam beberapa bagian yang terdiri dari inti sel, membran sel, dan plasma sel yang di dalamnya terdapat berbagai macam organel. Telah disampaikan pula bahwa organel dibangun oleh struktur kompleks supramolekul. Setiap supramolekul dibangun oleh makromolekul yang merupakan polimer dari sejumlah subunit monomernya. Unit monomer ini dapat berupa sebuah molekul yang memiliki struktur dan sifat tertentu seperti polisakarida yang memiliki unit monomer berupa monosakarida, dapat pula berupa gabungan dari beberapa molekul yang lebih sederhana seperti *nukleotida* yang terdiri dari monosakarida, basa *purin* atau *pirimidin*, dan gugus fosfat (lihat Gambar 1.4 dan 1.5).



Gambar 1.4.

Sebuah *Nukleotida* terdiri dari Gugus Fosfat, bagian *Deoksiribosa*, dan Basa Purin (*Sitosin*)



Gambar 1.5.
Hierarki dalam Organisasi Molekuler dalam Sel

F. TRANSFORMASI ENERGI

Salah satu tujuan dari biokimia adalah untuk memahami bagaimana energi diperoleh oleh organisme dan bagaimana sistem penyimpanannya, serta bagaimana penggunaannya. Seperti halnya masalah konservasi energi secara umum, konservasi energi di dalam sel juga tidak lepas dari hukum-hukum termodinamika. Molekul atau ion yang terdapat di dalam organisme hidup keadaannya sangat berbeda dari keadaan lingkungan di sekitarnya, baik dalam hal jenis maupun konsentrasinya. Walaupun komposisi senyawa dalam organisme hanya sedikit berubah sejalan dengan waktu, namun keberadaan mereka jauh dari keadaan statis. Molekul-molekul kecil, makromolekul, dan kompleks supramolekul terus-menerus disintesis dan dirombak melalui reaksi kimia, anabolisme dan katabolisme tak pernah berhenti, namun secara total menghasilkan keadaan yang relatif konstan, baik massanya maupun energi yang terlibat di dalam proses tersebut. Molekul hemoglobin yang mengangkut oksigen dalam darah Anda saat ini, mungkin disintesis dalam sebulan terakhir, dan bulan depan mereka akan dihancurkan dan digantikan dengan molekul yang baru.

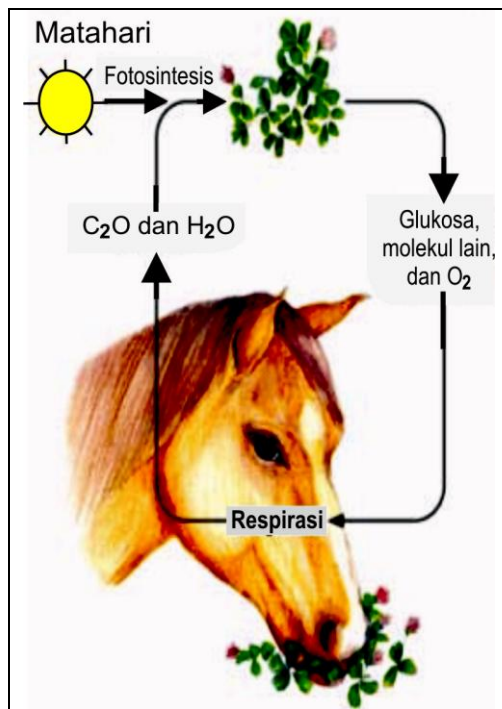
Demikian pula dengan glukosa yang diperoleh dari makanan yang dikonsumsi beberapa waktu lalu, saat ini mereka sedang beredar dalam sistem peredaran darah Anda hingga saatnya molekul glukosa tersebut

dikonversikan menjadi sesuatu yang lain, apakah menjadi lemak atau menjadi karbondioksida, dan glukosa akan digantikan dengan yang baru. Hanya beberapa saat setelah makan, konsentrasi glukosa darah akan naik, namun satu jam kemudian konsentrasi glukosa darah akan kembali normal. Dengan demikian, konsentrasi glukosa dalam darah relatif konstan sepanjang waktu, menurut ukuran orang sehat.

Konsentrasi hemoglobin dan glukosa di dalam darah relatif konstan karena kecepatan sintesisnya atau asupan melalui makanan relatif seimbang dengan kecepatan perombakannya atau konversinya menjadi senyawa lain. Konstannya konsentrasi senyawa-senyawa tersebut merupakan hasil dari keadaan yang disebut *dynamic steady state*, suatu keadaan kesetimbangan dinamis yang jauh dari keadaan konstan. Untuk mendapatkan keadaan stabil ini diperlukan energi terus-menerus sampai akhirnya sel tidak mampu lagi memperoleh energi. Jika itu terjadi, sel akan mati dan mulailah proses penguraian menuju kesetimbangan dinamis lain yang baru, yaitu kesetimbangan dengan lingkungannya.

Untuk meninjau transformasi energi, termodinamika membedakan antara sistem dan lingkungan. Sistem adalah segala sesuatu yang menjadi pusat perhatian pengkajian, sedangkan lingkungan adalah segala sesuatu yang berada di luar sistem. Sebagai ilustrasi, jika kita meninjau larutan gula, maka larutan gula yang di dalamnya terdapat molekul gula dan molekul air yang berada bersama-sama menjadi sistemnya, sedangkan wadah tempat di mana larutan gula disimpan dan udara terbuka di atas larutan gula menjadi lingkungan. Tetapi, jika pusat perhatian hanya pada molekul gula di dalam larutan gula, maka sistemnya hanya molekul gula, sedangkan molekul air yang berada di sekitar molekul gula, wadah dan udara di atasnya kini menjadi lingkungan bagi molekul gula. Selanjutnya, sistem dibedakan berdasarkan ada tidaknya aliran materi dan energi antara sistem dan lingkungan, menjadi sistem terbuka, sistem tertutup, dan sistem terisolasi. Pada sistem terbuka, terjadi aliran materi dan energi antara sistem dan lingkungan. Pada sistem tertutup, hanya energi yang dapat keluar dan masuk antara sistem dan lingkungan. Sedangkan pada sistem terisolasi atau tersekat, baik energi maupun materi tidak dapat keluar masuk dari lingkungan ke dalam sistem dan sebaliknya. Tubuh organisme merupakan sistem terbuka karena baik materi maupun energi dapat keluar masuk antara tubuh organisme dan lingkungan di sekitarnya.

Organisme hidup mendapatkan energi dari lingkungannya melalui dua cara, yaitu (1) mengonsumsi makanan sumber energi (seperti glukosa) dari lingkungannya dan mengekstraksnya dengan cara mengoksidasi bahan sumber energi tersebut, dan (2) menyerap energi langsung dari matahari melalui mekanisme khusus yang dikenal sebagai proses fotosintesis. Hubungan antara organisme fotosintetik dengan organisme non fotosintetik merupakan siklus seperti dilukiskan pada gambar 1.6. Sel fotosintetik menangkap energi langsung dari matahari untuk mengubah CO_2 dan H_2O membentuk produk yang menyimpan energi kimia tinggi berupa glukosa dan molekul lainnya, sel nonfotosintetik memanfaatkan produk hasil fotosintesis melalui proses respirasi, mengekstrak energinya, dan membebaskan karbondioksida dan air kembali ke atmosfer.



