



Satuan terkecil dalam tubuh makhluk hidup adalah sel, dan di dalam sel inilah terdapat biomolekul, yakni molekul-molekul yang menjadi dasar pembentukan tubuh makhluk hidup. Biomolekul dalam sel berupa protein, karbohidrat, lipida, dan asam nukleat (RNA dan DNA). Setiap tipe biomolekul ini mempunyai peran dan fungsinya masing-masing dalam sel dan bagi tubuh.

Dari manakah zat-zat dalam tubuh itu diperoleh? Zat apa saja yang harus ada di dalam makanan manusia? Tubuh manusia memerlukan setidaknya 50 jenis zat dari makanannya. Zat-zat yang diperlukan tubuh manusia inilah yang dinamakan *nutrisi*.

Pada pembahasan kali ini, materi kimia organik akan dikembangkan untuk mendukung pemahaman tentang zat dan hubungannya dengan nutrisi bagi tubuh manusia.

Tujuan-tujuan khusus yang hendak dicapai setelah mempelajari BBM-10 ini adalah agar mahasiswa dapat:

- 1) menyebutkan perbedaan senyawa organik terhadap senyawa anorganik.
- 2) menjelaskan golongan senyawa hidrokarbon.
- 3) menjelaskan struktur senyawa alkana.
- 4) menuliskan nama senyawa alkana.
- 5) menjelaskan perbedaan alkena dengan alkana.
- 6) menjelaskan perbedaan alkuna dengan alkana
- 7) menjelaskan hubungan hidrokarbon dan sumber energi.
- 8) menjelaskan gugus fungsi.
- 9) menjelaskan perbedaan golongan alkohol dan golongan eter.
- 10) menjelaskan perbedaan golongan aldehid dan golongan keton.
- 11) menjelaskan perbedaan golongan asam karboksilat dan golongan ester.

BBM-10 akan disajikan ke dalam 2 (dua) kegiatan belajar seperti berikut.

- (1) Kegiatan Belajar 10.1: Karbohidrat, Protein, Dan Lipida.
- (2) Kegiatan Belajar 10.2: Zat Organik Lain Dan Zat Anorganik Dalam Tubuh.

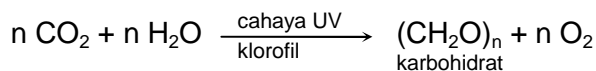
**KARBOHIDRAT, PROTEIN, DAN LIPIDA****A. KARBOHIDRAT****1. Asal Karbohidrat**

Tumbuhan merupakan sumber karbohidrat yang diperlukan makhluk. Dalam tumbuhan hijau, karbohidrat terbentuk. Karenanya tumbuhan disebut sebagai *produsen*. Dengan demikian tumbuhan merupakan sumber makanan makhluk termasuk manusia.

Karbohidrat merupakan senyawa penting bagi makhluk hidup; ia memberikan sebagian energi yang diperlukan bagi tubuh. Selain itu, karbohidrat juga menjadi sumber karbon dalam sintesa senyawa biomolekul, sel, dan jaringan sel dalam tubuh.

2. Pembentukan Karbohidrat

Pada bagian hijau dari tumbuhan terutama dalam daun-daun hijau, gas CO₂ dan H₂O diubah menjadi **karbohidrat**. Proses ini dikenal dengan nama **fotosintesis**. Keberlangsungan fotosintesis memerlukan katalis dan energi. Katalis berupa *klorofil*, dan energi dalam bentuk energi cahaya (sebagai *cahaya ultraviolet* dari matahari). Peristiwa ini sebenarnya berlangsung kompleks dalam beberapa tahap, namun secara sederhana dapat dinyatakan sebagai,

**3. Klasifikasi Karbohidrat**

Di alam dijumpai berbagai macam karbohidrat, dan dapat digolong-golongkan sebagaimana ditunjukkan pada Gbr 10.1.



Keterangan:

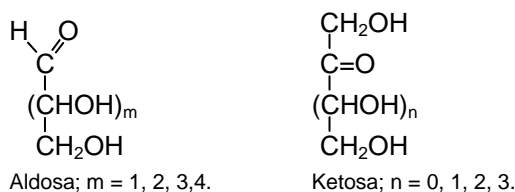
Oligosakarida adalah karbohidrat yang menghasilkan 2-8 satuan molekul monosakarida bila dihidrolisis. (Yunani: *oligo-* berarti *beberapa*.) Polisakarida adalah karbohidrat yang menghasilkan lebih dari 8 satuan molekul monosakarida bila dihidrolisis.

4. Monosakarida

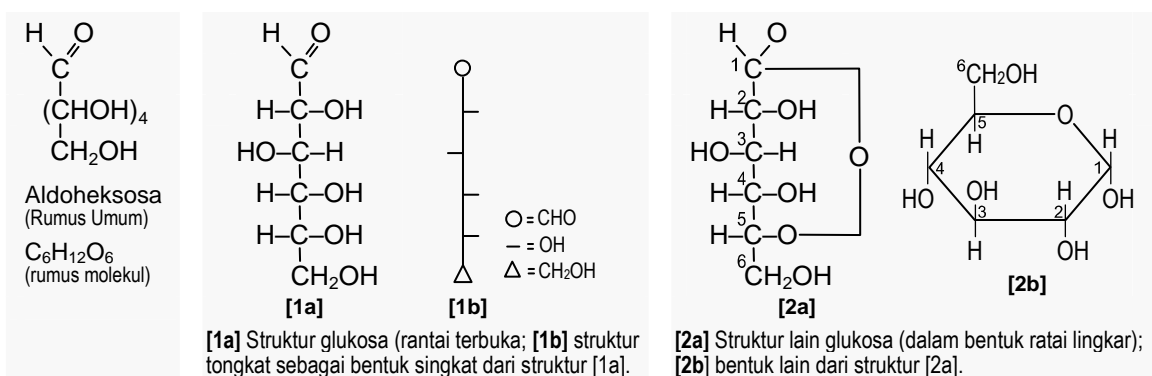
Monosakarida (gula sederhana) adalah karbohidrat yang tidak dapat dipecah (dihidrolisis) menjadi molekul yang lebih sederhana (kecil). Monosakarida penting yang sangat erat hubungannya dengan struktur atau metabolisme pembentukan senyawa kimia di dalam tubuh adalah **triosa**, **pentosa**, dan **heksosa**.

Kata-kata *tri*, *penta*, dan *heksa* menunjukkan banyaknya atom C, sedangkan kata *-osa* berarti **gula**. Dengan demikian triosa, pentosa, dan heksosa adalah gula yang mengandung berturut-turut 3, 5, dan 6 atom C. Senyawa-senyawa ini ada yang memiliki gugus *-aldehida* dan gugus *-keton*. Gula yang memiliki gugus *-aldehida* disebut **aldosa**, dan gula yang memiliki gugus *-keton* disebut **ketosa**.

Rumus umum struktur monosakarida dapat dinyatakan sebagai:



Untuk kelompok aldosa, jika m=1 dinamai *aldotriosa* (karena ada 3 atom C), dan m=4 dinamai *aldoheksosa*. Begitu pula untuk kelompok ketosa, n=0 dinamai *ketotriosa*, dan n=3 dinamai *ketoheksosa*. Glukosa, fruktosa, dan galaktosa merupakan monosakarida penting. Glukosa merupakan suatu aldoheksosa dengan rumus molekul $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$; rumus struktur glukosa dapat ditulis dalam bentuk rantai terbuka dan rantai lingkaran.



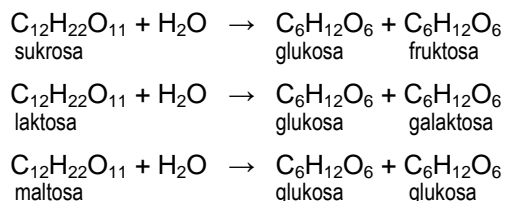
Glukosa merupakan satuan pembentuk karbohidrat yang lebih besar seperti disakarida dan polisakarida (amilum dan glikogen). Glukosa banyak terdapat di alam seperti di dalam sari buah-buahan, dan juga diperoleh dari hidrolisis disakarida dan polisakarida.

Fruktosa merupakan ketosa (n=3 dengan rumus molekul $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$). Fruktosa atau gula buah-buahan sering disebut *levulosa*. Di alam ditemukan dalam sari buah-buahan dan dalam madu. Sedangkan galaktosa tidak terdapat bebas di alam, tetapi dapat diperoleh dari hidrolisis laktosa dan beberapa polisakarida tertentu.

5. Disakarida

Sesuai namanya, **disakarida** merupakan gabungan dari 2 satuan monosakarida. Rumus molekul disakarida adalah $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$. Ada 3 isomer penting yang menjadi kelompok disakarida, yaitu sukrosa, maltosa, dan laktosa.

Ketiga senyawa ini bila dihidrolisis akan terurai menjadi satuan pembentuknya masing-masing.



Tabel 10.1 Sifat dan Sumber dari 3 Tipe Disakarida

<i>Tipe Disakarida</i>	<i>Sifat</i>	<i>Sumber</i>
Sukrosa	Kristal bening, manis, larut dalam air, dan dapat terhidrolisis.	Sri buah-buan, madu, tebu, dan bit. Hasil hidrolisis amilum (suasana asam)
Laktosa	Kristal bening, tidak manis, sedikit larut, dan dapat terhidrolisis.	Air susu binatang mamalia (4-5%).
Maltosa	Kristal bening, manis, larut dalam air, dan dapat terhidrolisis.	Amilum (melalui hidrolisis oleh enzim diastase).

6. Polisakarida

Polisakarida merupakan molekul besar hasil gabungan banyak satuan monosakarida. Rumus umum polisakarida adalah $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$. Polisakarida memiliki M_r (bobot molekul) tinggi, dan tidak larut dalam air. Tipe polisakarida penting ialah selulosa, amilum (pati), dan glikogen.

Tabel 10.2 Sifat dan Sumber dari 3 Tipe Polisakarida

<i>Tipe Polisakarida</i>	<i>Sifat</i>	<i>Sumber / Kegunaan</i>
Selulosa	Berupa serat, tidak larut dalam air. Dapat diolah menjadi bubur untuk serat	Kayu kering (60%); kapas kering (97%). Untuk pembuatan kertas, bahan peledak, sutera sintesis, dll.
Amilum (pati)	Bentuk tepung putih, tidak larut dalam air, dengan air panas membentuk koloid, dan dapat terhidrolisis menghasilkan maltosa. Dengan I_2 memberikan warna biru.	Tumbuhan (biji, akar, umbi, buah). Berguna sebagai makanan cadangan bagi tumbuhan itu sendiri, dan sebagai makanan makhluk lain
Glikogen	Dalam air membentuk koloid, dan dengan I_2 memberikan warna coklat-kemerahan. Hidrolisis (suasana asam) menghasilkan hanya glukosa; hidrolisis (oleh enzim) menghasilkan glukosa dan maltosa (30%).	Pada otot hewan dan otot manusia. Berguna sebagai makanan cadangan bagi hewan dan manusia itu sendiri

B. PROTEIN

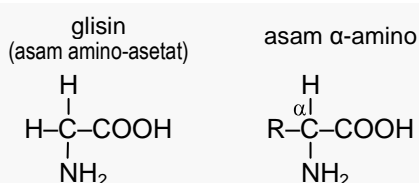
1. Sumber Protein

Protein merupakan komponen utama dari semua sel tubuh. Molekul protein lebih kompleks dari molekul karbohidrat dan molekul lemak. Setiap protein mengandung unsur-unsur C, H, O, dan N. Kebanyakan protein mengandung unsur S, beberapa mengandung unsur P, dan hanya sedikit yang mengandung unsur lain (misalnya Fe dalam hemoglobin).