Gambar 1.6.
Transformasi Energi di Alam

Hukum Pertama termodinamika berbicara mengenai konservasi energi, menyatakan bahwa: pada setiap perubahan, baik secara fisika maupun secara kimia, total energi semesta tetap, yaitu tidak berkurang atau bertambah, hanya bentuk atau macamnya yang berubah.

Sel merupakan “transducer” energi, artinya memiliki kemampuan untuk mengubah bentuk energi, baik energi kimia, energi elektromagnetik, energi mekanik, dan energi *osmotik* dengan efisiensi sangat tinggi. Sel fotosintetik dapat menyerap energi matahari langsung dalam bentuk foton atau gelombang elektromagnetik melalui proses fotosintesis untuk mengubah molekul air dan molekul karbondioksida membentuk produk kaya akan energi berupa glukosa dan membebaskan molekul oksigen ke atmosfer sebagai hasil sampingan. Sel nonfotosintetik mendapatkan energi yang diperlukannya dengan cara mengoksidasi produk kaya energi hasil fotosintesis dan membebaskan produk yang memiliki energi kimia lebih rendah dalam bentuk gas karbondioksida, uap air, dan produk lainnya kembali ke lingkungan.

Secara virtual, seluruh transformasi energi di dalam sel dapat dilacak sebagai aliran elektron dari satu molekul ke molekul yang lain, tepatnya terjadi aliran energi melalui proses serah terima elektron secara berantai dari tingkat energi tinggi menuju tingkat energi lebih rendah, sangat serupa dengan aliran elektron dari baterai ke sirkuit. Semua proses yang melibatkan serah terima elektron disebut reaksi reduksi oksidasi (*redoks*): salah satu pereaksi mengalami oksidasi (menyerahkan elektron) dan pereaksi yang lain mengalami reduksi (menerima elektron).



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Pada dasarnya kajian biokimia menyangkut tiga hal, sebutkan satu satu per satu!
- 2) Jelaskan ciri hidup menurut biologi!
- 3) Jelaskan apa bedanya antara tumbuh dan berkembang!
- 4) Apa yang dimaksud dengan Hemostatis?
- 5) Apa maksud ungkapan Jacques Monod: ”Apa yang benar untuk *E. coli* maka benar pula untuk gajah”?

- 6) Sebutkan hal apa saja yang menjadi keistimewaan unsur karbon sehingga dapat membentuk senyawa dengan jumlah sangat beragam!
- 7) Jelaskan fungsi karbohidrat, *lipid*, protein dan asam nukleat di dalam sel!
- 8) Tuliskan unit monomer pembentuk karbohidrat, protein, dan asam nukleat!
- 9) Susun hierarki organisasi molekuler sel dari organel hingga ke monomer pembentuk biomolekul berikut contohnya!
- 10) Bagaimana organisme hidup memperoleh energi untuk melangsungkan kehidupannya?

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Kajian biokimia meliputi struktur dan fungsi biomolekul, metabolisme dan *bioenergetika*, dan aliran informasi genetik.
- 2) Menurut biologi, ciri hidup paling tidak ada tujuh, sebagian atau seluruhnya.
- 3) Tumbuh ukuran bertambah besar sedangkan berkembang jumlah bertambah banyak.
- 4) *Hemostatis* adalah kemampuan zat hidup untuk mempertahankan keadaan yang stabil.
- 5) Studi biokimia saat itu mendapatkan adanya kesamaan peristiwa kimia yang terjadi di dalam sel-sel organisme yang berbeda.
- 6) Atom karbon dapat berikatan dengan sesama atom karbon selain dengan atom lainnya dan dapat memiliki gugus fungsi beragam.
- 7) Secara umum biomolekul berfungsi untuk membangun sel dan menyediakan energi bagi sel.
- 8) Monosakarida seperti glukosa, asam amino seperti *glisin*, dan *nukleotida* yang terdiri dari karbohidrat, gugus fosfat dan basa *purin* atau *pirimidin*.
- 9) *Organel-struktur supra molekul-makromolekul-monomer*, contoh inti *sel-kromosom- asam nukleat-nukleotida*.
- 10) Tubuh organisme merupakan sistem terbuka sehingga energi dapat langsung diperoleh dari matahari melalui fotosintesis bagi tumbuhan atau melalui pengolahan makanan yang dikonsumsi bagi organisme yang tidak dapat melakukan fotosintesis.



Biokimia merupakan kajian mengenai proses-proses yang terjadi di dalam zat hidup dalam melangsungkan kehidupannya, baik cara membangun tubuhnya, cara mendapatkan energi untuk menjalankan kehidupan, maupun cara memelihara eksistensi spesiesnya dari generasi ke generasi. Oleh karena itu, kajian biokimia meliputi struktur dan fungsi biomolekul, metabolisme dan *bioenergetika*, serta aliran pewarisan informasi genetik.

Zat hidup dalam biologi dibedakan dari zat tak hidup melalui ciri-ciri yang meliputi *hemostatis*, organisasi struktur, metabolisme, tumbuh, reproduktif, adaptif, dan responsif. Ciri-ciri tersebut seluruhnya atau sebagian dimiliki oleh zat hidup. Secara kimia, zat hidup yang berbeda melangsungkan proses-proses kimia yang sama yang merupakan proses dasar untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya, begitu juga keberadaan senyawa-senyawa antara atau metabolit dan enzim-enzim yang sama, bahkan pada tingkat unsur kimia semua zat hidup dibangun oleh empat macam unsur yang sama, yaitu karbon, hidrogen, oksigen, dan nitrogen.

Keberadaan sejumlah senyawa yang sama dalam sel zat hidup menunjukkan sifat universal metabolisme yang mencerminkan adanya konservasi selama proses evolusi terhadap jalur metabolisme yang berkembang pada saat pertama sel diciptakan. Molekul tertentu hanya dimiliki oleh organisme tertentu, dan keberadaannya menjadi pembeda dan ciri khas bagi organisme pemilikinya, sedangkan molekul lainnya berupa molekul besar yang dimiliki oleh umumnya organisme dan berperan sebagai komponen pembangun sel sekaligus menjadi sumber energi yang dapat diekstrak melalui metabolisme, merupakan biomolekul utama seperti karbohidrat, *lipid*, protein, dan asam nukleat dengan sifatnya masing-masing.