Tumbuhanlah yang mensintesa protein secara langsung dari zat-zat yang ada di udara dan dari dalam tanah. Hewan tidak dapat mensintesa sendiri protein; jadi hewan harus memperolehnya dari tumbuhan atau dari hewan lain pemakan tumbuhan. Kotoran hewan mengandung banyak senyawa nitrogen. Senyawa nitrogen ini, oleh bakteri tanah diubah menjadi senyawa nitrogen yang dapat larut. Selanjutnya tumbuhan mengubah senyawa nitrogen dapat larut itu kembali menjadi senyawa protein. Siklus ini terjadi secara spontan di alam; dikenal sebagai siklus N.

2. Asam Amino

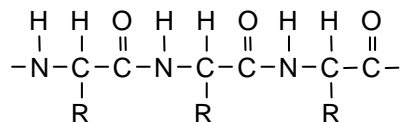
Pada BBM 9 telah dibahas tentang asam karboksilat, adanya gugus amino ($-\text{NH}_2$) terikat pada asam tersebut dikenal sebagai **asam amino**. Asam amino yang paling sederhana adalah glisin (nama lainnya: asam amino-asetat) dan contoh lainnya adalah α -alanin (asam α -amino-propionat) dan β -alanin. Berikut struktur dari asam-asam amino ini.



Di alam ditemukan hanya asam α -aminonya, sedangkan asam β -aminonya tidak. Setiap molekul asam amino memiliki 2 gugus, yakni gugus amino ($-\text{NH}_2$) bersifat basa dan gugus karboksil ($-\text{COOH}$) bersifat asam. Jadi asam amino bersifat *amfoter* (dapat mempunyai sifat asam ataupun sifat basa).

3. Molekul Protein

Protein adalah molekul raksasa (atau suatu polimer) hasil gabungan dari banyak unit asam amino (umumnya tersusun dari 20 macam asam α -amino). Karenanya protein mempunyai M_r tinggi. Protein bahkan jauh lebih kompleks dari karbohidrat maupun lemak.



Perhatikanlah tubuh kita. Kulit, kuku, rambut, bulu, dan mata adalah jaringan protein. Bukan itu saja, otot/urat, darah, limfa, hati, paru-paru, otak dan syaraf adalah protein.

Protein merupakan penyusun utama semua sel tubuh; kira-kira 2/3 dari berat kering total sel tersusun dari protein. Tubuh manusia dapat mensintesa sendiri asam amino tetapi tidak semua jenis asam amino. Jenis asam amino yang selalu diperlukan tubuh tetapi tubuh sendiri tidak dapat mensintesisnya disebut **asam amino esensial**. Jadi asam-asam ini harus dikonsumsi manusia melalui makanan.

Tabel 10.3 Asam-asam Amino yang Esensial dan Nonesensial bagi Manusia.

Asam Amino Esensial	Asam Amino Nonesensial
Lysin; Leusin; Isoleusin; Valin; Metionin; Triptofan; Treonin; Fenilalanin; Histidin ^a ; Arginin ^b .	Glisin; Alanin; Serin; Sistein; Prolin; Hidroksiprolin; Asam Aspartat; Asam Glutamat; Tirosin

Keterangan:

^aHistidin tidak diperlukan bagi orang dewasa; ^bArginin dapat disintesa oleh tubuh hanya lambat sehingga tidak memenuhi untuk pertumbuhan normal.

Akibat dari kekurangan salah satu jenis asam amino esensial adalah terhambatnya pertumbuhan tubuh serta sintesa protein dalam tubuh.

Asam amino esensial yang paling baik berasal dari *protein hewani*, misalnya susu. *Protein nabati* umumnya memiliki kandungan lisin yang rendah. Beras mengandung sedikit lisin dan treonin; jagung (lisin dan triptofan rendah); kacang-kacangan (metionin rendah); dan gandum (lisin rendah). Per orang rata-rata membutuhkan 50 g protein per hari.

4. Fungsi Protein

Berdasarkan fungsinya, protein diklasifikasikan menjadi protein-protein sebagai katalis, pembangun, pengangkut, pelindung, cadangan, dan racun.

Protein katalis berfungsi sebagai katalis dalam organisme hidup (disebut **enzim**). Enzim banyak macamnya, dan setiap enzim memiliki fungsinya sendiri. Contoh enzim: *sukrasa* (pemecah sukrosa), *amilasa* (pemecah amilum), *ureasa* (pemecah urea), *tripsin* (pemecah ikatan peptida). Enzim ini dapat memecah molekul besar pada suhu rendah.

Protein pembangun berfungsi sebagai pembangun struktur, misalnya *glikoproteina* dalam dinding sel, *kreatin* dalam kuku dan rambut.

Protein pengangkut berfungsi sebagai alat pengangkut dengan cara mengangkut molekul lain, misalnya *hemoglobin* dalam darah (pengangkut O₂ ke seluruh tubuh), *serum albumin* (pengangkut asam lemak dalam darah).

Protein pelindung berfungsi sebagai pelindung dalam sistem organisme, umumnya dalam darah (dikenal sebagai *antibodi*). Antibodi segera terbentuk saat adanya zat asing (*antigen*) seperti virus, kuman dalam tubuh.

Protein cadangan berfungsi sebagai cadangan yang tersimpan dalam tubuh, misalnya *kasein* yang terdapat dalam susu.

C. LIPIDA

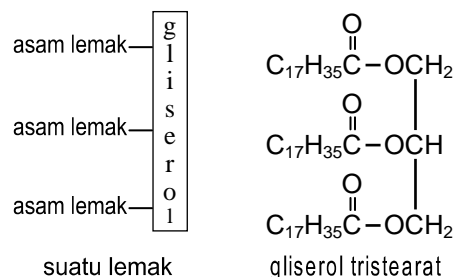
1. Sifat Umum Lipida

Lipida merupakan biomolekul yang berperan sebagai makanan bagi tubuh. Biomolekul ini mengambil peran dalam metabolisme di tubuh, dan pemecahan (hidrolisis) lipida dikatalis oleh enzim lipase. Lipida sukar larut dalam air akan tetapi larut dalam pelarut organik (misalnya alkohol, eter, aseton, kloroform).

Berdasar senyawa pembentuknya, lipida dapat dibedakan sebagai lipida sederhana, fosfolipida, dan turunannya. Dalam tubuh, metabolisme lipida memberikan banyak energi, dan selain itu lipida berguna untuk membentuk membran sel.

2. Lemak Dan Minyak

Lipida sederhana merupakan ester dari asam lemak dan alkohol. Contohnya adalah lemak (fat) dan minyak (oil). Umumnya pada suhu kamar lemak berwujud padat, sedangkan pada suhu kamar lemak yang berwujud cair disebut minyak. Dalam beberapa lama, lemak/minyak menjadi tengik dengan bau dan rasa yang tidak enak.

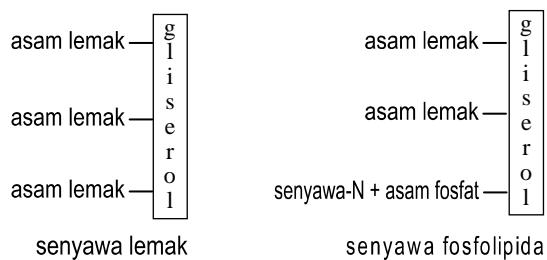


Lemak dan minyak berperan sebagai bahan bakar dalam tubuh. Selain itu, berperan juga sebagai cadangan makanan dan energi bagi tubuh, serta sebagai pelindung bagi organ-organ vital. Lemak di lapisan kulit membantu menjaga tubuh dari cuaca dingin.

Hasil tumbuhan seperti kelapa, kedele, kacang tanah, jagung, kapas, bunga matahari merupakan sumber *minyak*. *Lemak* dijumpai pada mentega dan lemak hewan.

3. Fosfolipida

Fosfolipida merupakan ester yang mengandung asam fosfat dan senyawa nitrogen. Tepatnya, fosfolipida mengandung asam lemak, gliserol, asam fosfat, dan senyawa nitrogen. Asam fosfat terikat pada gliserol, sementara senyawa nitrogen terikat pada asam fosfat. Kedua struktur ikatan berikut memperlihatkan perbandingan antara molekul lemak dan molekul fosfolipida.



Fosfolipida ditemukan dalam semua jaringan dalam tubuh manusia terutama dalam jaringan otak. Oleh tubuh, lemak diubah menjadi fosfolipida; fosfolipida berfungsi untuk pembentukan jaringan tubuh.



L**LATIHAN 10.1**

01. Jelaskan asal karbohidrat.
02. Apa yang Saudara ketahui tentang disakarida dan amilum?
03. Tunjukkan perbedaan antara minyak dan lemak.
04. Tuliskan struktur ikatan dari satuan pembentuk molekul kompleks protein.
05. Sebutkan fungsi karbohidrat, lipida, dan protein bagi tubuh.

R**RANGKUMAN 10.1**

- Karbohidrat merupakan senyawa penting bagi makhluk hidup; ia memberikan sebagian energi yang diperlukan bagi tubuh. Selain itu, karbohidrat juga menjadi sumber karbon dalam sintesa senyawa biomolekul, sel, dan jaringan sel dalam tubuh.
- Karbohidrat terbagi atas 1) monosakarida, 2) oligosakarida, dan 3) polisakarida. Monosakarida yang penting adalah pentosa, heksosa; oligosakarida penting adalah disakarida; dan polisakarida penting adalah amilum, glikogen, dan selulosa. Heksosa mencakup glukosa, fruktosa, galaktosa; sedangkan disakarida mencakup sukrosa, maltosa, dan laktosa.
- Protein merupakan molekul kompleks hasil gabungan satuan yang disebut asam amino (umumnya M_r protein > 5.000 g/mol). Asam amino merupakan molekul yang memiliki gugus amino dan gugus karboksil yang bersifat amfoter.
- Protein merupakan komponen penting dalam makanan yang diperlukan sebagai penyusun utama semua sel tubuh; kira-kira $2/3$ dari berat kering total sel tersusun dari protein.
- Lipida dibedakan menjadi lipida sederhana, fosfolipida, dan turunannya. Lemak merupakan komponen penting dalam makanan yang berperan sebagai bahan bakar dan cadangan serta sebagai pelindung organ vital pada tubuh. Oleh tubuh, lemak diubah menjadi fosfolipida; fosfolipida berfungsi untuk pembentukan jaringan tubuh.
- Lipida sederhana merupakan ester dari asam lemak dengan gliserol. Contohnya adalah lemak (fat) atau minyak (oil). Lemak atau minyak berperan sebagai bahan bakar dalam tubuh. Selain itu, berperan juga sebagai cadangan makanan dan energi bagi tubuh, serta sebagai pelindung bagi organ-organ vital. Lemak di lapisan kulit membantu menjaga tubuh dari cuaca dingin.
- Fosfolipida merupakan molekul ester yang tersusun dari asam lemak, gliserol, asam fosfat, dan senyawa nitrogen.