Semua komponen penyusun organisme termasuk senyawa di dalam sel terorganisasi dengan baik dan secara reguler diperbaharui. Untuk itu diperlukan makanan sebagai sumber material dan proses pembangunan kembali yang akurat. Untuk membangun tubuh dan mendapatkan energi, organisme hidup melakukan metabolisme terhadap makanan yang dikonsumsi. Secara termodinamika, sel merupakan sistem terbuka, sehingga materi dan energi bebas keluar masuk. Walaupun demikian, tidak semua organisme hidup dapat menyerap energi langsung dari matahari sebagai sumber energi utama bagi kelangsungan kehidupan di muka bumi. Hanya organisme yang dapat melakukan fotosintesis yang mendapatkan energi langsung dari cahaya matahari sehingga berperan

sebagai produsen makanan bagi organisme lainnya yang tidak dapat melakukan fotosintesis. Hewan, juga manusia, mendapatkan energi dengan cara mengoksidasi produk fotosintesis yang kaya energi dan membebaskan sisa metabolisme berupa karbon dioksida dan air yang memiliki energi kimia lebih rendah.



TES FORMATIF 1

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Dari beberapa bidang kajian berikut, yang merupakan bidang kajian biokimia adalah
 - A. analisis struktur dan sifat senyawa pada tanaman obat-obatan
 - B. klasifikasi dan sistematika pengelompokan senyawa organik bahan alam
 - C. penelusuran mutasi genetik pada populasi unggas di wilayah tertentu
 - D. pemetaan jaring-jaring makanan pada ekosistem hutan tropik

- 2) Tumbuhan kaktus memiliki kemampuan menyimpan air dalam jumlah besar pada bagian tubuhnya. Hal itu merupakan ciri zat hidup, yaitu
 - A. *hemostatis*
 - B. adaptif
 - C. responsif
 - D. reproduktif

- 3) Empat macam unsur yang dominan membangun sel hampir semua organisme hidup adalah
 - A. karbon, hidrogen, oksigen, dan belerang
 - B. karbon, oksigen, nitrogen, dan fosfor
 - C. oksigen, nitrogen, belerang, dan hidrogen
 - D. nitrogen, oksigen, hidrogen, dan karbon

- 4) Di antara biomolekul berikut, yang *bukan* merupakan makromolekul adalah
 - A. karbohidrat
 - B. *lipid*
 - C. protein
 - D. asam nukleat

- 5) Senyawa kimia yang hanya dimiliki oleh jenis tumbuhan tertentu merupakan pembeda sekaligus ciri khas dari tumbuhan yang bersangkutan. Senyawa demikian disebut
- biomolekul utama
 - biomolekul dasar
 - metabolit sekunder
 - senyawa antara
- 6) Keistimewaan sifat atom karbon sehingga dapat membentuk senyawa dengan jenis sangat beragam adalah
- struktur geometri ikatan pada atom karbon berbentuk *tetrahedral*
 - senyawa yang dibentuk atom karbon dapat memiliki gugus fungsi berbeda
 - atom karbon dapat saling berikatan dengan atom karbon lainnya tanpa batas
 - atom karbon dapat saling berikatan secara tunggal, ganda, atau *triple*
- 7) Pada pembentukan ikatan antara dua atom karbon membentuk ganda, maka semua atom yang terikat pada kedua atom karbon tersebut akan memiliki bentuk geometri
- tetrahedral*
 - bidang datar
 - segi tiga piramidal
 - tidak tetap
- 8) Di antara biomolekul berikut, yang dominan merupakan penyusun struktur membran sel adalah
- karbohidrat
 - lipid*
 - protein
 - asam nukleat
- 9) Di antara molekul berikut, yang merupakan monomer penyusun protein adalah
- glukosa
 - asam nukleat
 - asam amino
 - asam karboksilat

- 10) Di antara biomolekul berikut, yang *bukan* merupakan makromolekul adalah
- A. lipid
 - B. protein
 - C. karbohidrat
 - D. asam nukleat

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 1 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 2. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

KEGIATAN BELAJAR 2

Komposisi dan Fraksinasi Sel

Teori tentang sel merupakan salah satu fondasi dari biologi modern. Secara singkat teori tersebut mengemukakan bahwa:

1. semua zat hidup terdiri dari sel, apakah sel tunggal atau sel banyak;
2. reaksi kimia pada sel berlangsung di dalam sel;
3. semua sel berasal dari sel yang ada sebelumnya;
4. sel mengandung informasi turunan yang diwariskan dari generasi ke generasi.

Kesamaan dan keragaman yang dimiliki organisme tampak jelas bahkan pada tingkat seluler. Mikroorganisme terdiri dari sel tunggal, sedangkan organisme lebih tinggi terdiri dari banyak sel yang beragam baik ukuran, bentuk, maupun fungsinya. Dalam keragaman tersebut, semua sel, baik sel mikroorganisme maupun sel organisme tingkat tinggi memiliki kesamaan dasar fundamental yang dapat ditelusuri pada tingkat biokimia.

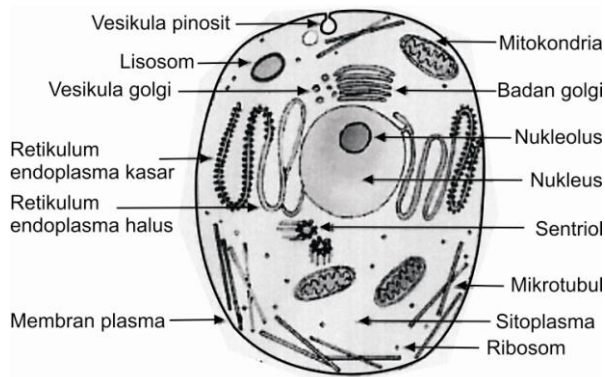
A. ORGANISASI DAN KOMPOSISI SEL EUKARIOT

Kehidupan memiliki berbagai tingkat organisasi. Atom-atom bersatu menyusun molekul, molekul kecil membentuk makro molekul, makro molekul membentuk *supra* molekul, *supra* molekul membentuk organel, organel membentuk sel dan seterusnya. Menurut teori tentang sel, pada organisme multiseluler fungsi kerja organ merupakan konsekuensi kerja sel-sel yang dimilikinya. Sebagai contoh, sel-sel pada otot berfungsi untuk kerja kontraksi, sedangkan sel-sel syaraf berfungsi sebagai penghantar transmisi pesan pada jaringan sistem syaraf.

Setiap sel memiliki bagian penting bagi kehidupannya. Bagian ini berupa inti yang di dalamnya terdapat gen, yang menyimpan informasi genetik, tersusun dari rantai DNA, dan terus-menerus mengalami replikasi. Pada bakteri, bagian ini tidak terpisah dari sitoplasma, tidak ada membran atau pembungkus lainnya, sedangkan pada organisme tingkat tinggi, inti sel memiliki dinding pemisah yang terbuat dari dua lapis membran. Sel yang tidak memiliki inti seperti sel pada bakteri disebut sel *prokariot*, sedangkan sel organisme tingkat tinggi yang memiliki inti disebut sel *eukariot* (lihat

Gambar 1.7). Sel *prokariot* secara umum berukuran lebih kecil dan lebih sederhana dibandingkan dengan sel *eukariot* yang memiliki lebih banyak bagian internal dan lebih rumit.