TES FORMATIF 10.1

01. Deretan senyawa berikut tergolong kelompok monosakarida.
- A. Maltosa—pentosa—heksosa.
 - B. Laktosa—pentosa—heksosa.
 - C. Laktosa—maltosa—heksosa.
 - D. Triosa—tetrosa—pentosa.
02. Golongan senyawa dalam makanan yang lebih banyak memberikan energi bagi tubuh adalah,
- A. lemak.
 - B. protein.
 - C. alkohol.
 - D. karbohidrat.
03. Karbohidrat berikut yang hasil hidrolisisnya berupa glukosa adalah ...
- A. sukrosa dan maltosa
 - B. sukrosa dan laktosa
 - C. maltosa dan laktosa
 - D. sukrosa, maltosa, dan laktosa
04. Uji larutan iodium dimaksudkan untuk mengetahui ada atau tidak adanya senyawa:
- A. pentosa.
 - B. heksosa.
 - C. amilum.
 - D. amina.
05. Lemak diperlukan oleh tubuh dan harus ada dalam makanan, karena lemak berfungsi kecuali ...
- A. sebagai bahan bakar bagi tubuh.
 - B. untuk cadangan makanan bagi tubuh
 - C. untuk cadangan energi bagi tubuh
 - D. sebagai antibodi dalam tubuh.
06. Senyawa biomolekul yang dapat berfungsi sebagai biokatalis merupakan senyawa yang tergolong:
- A. karbohidrat
 - B. protein
 - C. lipida
 - D. lemak
07. Dalam molekul asam amino terdapat gugus ...
- A. amino dan alkil.
 - B. amino dan hidroksil.
 - C. amino dan karboksil.
 - D. amino dan karbonil.
08. Deretan makanan berikut yang mengandung makanan kaya akan protein adalah ...
- A. Beras, jagung, wortel, kelapa, kacang tanah, kedelai, sayuran.
 - B. Beras, kentang, jagung, putih telur, susu, tomat, sayuran.
 - C. Gandum, kentang, kuning telur, kacang panjang, kelapa, kedelei.
 - D. Gandum, jagung, kentang, kuning telur, kacang panjang, kedelai.
09. Bau tengik (bau asam butirat) yang keluar dari suatu makanan menunjukkan bahwa makanan itu mengandung ...
- A. lemak
 - B. protein
 - C. asam amino
 - D. karbohidrat

10. Manakah di antara pernyataan berikut yang tidak tepat?
- A. Tumbuhan memperoleh makanan dari udara dan dari dalam tanah.
 - B. Hewan dapat memproduksi sendiri protein bagi tubuhnya.
 - C. Tumbuhan dapat memproduksi sendiri karbohidrat dan protein.
 - D. Manusia memperoleh protein dari tumbuhan dan hewan.



BALIKAN DAN TINDAK LANJUT

Periksalah jawaban Sdr terhadap Tes Formatif 10.1 dengan cara mencocokkannya dengan Kunci Jawaban Tes yang disajikan pada halaman akhir Bahan Belajar Mandiri ini. Sdr dapat mengukur tingkat penguasaan (TP) Materi Kegiatan Belajar Mandiri 10.1 dengan cara menghitung jumlah jawaban yang benar (JJB) kemudian substitusikan ke dalam Rumus Tingkat Penguasaan berikut.

$$\text{Rumus: } TP = \frac{\text{JJB}}{10} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan (TP):

90% - 100% = Baik sekali

80% - 89% = Baik

70% - 79% = Cukup

< 69% = Kurang

Bila Sdr mencapai TP minimal sebesar 80%, anda dapat meneruskan untuk melaksanakan Kegiatan Belajar 10.2. Namun bila kurang dari 80%, Sdr harus mempelajari kembali Kegiatan Belajar 10.1 terutama pada materi belum Sdr kuasai.



ZAT ORGANIK LAIN DAN ZAT ANORGANIK DALAM TUBUH

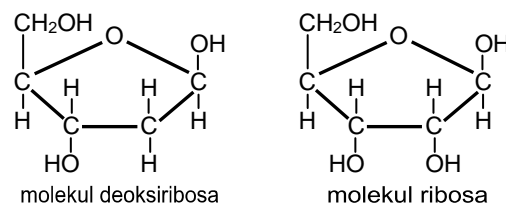
A. ASAM NUKLEAT

Asam nukleat merupakan biomolekul penting yang berperan dalam penyimpanan sifat genetik dan dalam sintesa protein. Asam nukleat merupakan hasil penggabungan (polimerisasi) dari satuan yang disebut **nukleotida**. Sebuah nukleotida tersusun dari tiga macam molekul yaitu pentosa, basa nitrogen, dan asam fosfat. Basa nitrogen dan asam fosfat ini terikat pada molekul pentosa (monosakarida berat 5 C).

Ada dua tipe asam nukleat yaitu asam deoksiribonukleat (*deoxyribonucleic acid*; **DNA**) dan asam ribonukleat (*ribonucleic acid*; **RNA**).