Sel *eukariot* memiliki aneka ragam bentuk dan struktur organel di dalamnya. Sel syaraf umumnya memiliki bentuk memanjang, sedangkan sel darah merah berbentuk simetris. Sel tumbuhan memiliki dinding sel yang terbuat dari selulosa sehingga bentuknya kaku, sedangkan sel hewan tidak memiliki dinding sel sehingga bentuknya fleksibel.

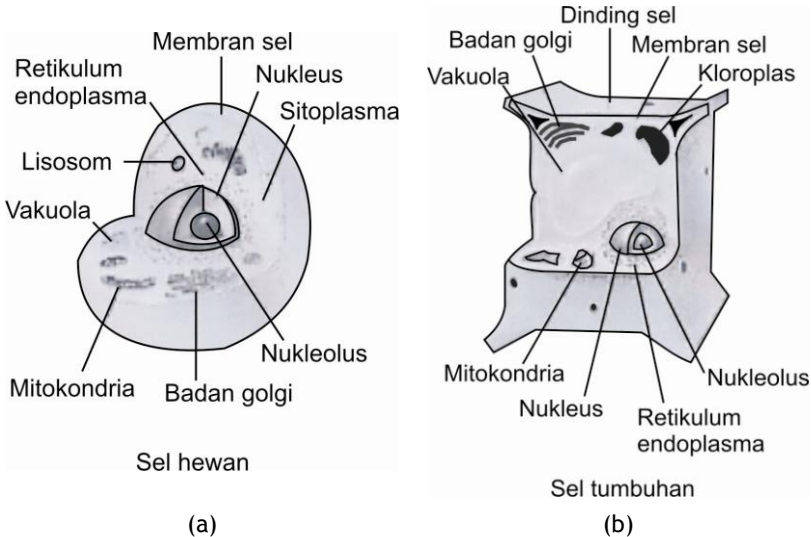


Gambar 1.7.
Sel *Eukariot* Memperlihatkan Inti Sel, anak inti, dan Organel

Ukuran sel juga beragam sesuai dengan fungsinya. Sel telur atau ovum (dari bahasa Latin, *ova*), berukuran cukup besar, bahkan merupakan sel paling besar di antara sel hewan pemilik telur tersebut. Ukuran telur pun tergantung dari hewan yang menghasilkannya dan bagaimana proses yang terjadi pada perkembangan telur setelah dibuahi. Telur katak memiliki dinding elastis yang mudah membesar saat berkembang setelah dibuahi, tetapi telur unggas memiliki kulit keras sehingga tidak dapat membesar sampai telur menetas. Maka menjadi wajar jika ukuran telur puyuh sangat kecil kalau dibandingkan dengan telur angsa atau telur dinosaurus!

Sel-sel *eukariot*, bukan sel telurnya, berukuran lebih besar dari sel *prokariot*. Sel *eukariot* memiliki diameter berkisar antara 5 sampai 100 μm , sementara isinya ribuan sampai jutaan kali lebih banyak daripada sel bakteri. Yang menjadi ciri sel *eukariot* adalah adanya inti sel dan berbagai organel yang memiliki fungsi spesifik, seperti mitokondria, *retikulum* endoplasma, badan *golgi*, dan *lisosom*. Sel tumbuhan memiliki tambahan organel, yaitu

vakuola dan kloroplas. Gambar 1.8.(a) dan gambar 1.8.(b) memperlihatkan sel hewan dan sel tumbuhan.



Gambar 1.8.

(a) Susunan Sel Hewan (b) Susunan Sel Tumbuhan

B. KOMPOSISI SEL

Sel merupakan unit struktural dan fungsional dari organisme. Semua sel dari organisme yang jenisnya berbeda memiliki kesamaan fungsional. Membran sel merupakan lapisan tipis pelindung sel yang memisahkan sel dari lingkungan sekitarnya dan tempat beradanya cairan sel. Membran terdiri dari lapisan *lipid* (pada umumnya dari kelompok *fosfolipid*) dan protein serta bersifat *semipermeabel*. Membran sel menjadi penghalang dari lalu-lalangnya ion anorganik dan senyawa bermuatan atau senyawa polar pada umumnya. Protein pada membran dapat melewatkan ion atau molekul tertentu dari dan ke dalam sel. Di antara protein tersebut, ada pula yang berperan sebagai penerus *signal* dari luar ke dalam sel, beberapa lainnya merupakan enzim yang berperan dalam jalur metabolisme senyawa tertentu. Karena masing-masing *lipid* dan protein pada membran tidak terikat secara kovalen, maka secara keseluruhan menjadikan membran bersifat fleksibel sehingga bentuk dan ukuran sel dapat berubah-ubah. Saat sel sedang tumbuh, molekul *lipid* dan protein baru terus-menerus disisipkan ke dalam membran, sedangkan

saat sel membelah diri, masing-masing sel baru hasil pembelahan memiliki membrannya sendiri. Pertumbuhan dan pembelahan sel ini berlangsung tanpa kehilangan sifat integritas membran.

Komponen membran sel lainnya adalah kolesterol yang berada di bagian tengah dari dua lapisan *lipid* yang membangun membran. Molekul *lipid* yang membangun membran memiliki sifat kepolaran yang berlawanan pada kedua ujungnya. Ujung *hidrofil*, biasanya disebut bagian kepala, terdiri dari gugus polar, sedangkan bagian ekor merupakan ujung *hidrofob* karena merupakan gugus non polar. Daerah di tengah lapisan membran memiliki sifat *hidrofob* karena ditempati "ekor-ekor" dari *lipid*, sedangkan bagian *hidrofil* dari kedua lapisan *lipid* ini menghadap keluar. Artinya, lapisan *lipid* baik bagian luar maupun bagian yang menghadap ke dalam sel memiliki sifat *hidrofil*, sedang bagian *hidrofob* berada di tengah membran. Pada umumnya membran sel bakteri tidak memiliki kolesterol. Keberadaan kolesterol pada membran sel merupakan perangkat untuk membantu sifat fleksibel membran.

Bagian permukaan membran, baik pada sisi luar sel maupun pada sisi dalam sel, kaya akan *glikolipid* (*lipid komplek* yang merupakan gabungan antara *lipid* dengan karbohidrat) dengan bagian *hidrofob*-nya berada di daerah tengah membran, sehingga menjadikan kondisi lapisan tengah membran bersifat *hidrofob*. Sedangkan ujung *hidrofil*-nya, bersama-sama dengan protein menjadikan permukaan membran bersifat *hidrofil* pada kedua sisinya, dan berfungsi dalam pengenalan diri atau sistem identifikasi seluler.

Bagian isi sel disebut protoplasma, yang terdiri dari cairan sel (sitoplasma) dan *nukleoplasma* (semua material yang berada di dalam inti sel, baik plasma inti maupun DNA).