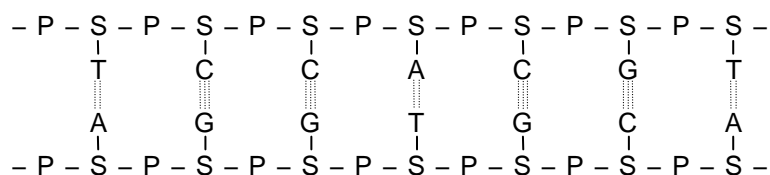
Jika DNA, maka satuan nukleotidanya tersusun dari deoksiribosa, asam fosfat, dan basa nitrogen (berupa T, A, C, G).

Jika RNA, maka satuan nukleotidanya tersusun dari ribosa, asam fosfat, dan basa nitrogen (berupa U, A, C, G).



Keterangan: Kata "deoksi" = tanpa oksigen; T = timina; U = urasil; C = sitosina; A = adenina; G = guanina.

Bagaimana DNA sebagai molekul kompleks yang dibangun dari satuan nukleotida, potongan strukturnya secara sederhana dapat digambarkan seperti berikut.



Keterangan: S = (pentose sugar; gula pentosa); P = (phosphoric acid; asam fosfat).

DNA dan RNA terdapat di dalam inti sel dan berperan penting dalam proses sintesa protein. DNA menjadi bagian dari struktur kromosom, dan merupakan molekul kompleks dimana sifat genetika disimpan.

B. ENZIM

Semua **enzim** adalah protein. Beberapa enzim seperti pepsin, tripsin, dan ribonuklease adalah protein sederhana karena tersusun dari satuan-satuan (monomer) asam amino. Tetapi kebanyakan enzim tersusun dari 2 bagian zat penyusun yaitu bagian berupa protein (dinamakan apoenzim), dan bagian lain berupa non-protein (dinamakan koenzim atau kofaktor). Koenzim umumnya dikenal sebagai vitamin, sedangkan kofaktor sebagai mineral seperti ion-ion Mg^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Zn^{2+} , dan sebagainya.

Enzim berfungsi sebagai katalis pada reaksi kimia dalam makhluk hidup; sehingga enzim disebut juga sebagai biokatalis. Tepatnya, enzim-enzim terlibat dalam setiap reaksi yang terjadi dalam sebuah sel. Sebuah sel mengandung lebih dari 1000 enzim; setiap enzim bekerja secara spesifik hanya sebuah reaksi.

Kekhasan lain dari enzim adalah sebuah enzim mengkatalis hanya sebuah reaksi untuk satu zat tertentu. Dalam hal ini, 'zat tertentu' dimana enzim itu bekerja sesuai dengan fungsinya disebut *substrat*. Jadi enzim pemecah sukrosa (yakni enzim sukrase) tidak akan dapat memecah maltosa; maltosa hanya dapat dipecah oleh enzim maltase.

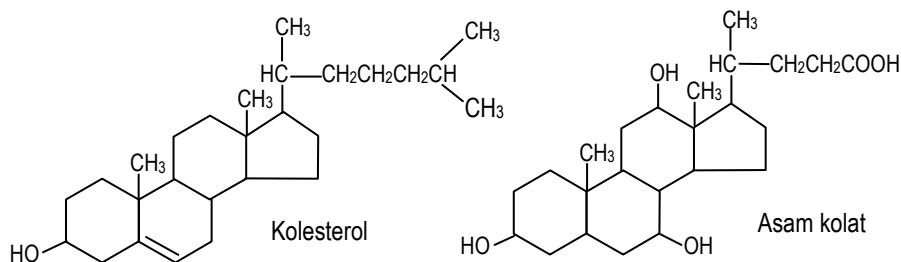
Nama enzim biasanya menggambarkan substrat (zat) dan reaksi yang menjadi tugas enzim itu. Tabel 10.4 memberikan beberapa contoh mengenai hal ini.

Tabel 10.4 Nama Enzim Menurut Jenis Reaksinya

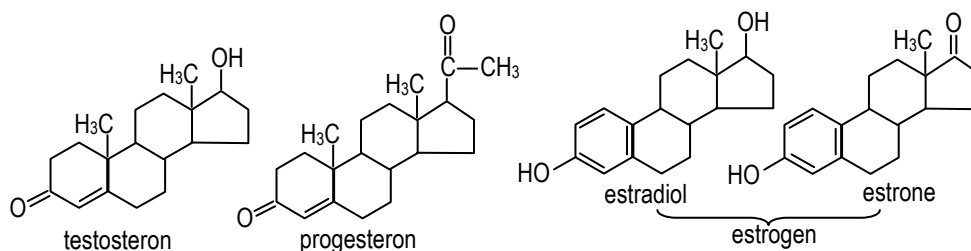
Nama Kelompok Enzim	Nama Enzim	Sumber	Reaksi yang Dikatalisis
Hidrolase	o Karbohidratase		
	• Ptilin	Air ludah	Amilum → dekstrin + maltosa
	• Sukrase	Usus	Sukrosa → glukosa + fruktosa
	• Maltase	Usus	Maltosa → glukosa + glukosa
	• Laktase	Usus	Laktosa → glukosa + galaktosa
	o Lipase	Lambung/ pankreas	Lemak → asam lemak + gliserol
	o Protease		
	• ptialin	Lambung	
	• tripsin	Pankreas	
	• Aminopeptidase	Usus	
• Kaboksiptidase	Pankreas		
o Nuklease	Usus/pankreas	Hidrolisis asam nukleat	
Oksidoreduktase	o Dehidrogenase	Mitokondria	Pelepasan H ₂ dari substrat
	o Oksidase	Mitokondria	Penambahan O ₂ pada substrat
	o Peroksidase	Mitokondria	Pelepasan O ₂ & H ₂ O dari substrat

C. HORMON

Kolesterol adalah steroida yang paling umum ditemukan pada hewan. Daging dan makanan yang berasal dari hewan, kaya akan kolesterol. Senyawa ini disintesa dalam hati; tubuh manusia mensintesa ± 3 g kolesterol per hari.