Cairan sel yang terbungkus membran, sebagian besar merupakan cairan (*sitosol*) yang berisi berbagai partikel tersuspensi dengan fungsi-fungsinya yang spesifik. *Sitosol* merupakan larutan kental berisi enzim berikut molekul mRNA yang mengode mereka, berbagai asam amino, tRNA, berbagai metabolit berupa molekul-molekul organik berukuran kecil, senyawa-senyawa antara dari suatu jalur metabolisme, baik anabolisme maupun katabolisme, berbagai koenzim, ribosom, dan organel-organel sel.

C. FUNGSI DAN FRAKSINASI SEL

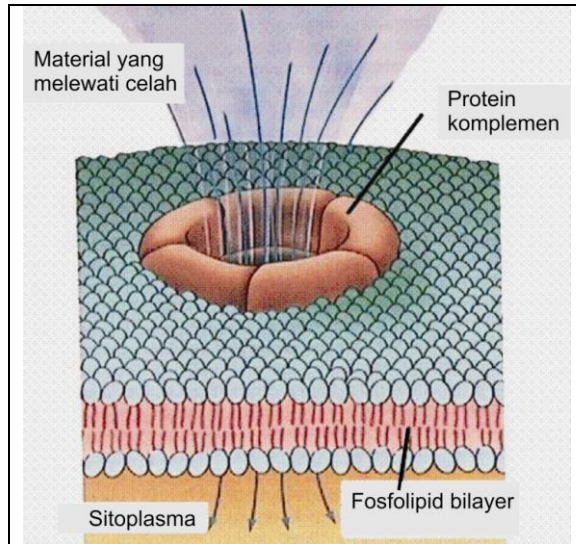
Kemajuan di bidang biokimia di antaranya telah mampu mengembangkan metode untuk memisahkan organel dari *sitosol* dan bagian lainnya, sebuah langkah penting untuk melakukan isolasi biomolekul dan komponen sel yang lebih besar, berikut penyelidikan struktur dan fungsi biomolekul-biomolekul tersebut.

Dalam melakukan *fraksinasi sel*, sel atau otot dalam larutan dihancurkan dengan cara *homogenasi* secara perlahan. Perlakuan ini menyebabkan membran rusak, tetapi tidak merusak organel. *Homogenat* yang diperoleh kemudian disentrifugasi sehingga organel seperti inti sel, mitokondria, dan *lisosom* karena berbeda ukurannya, mereka mengendap secara tidak bersamaan. Organel-organel tersebut juga berbeda beratnya sehingga mereka terpisah dalam gradasi *densitas*. Hasil *sentrifugasi* yang berbeda menghasilkan fraksi kasar dari isi yang berada di sitoplasma, selanjutnya hasil tersebut dimurnikan melalui teknik “*isopycnic*”, yaitu disentrifugasi menggunakan larutan yang memiliki *densitas* sama. Pada langkah ini, organel yang memiliki perbedaan komposisi *lipid* dan protein akan terpisah. Dengan cara dipisahkan hati-hati, ahli biokimia dapat memisahkan organel untuk dimurnikan lebih lanjut. Sebagai contoh, metode yang telah disampaikan dapat digunakan untuk mengetahui bahwa *lisosom* mengandung enzim-enzim *degradatif* (penghancur), mitokondria mengandung enzim-enzim *oksidatif*, dan kloroplas mengandung pigmen *fotosintetik*. Isolasi organel kaya akan enzim ini juga sering digunakan sebagai langkah dalam memurnikan enzim.

Adapun fungsi atau peran dari fraksi sel disampaikan secara singkat berikut ini.

1. Membran Sel

Membran sel berfungsi sebagai penghalang *semipermeabel*, hanya dapat dilewati molekul tertentu sementara senyawa organik yang dihasilkan di dalam sel tidak dapat melewatinya sehingga tidak dapat keluar dari sel. Hasil pemeriksaan mikroskop elektron membawa para ahli untuk menggambarkan membran sebagai model *bilayer* atau model *fluid-mosaic*. Pada model ini, membran terdiri dari dua lapisan *lipid* yang saling bertolak belakang dengan molekul penyusun utama membran adalah *fosfolipid*. Molekul *fosfolipid* mempunyai ujung polar yang bersifat *hidrofil* dan dua ujung non polar yang bersifat *hidrofob*. Ujung-ujung nonpolar saling berjajar berhadapan membentuk bagian dalam membran yang bersifat *hidrofob*, sedangkan ujung nonpolar menghadap ke luar menghasilkan kedua permukaan membran bersifat *hidrofil*. Dengan kata lain, permukaan yang menghadap ke luar dan ke dalam sel menjadi bersifat *hidrofil*, sedangkan bagian tengah membran bersifat *hidrofob*. Gambar 1.9 memperlihatkan model membran *bilayer*.



Gambar 1.9.
Model Membran *Bilayer* atau *Fluid Mosaic*

2. Dinding Sel

Tidak semua sel memiliki dinding sel, terutama sel hewan dan beberapa *protista* tidak memiliki dinding sel. Bakteri memiliki dinding sel yang mengandung *peptidoglikan*, suatu senyawa gabungan protein dan karbohidrat. Sel tumbuhan memiliki dinding sel yang terbuat dari berbagai bahan kimia. Selulosa, suatu polisakarida yang tidak dapat dicerna oleh manusia, umumnya menjadi bagian utama dinding sel primer. Beberapa tumbuhan juga memiliki lignin dalam dinding sel sekundernya. Dinding sel terletak di sebelah luar membran sel. *Plasmodesma* terdapat pada dinding sel, merupakan bagian yang menghubungkan satu sel dengan sel lainnya, sehingga sel-sel dapat berkomunikasi secara kimia antara satu dengan lainnya. Jamur dan beberapa *protista* juga memiliki dinding sel, walaupun tidak terbuat dari selulosa, tetapi dari bahan kimia lain, seperti kitin pada jamur.

Sel hewan tidak memiliki dinding sel, sehingga harus bergantung hanya pada membran yang dimilikinya untuk mempertahankan selnya. Beberapa *protista* juga tidak memiliki dinding sel, mereka memiliki membran yang beragam untuk melindungi bagian dalam selnya (lihat Gambar 1.8.(b)).

3. Inti Sel

Hanya sel *eukariotik* yang memiliki inti sel. Inti sel merupakan tempat asam nukleat yang dibuatnya, berupa DNA dan RNA. Inti sel mengontrol bentuk dan karakter dari sel. DNA, bertanggung jawab pada pewarisan sifat turunan. RNA, terbentuk di dalam inti sel menggunakan DNA sebagai cetakan. RNA keluar ke dalam sitoplasma ketika diperlukan untuk *sintesis* protein. *Nucleolus* (anak inti) biasanya ada dua *nucleoli* per inti, dan di sana pula ribosom dibangun.

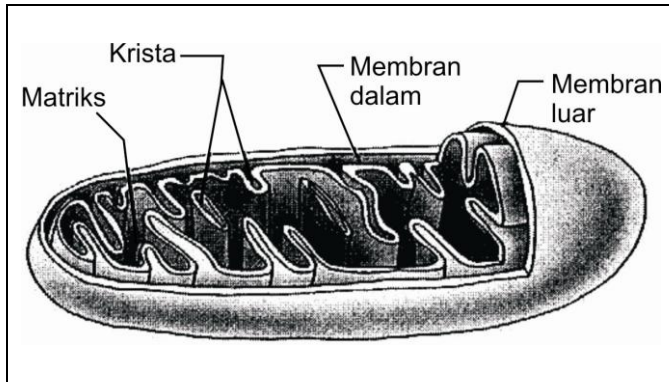
4. Sitoplasma

Sitoplasma adalah material yang berada di antara membran dan inti sel. Protein fiber yang berada di sitoplasma disebut *sitoskeleton* dan berperan untuk mempertahankan bentuk sel, menahan organel-organel pada tempatnya, serta menggerakkan sel dan mengontrol gerakan internal di dalam sel.

5. Mitokondria

Mitokondria berfungsi sebagai tempat untuk menghasilkan energi bagi kehidupan sel dengan memanfaatkan energi dari pergerakan elektron pada reaksi-reaksi reduksi- oksidasi, seperti perubahan NADH yang dihasilkan di sitoplasma menjadi NAD^+ yang berlangsung di membran luar mitokondria dapat menghasilkan pembentukan ATP di dalam mitokondria karena adanya aliran elektron melalui suatu sistem penghantaran elektron. Pada proses tersebut, ion H^+ mengalami oksidasi oleh O_2 membentuk H_2O .

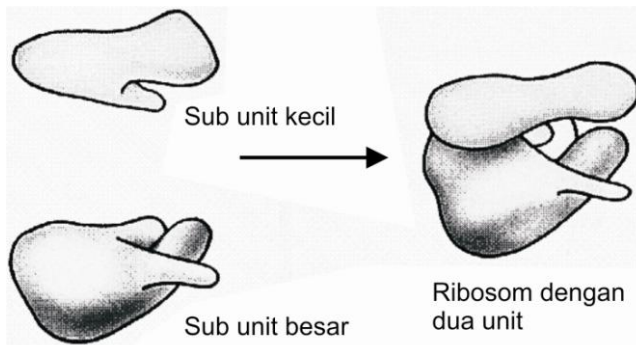
Mitokondria memiliki dua lapis membran, di mana membran pada lapisan dalam berbentuk lipatan-lipatan sehingga menghasilkan permukaan lebih luas. Struktur permukaan dalam mitokondria ini disebut matriks. Ribosom dan DNA mitokondria terdapat pada matriks tersebut. Gambar 1.10. memperlihatkan struktur mitokondria.



Gambar 1.10.
Struktur Mitokondria Memperlihatkan Matriks dan Doppel Membran

6. Ribosom

Ribosom merupakan tempat untuk berlangsungnya biosintesis protein. Ribosom tidak terbungkus oleh membran dan dapat ditemukan pada sel *prokariot* dan sel *eukariot*. Ribosom pada sel *eukariot* lebih besar daripada ribosom sel *prokariot*. Ribosom mempunyai struktur terdiri dari dua subunit berukuran besar dan kecil (lihat Gambar 1.11.). Ribosom dibangun oleh RNA (rRNA) dan sekitar 50 macam protein struktural. Ribosom sering terdapat melekat pada *retikulum endoplasma* ketika proses *biosintesis* protein berlangsung.



Gambar 1.11.
Ribosom dengan Dua Subunit

7. *Retikulum Endoplasma*

Retikulum endoplasma merupakan membran yang saling berkaitan membentuk jalinan dalam fungsinya yang melibatkan sintesis dan transportasi protein. Ada dua macam *retikulum*, yaitu *Rough Endoplasmic Reticulum* (RER), dinamakan demikian karena permukaannya kasar akibat protein yang menempel di permukaannya dan *Smooth Endoplasmic Reticulum* (SER) yang sifatnya tidak seperti RER. RER berhubungan dengan inti sel oleh mRNA yang berperan sebagai cetakan pada sintesis protein.

8. *Badan Golgi*

Badan *golgi* berbentuk seperti kantong berlipat dan tidak memiliki lapisan membran. Camillo Golgi seorang biolog Italia menemukan struktur organel tersebut pada akhir 1890an, dan perannya di dalam sel baru diketahui sekitar pertengahan 1900. Badan *golgi* berfungsi sebagai sarana pengemas dan media transportasi. Membran yang baru dibuat dibangun pada lapisan badan *golgi* ini.

9. *Lisosom*

Lisosom merupakan bagian yang diproduksi oleh badan *golgi*. Telah disampaikan bahwa badan *golgi* berfungsi sebagai pengemas produk sintesis, untuk keperluan transportasi produk tersebut dikemas oleh badan *golgi* dan dilepaskan, salah satunya sebagai *lisosom*. *Lisosom* berisi enzim-enzim hidrolitik (enzim yang bertanggung jawab pada proses hidrolisis atau penguraian suatu zat dengan bantuan molekul air) yang dapat menghancurkan sel jika tidak dikemas khusus. Enzim yang dikemas *lisosom* bekerja secara *ekstraselular* pada penghancuran material.

10. *Vakuola*

Vakuola merupakan organel berlapis membran tunggal dan merupakan rongga yang berada di dalam sel sehingga bersifat di luar sistem sel. Beberapa organisme menggunakan vakuola sebagai tempat penyimpanan atau penampungan material yang sudah tidak terpakai.

11. *Plastida*

Plastida merupakan organel yang terbungkus membran dan hanya ditemukan pada tumbuhan dan sel-sel *eukariot* yang dapat melakukan fotosintesis. *Leukoplas* atau *amiloplas* menyimpan karbohidrat, atau kadang-kadang protein dan *lipid*. Kromoplas menyimpan pigmen yang menyebabkan bunga atau buah berwarna-warni.

12. Kloroplas

Kloroplas merupakan tempat terjadinya fotosintesis pada sel *eukariot*. Di dalam kloroplas terdapat klorofil dan perangkat pigmen lainnya (*karoten* dan *santofil*) yang tergabung dalam fotosistem berada pada membran kantong kloroplas yang disebut *tilakoid*. Perangkat pigmen yang terdapat di dalam kloroplas bermacam-macam tergantung dari spesies organisme menurut klasifikasinya dalam taksonomi.

Seperti halnya *mitokondria*, kloroplas memiliki DNA sendiri yang disebut cpDNA. Beberapa *protista* memiliki kemiripan kloroplas dengan bakteri, sehingga para ahli menduga adanya *endosimbiosis*. Kloroplas alga merah (*red algae*) secara biokimia sangat mirip dengan *sianobakteri* (*cyanobacteria* atau *blue-green bacteria*).