Kolesterol dalam tubuh umumnya diubah menjadi *asam kolat (asam empedu)* yang menunjang kerja empedu. Senyawa kolesterol juga merupakan zat awal dalam biosintesa dari hormon seks, hormon adrenal, dan vitamin D.



Hormon seks utama pada pria adalah *testosteron*; sedangkan pada wanita ada 2 hormon seks penting yaitu *progesteron* dan *estrogen*.

Testosteron sebagai pemberi hormon kelamin; sedangkan progesteron diperlukan untuk kehamilan normal, dan estrogen mengontrol siklus telur.

Catatan:

Konsentrasi kolesterol dalam darah dianggap mempunyai korelasi kuat dengan penyakit hati tertentu. Wanita dewasa cenderung lebih rendah kandungan kolesterolnya dari pria (pria 55 tahun mengandung > 2,5 g kolesterol per liter darah). Kelebihan kolesterol akan mengendap dan berakumulasi dalam pembuluh darah; aliran darah terhambat dan tekanan darah meninggi.

D. VITAMIN

Vitamin merupakan biomolekul yang diperlukan manusia untuk melancarkan proses kimia dalam tubuh. Jadi vitamin bukan sebagai sumber energi dan juga bukan sebagai zat pembangun sel/jaringan. Vitamin serupa dengan hormon dalam beberapa hal; perbedaan utamanya adalah bahwa hormon dapat disintesis sedangkan vitamin tidak dapat disintesis oleh tubuh (hanya vitamin D oleh tubuh manusia).

Catatan:

Dua tipe penting dari vitamin D adalah vitamin D₂ dan vitamin D₃; kedua vitamin ini terbentuk dari steroida tak-jenuh oleh adanya sinar matahari. Fungsi vitamin D adalah untuk meningkatkan absorpsi Ca dan P, dan memobilisasi kedua mineral ini dari tulang. Sumber vitamin D adalah minyak ikan dan kuning telur. Kelebihan vitamin D dalam tubuh berbahaya karena menimbulkan keabnormalan tulang dan gigi.

Oleh karena itu, meskipun hanya dalam jumlah yang sangat sedikit, vitamin harus ada (dapat ditambahkan) ke dalam makanan manusia. Minum vitamin secara berlebihan tidak dibenarkan; tubuh hanya memerlukannya dalam jumlah kecil.

Apabila tubuh kekurangan vitamin, timbul penyakit-penyakit yang disebut *avitaminosis*. Dan jika kekurangan vitamin itu dalam jumlah kecil disebut *hipovitaminosis*.

Ada 2 golongan besar vitamin yaitu vitamin yang larut dalam lemak (vitamin A, D, E, K), dan vitamin yang larut dalam air. Vitamin-vitamin diberi nama sesuai dengan abjad: A, B, C, D, ... berdasar waktu vitamin itu ditemukan. Vitamin A lebih dulu ditemukan dari pada vitamin B, demikian seterusnya. Kini banyak vitamin yang telah diketahui rumus dan nama kimianya sehingga dapat disintesis di laboratorium.

Tabel 10.5 Beberapa vitamin, sumbernya, dan avitaminosis.

Nama Vitamin	Sumber	Avitaminosis
Vitamin A; akseroftol (campuran C ₂₀ H ₃₀ O + C ₂₀ H ₂₈ O)	Minyak ikan, mentega, susu, dan buah-buahan berwarna kuning atau kemerahan.	Dapat menyebabkan penyusutan dan pengerasan jaringan mata; kulit mudah luka/infeksi; dan pertumbuhan badan terhambat. Tiap hari manusia memerlukan sebanyak 3 mg .
Vitamin B ₁ ; tiamin (C ₁₂ H ₁₇ N ₄ OCl)	Selaput perak beras, kacang hijau, kacang tanah, ragi, telur, daging	Menyebabkan turunnya nafsu makan, terhambatnya pertumbuhan badan, mempengaruhi kerja jantung dan syaraf, dan penyakit beri-beri. Tiap hari diperlukan minimal 1,1 mg .
Vitamin B ₂ (vitamin G ;riboflavin) (C ₁₇ H ₂₀ N ₄ O ₆)	Hati, ragi, susu, sayuran dan buah-buahan.	Menyebabkan kulit menjadi kasar; timbul luka pada bibir atau mulut; dan radang pada lidah. Tiap hari diperlukan 2,0-2,5 mg .
Vitamin B ₆ ; pridoksin	Ragi, hati, kuning telur, dan dalam biji-bijian; juga dalam jumlah kecil dalam susu dan daun sayuran	Bagi anak-anak menimbulkan kejang-kejang; bagi para remaja muncul gejala seperti dermatitis, lidah pecah-pecah, dan sifat tak-acuh. Disarankan bagi orang berusia muda untuk mengonsumsi vitamin B ₆ minimal 2 mg per hari .