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Jelaskan perbedaan mendasar antara sel *prokariot* dan sel *eukariot*!
- 2) Jelaskan perbedaan antara membran sel hewan dan dinding sel tumbuhan!
- 3) Membran sel dibangun oleh *lipid bilayer*. Jelaskan apa yang dimaksud!
- 4) Uraikan apa yang terjadi pada membran sel saat sel tumbuh membesar atau saat terjadi pembelahan sel!
- 5) Jelaskan mengapa permukaan membran pada kedua sisinya bersifat polar, sedangkan *lipid* pembentuknya memiliki ujung polar dan non polar!
- 6) Selain sebagai penghalang *semipermeabel*, apa peran lain dari sifat *hidrofil* permukaan membran?
- 7) Apa perbedaan antara protoplasma dan sitoplasma?
- 8) Jelaskan maksud dari pernyataan bahwa inti sel mengontrol bentuk dan karakter dari sel!
- 9) Apa peran penting dari mitokondria?
- 10) Apa yang dimaksud dengan RER dan SER?

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Perbedaan mendasar antara sel *prokariot* dan sel *eukariot* adalah adanya inti sel.
- 2) Sel hewan tidak memiliki dinding sel sedangkan sel tumbuhan memilikinya.
- 3) Membran dibangun oleh lapisan *lipid* yang terdiri dari dua lapis.
- 4) Saat terjadi pertumbuhan sel, membran terus-menerus disisipi molekul *lipid* baru, sedangkan pada saat terjadi pembelahan sel, lapisan membran didistribusikan sehingga masing-masing sel baru memiliki membrannya sendiri.
- 5) *Lipid bilayer* yang membangun membran terdiri dari dua lapis *lipid* dengan sisi *hidrofob* saling berhadapan sehingga kedua sisi luar membran bersifat *hidrofil*.
- 6) Peran permukaan membran lainnya adalah sebagai sisi pengenalan diri atau identifikasi *selular*.
- 7) Protoplasma adalah semua material yang ada di dalam sel yang terbungkus membran, termasuk sitoplasma. Sedangkan sitoplasma hanya bagian cairan dari protoplasma.
- 8) Inti sel berisi asam nukleat yang berperan dalam menyimpan informasi genetik.
- 9) Mitochondria berperan dalam melangsungkan reaksi-reaksi *reduksi-oksidasi* sehingga di dalamnya terdapat enzim-enzim *redoks*.
- 10) Keduanya adalah *retikulum endoplasma*.

**RANGKUMAN**

Sel *eukariot* terdiri dari tiga komponen secara garis besar, yaitu membran sel, protoplasma, dan inti sel. Membran sel dibangun oleh lapisan *lipid bilayer* dengan sisi *hidrofob* saling berhadapan sehingga kedua sisi permukaan membran bersifat *hidrofil*. Membran bersifat *semipermeabel* karena pada bagian tertentu terdapat karbohidrat atau protein dalam keadaan kompleks bersama *lipid*. Membran merupakan pembungkus protoplasma. Pada sel tumbuhan membran memiliki tambahan lapis luar membentuk dinding sel yang terbuat dari selulosa. Protoplasma adalah semua bagian yang ada di dalam sel yang dibatasi oleh membran, termasuk inti sel, sitoplasma dan berbagai organel. Sitoplasma adalah komponen protoplasma yang merupakan cairan. Inti

sel terbungkus oleh membran dan di dalamnya terdapat asam nukleat yang merupakan penyimpan informasi genetik. Adanya inti sel menjadi ciri dari sel *eukariot* karena sel *prokariot* tidak memiliki inti sel. Di dalam sitoplasma terdapat berbagai organel yang memiliki fungsi spesifik, seperti mitokondria, *retikulum* endoplasma, badan *golgi*, dan *lisosom*. Pada sel tumbuhan terdapat vakuola dan kloroplas yang tidak ditemukan pada sel hewan.

Secara biokimia, sel terdiri dari senyawa-senyawa berukuran besar dan kecil, semua terorganisasi dengan baik. Molekul-molekul besar merupakan komponen pembangun struktur sel, sedangkan molekul-molekul kecil merupakan senyawa antara yang dihasilkan dan digunakan dalam jalur metabolisme selama proses metabolisme berlangsung. Molekul-molekul besar membentuk makromolekul, makromolekul membentuk struktur *supra* molekul hingga akhirnya terbentuk organel dan komponen sel lainnya yang merupakan kumpulan berbagai jenis senyawa secara kompleks. Biomolekul utama yang penting adalah karbohidrat, *lipid*, protein, dan asam nukleat. Di dalam sel juga terdapat ion-ion logam yang berperan dalam membantu proses metabolisme.

Sel *eukariot*, sel hewan maupun sel tumbuhan, mempunyai susunan organel yang sama, kecuali dinding sel, kloroplas, dan vakuola yang hanya dimiliki oleh sel tumbuhan.



TES FORMATIF 2

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Yang menjadi ciri dari sel *eukariot* adalah dijumpainya
 - A. dinding sel sebagai pelindung dari lingkungan di sekitarnya
 - B. berbagai organel yang bekerja sendiri-sendiri
 - C. membran yang membungkus inti sel
 - D. perangkat untuk menggerakkan sel

- 2) Bagian sel yang merupakan cairan dan terdapat di antara membran dan inti sel adalah
 - A. protoplasma
 - B. sitoplasma
 - C. *nukleoplasma*
 - D. *kemoplasma*

- 3) Senyawa kimia yang merupakan polimer dari *nukleotida* adalah
 - A. asam amino
 - B. asam nukleat

- C. peptida
 - D. sakarida
- 4) Molekul-molekul kecil yang terdapat di dalam sel keberadaannya sebagai
- A. komponen penyusun struktur sel
 - B. sumber bahan atau hasil antara proses metabolisme
 - C. penyusun komponen aktif seperti enzim atau hormon
 - D. sisa material untuk dibuang
- 5) Bagian yang terpenting dari sel adalah
- A. dinding sel karena berfungsi sebagai pelindung
 - B. sitoplasma karena sebagai media tempat organel berada
 - C. protoplasma karena tanpa protoplasma sel menjadi kosong
 - D. inti sel karena bentuk dan karakter sel dikendalikan oleh inti
- 6) Komponen sel yang ada pada sel tumbuhan tetapi tidak ada pada sel hewan adalah
- A. mitokondria
 - B. *retikulum*
 - C. vakuola
 - D. membran
- 7) Satu-satunya biomolekul yang terdapat di dalam sel yang bukan merupakan makromolekul walaupun bentuknya dapat berupa gumpalan besar adalah
- A. protein
 - B. karbohidrat
 - C. asam nukleat
 - D. *lipid*
- 8) Peran dari badan *golgi* adalah sebagai
- A. sarana pengikat sementara saat molekul baru disintesis
 - B. sarana pengemas dan pengangkut produk tertentu
 - C. tempat penyimpanan material yang tidak berguna
 - D. tempat berlangsungnya reaksi-reaksi *redoks*
- 9) Agar keberadaan enzim-enzim di dalam sel aman bagi komponen sel, maka enzim tersebut dikemas di dalam
- A. sitoplasma
 - B. mitokondria
 - C. *lisosom*
 - D. *ribosom*

- 10) Sintesa protein dikendalikan oleh kode yang disimpan pada asam nukleat. Oleh karena itu, sintesis protein berlangsung di
- A. inti sel
 - B. ribosom
 - C. lisosom
 - D. retikulum endoplasma

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 2 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 2.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali
80 - 89% = baik
70 - 79% = cukup
< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan modul selanjutnya. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

Kunci Jawaban Tes Formatif

Tes Formatif 1

- 1) C. Yang merupakan bidang kajian biokimia adalah penelusuran mutasi genetik pada populasi unggas di wilayah tertentu.
- 2) B. Salah satu ciri dari zat hidup adalah adaptif.
- 3) D. Unsur yang dominan membangun sel hampir semua organisme hidup adalah nitrogen, oksigen, hidrogen, dan karbon.
- 4) B. Yang bukan merupakan makromolekul adalah lipid.
- 5) C. Senyawa kimia yang menjadi ciri khas dari tumbuhan adalah metabolit sekunder.
- 6) C. Keistimewaan sifat atom karbon sehingga dapat membentuk senyawa dengan jenis sangat beragam adalah atom karbon dapat saling berikatan dengan atom karbon lainnya tanpa batas.
- 7) B. Kedua atom karbon yang dapat membentuk ganda memiliki bentuk geometri bidang datar.
- 8) B. Biomolekul yang dominan merupakan penyusun struktur membran sel adalah lipid.
- 9) C. Yang merupakan monomer penyusun protein adalah asam amino.
- 10) A. Biomolekul yang bukan merupakan makromolekul adalah lipid.

Tes Formatif 2

- 1) C. Ciri dari sel eukariot adalah ditemukannya membran yang membungkus inti sel.
- 2) B. Bagian sel yang merupakan cairan dan terdapat diantara membran dan inti sel adalah sitoplasma.
- 3) B. Senyawa kimia yang merupakan polimer dari nukleotida adalah asam nukleat.
- 4) B. Molekul-molekul kecil yang terdapat di dalam sel keberadaannya sebagai sumber bahan atau hasil antara proses metabolisme.
- 5) D. Bagian yang terpenting dari sel adalah inti sel karena bentuk dan karakter sel dikendalikan oleh inti.
- 6) C. Komponen sel yang ada pada sel tumbuhan tetapi tidak ada pada sel hewan adalah vakuola.

- 7) D. Satu-satunya biomolekul yang terdapat di dalam sel yang bukan makromolekul adalah lipid.
- 8) B. Badan golgi adalah sebagai sarana pengemas dan pengangkut produk tertentu.
- 9) C. enzim dikemas di dalam lisosom agar keberadaannya aman bagi komponen sel.
- 10) B. Sintesis protein berlangsung di ribosom.

Glosarium

- Biomolekul** : senyawa-senyawa organik yang membangun sistem zat hidup, biomolekul utama adalah karbohidrat, *lipid*, protein, dan asam nukleat.
- Dynamic steady state* : kesetimbangan dinamis, yaitu suatu keadaan yang secara makro dari luar tampak stabil, tidak ada perubahan komposisi zat, tetapi secara mikro terjadi perubahan terus-menerus pada masing-masing komponen penyusun sistem tersebut.
- Fosfolipid* : *lipid* yang memiliki gugus fosfat. Sebagaimana diketahui, *lipid* merupakan trigliserida, tiga molekul asam lemak terikat pada sebuah gliserol; jika salah satu asam lemak digantikan oleh gugus fosfat maka dihasilkan *fosfolipid*.
- Gugus fungsi senyawa** : bagian dari struktur senyawa karbon yang bersifat aktif dalam reaksinya dengan senyawa lain; gugus fungsi menjadi identitas senyawa karbon yang memilikinya, dan pada saat bereaksi bagian gugus tersebut yang mengalami perubahan, sedangkan bagian lainnya tidak berubah.
- Hidrofil* : sifat yang berlawanan dengan *hidrofob*, sangat mudah bercampur dengan air bahkan molekul air dapat memasuki setiap celah molekul yang tersedia.
- Hidrofob* : sifat suatu zat yang tidak mau bercampur dengan air atau selalu membentuk lapisan pemisah sehingga jika dipaksakan dicampurkan dengan air akan membentuk agregat.
- Ikatan kovalen** : jenis ikatan yang terbentuk antara atom-atom non logam yang terjadi karena pemakaian bersama pasangan elektron. Ikatan kovalen terjadi antara dua atom yang memiliki selisih keelektronegatifan rendah.
- Lipid bilayer* : sistem lapisan yang dibangun oleh dua lapisan *lipid* dengan ujung-ujung non polar pada *lipid* saling berhadapan, menghasilkan struktur dengan kedua

- sisi sebelah luar bersifat polar.
- Makromolekul : struktur organisasi molekul berukuran besar yang terbentuk karena polimerisasi unit-unit monomernya.
- Metabolit sekunder : senyawa-senyawa yang hanya dapat ditemukan pada jenis-jenis tumbuhan tertentu dan tidak ditemukan pada jenis tumbuhan lain sehingga keberadaan senyawa tersebut menjadi ciri khas atau identitas spesies tumbuhan yang memilikinya.
- Monomer Polar : unit terkecil pembentuk polimer.
- Polimer : sifat yang dikenakan pada ikatan kovalen atau suatu molekul, di mana pada ikatan atau molekul tersebut terjadi pengkutuban listrik karena perbedaan keelektronegatifan kedua unsur yang membentuk ikatan.
- Polimer : molekul besar yang terbentuk melalui penggabungan unit-unit kecil yang disebut monomer secara kovalen membentuk unit yang lebih besar dengan jenis monomer yang sama.
- RER (*Rough Endoplasmic Reticulum*) : *retikulum* endoplasma kasar (*rough*) sebagai akibat terbentuknya molekul protein yang baru disintesis dari ribosom.
- SER (*Smooth Endoplasmic Reticulum*) : *retikulum* endoplasma halus (*smooth*) tempat terbentuknya molekul *lipid* yang baru disintesis dan metabolisme racun.
- Supramolekul* : struktur organisasi molekul di atas makromolekul; *supra* molekul biasanya tidak hanya berupa penggandaan unit makromolekul yang sejenis, tapi merupakan gabungan berbagai jenis molekul membentuk struktur lebih kompleks.

Daftar Pustaka

Anna Poedjiadi. (1994). *Dasar-dasar Biokimia*. Jakarta: Universitas Indonesia.

David L. Nelson and Michael M. Cox. (2005). *Lehninger Principles of Biochemistry*. New York: Worth Publisher.

Voet, D. and Voet, J.G. (1990). *Biochemistry*. New York: John Wiley & Sons.