Tabel 10.5 Beberapa vitamin, sumbernya, dan avitaminosis (lanjutan)

Nama Vitamin	Sumber	Avitaminosis
Vitamin B ₇ = vitamin H; biotin (C ₁₀ H ₁₆ N ₂ O ₃ S)	Hati, telur, kuning telur, kacang-kacangan, ragi, dan susu	Menyebabkan dermatitis, mual, nyeri otot, dan depresi. Gejala ini segera hilang oleh adanya biotin dalam makanan
Vitamin B _c = vitamin M; asam folat (C ₁₉ H ₁₉ N ₇ O ₆)	Dalam daun hijau, ragi, hati, kacang-kacangan, dan kembang kol	Dibutuhkan untuk pembentukan sel darah merah dan sel darah putih. Kekurangan dapat menyebabkan anemia; untuk penyembuhan 5 mg per hari; dan disarankan ada dalam makanan sebanyak 4 mg per hari .
Vitamin B ₁₂ ; sianokobal- amin (C ₆₃ H ₈₈ CoN ₁₄ O ₁₄ P)	Hati dan kacang-kacangan, juga ditemukan dalam daging hewan dan ikan.	Merupakan faktor anti anemia-berat; kekurangan menyebabkan individu akan menderita anemia berat. Disarankan dalam makanan mengandung vitamin B ₁₂ sebanyak 5 µg per hari .
Vitamin B-kompleks (*)		
Vitamin C; asam askorbat (C ₆ H ₈ O ₆)	Buahan dan sayuran dapat disintesis dari glukosa	Kekurangan vitamin ini dapat menimbulkan sariawan, luka pada gusi, badan kurus, dan anemia. Vitamin C merupakan komponen esensial makanan manusia untuk perawatan kulit. Setiap hari diperlukan 70-100 mg.
Vitamin D ₁ yang semula disebut vitamin D ditemu- kan sebagai campuran vitamin D ₂ dan vitamin D ₃ .	Sumber provitamin D ialah minyak ikan, susu, telur, dan sayuran. Vitamin D baru terbentuk jika tubuh terkena sinar UV dari matahari.	Vitamin D membantu penyerapan Ca dan P dari usus, dan membantu pembentukan kalsium fosfat, Ca ₃ (PO ₄) ₂ pada gigi dan tulang. Kekurangan menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tulang, dan dapat mengakibatkan terjadinya <i>kaki bengkok</i> (kaki-O atau kaki-X). Tiap hari diperlukan 5,0-7,5 µg .
Vitamin E; C ₂₉ H ₅₀ O ₂	Susu, telur, ikan, daging hewan, sayuran, biji-bijian, dan minyak; kini ia dapat disintesis.	Adanya dalam tubuh dapat menghambat oksidasi vitamin A dan asam lemak tak-jenuh. Menyebabkan kemandulan pada hewan; namun bagi manusia belum begitu jelas.
Vitamin K; C ₃₁ H ₄₆ O ₂ ;	Sayuran hijau; jaringan hewan	Vitamin K dikenal sebagai vitamin anti pembekuan darah.

Keterangan: (*) merupakan kumpulan senyawa yang terdapat dalam berbagai makanan; bersifat larut dalam air; meliputi tiamin (vitamin B₁), riboflavin (vitamin B₂), niasin (asam nikotinat, atau vitamin B₃), piridoksin (vitamin B₆), biotin (vitamin B₇); asam folat (vitamin B_c), siano-kobalamin (vitamin B₁₂), inositol, asam pantotenat, asam lipoat, dan asam p-amino-benzoat.

E. ZAT ANORGANIK DALAM TUBUH

Uraian di atas hanya membahas zat organik yang berhubungan dengan tubuh manusia. Zat dalam tubuh tidak saja berupa zat organik melainkan juga berupa zat anorganik seperti air dan mineral. Jadi kedua tipe zat ini, keberadaannya sangat mempengaruhi tubuh makhluk bahkan kelangsungan hidup makhluk itu.

1. AIR

Air merupakan komponen utama tubuh; dan berperan paling penting bagi tubuh. Kira-kira 75% berat badan manusia berupa air. Dari beberapa penelitian, ada hewan dapat hidup 100 hari tanpa makanan, tetapi akan mati setelah tanpa air selama 2-5 hari. Hal ini menunjukkan betapa vitalnya air bagi kelangsungan hidup makhluk.

Air diperlukan dalam pencernaan untuk reaksi hidrolisis. Air berperan dalam hidrolisis karbohidrat, lemak, dan protein menjadi monomernya yang melarut sehingga masuk ke dalam darah melalui dinding usus.

Selain untuk hidrolisis, air terutama berperan vital sebagai medium berbagai reaksi dan zat sisa reaksi. Air berfungsi sebagai pelarut dan pendispersi berbagai zat. Dalam

keadaan terlarut dan terdispersi, zat makanan akan lebih mudah bereaksi dan mudah diserap. Bukan itu saja, berbagai jaringan dan organ tubuh akan berfungsi optimal apabila ada air. Jika bagian luar kantong udara (alveoli) dari paru-paru tidak lembab maka O_2 yang dihirup dari udara tidak akan larut dan difusi gas ini ke dalam darah tidak akan terjadi; maka darah akan kekurangan O_2 . Kerja indera cium dan indera rasa juga bergantung pada air. Bau dan rasa dari suatu zat baru dapat diindera apabila zat itu melarut atau berdifusi dalam air.

Manusia memerlukan rata-rata 2-5 liter air per harinya yang diperoleh dari:

- air minum yang diminum.
- air susu, buahan dan sayuran; misalnya air susu mengandung 88% air, buahan dan sayuran mengandung 80-90% air.
- sebagian kecil berupa hasil oksidasi dalam tubuh (disebut air metabolisme); sebagai gambaran: oksidasi (pembakaran) yang menghasilkan 2400 kalori dapat melibatkan pembentukan kira-kira 300 mL air.

Zat makanan yang telah dicerna dibawa oleh air ke seluruh bagian tubuh yang memerlukannya. Sekaligus air akan membawa zat-zat yang tidak diperlukan pada bagian tubuh itu menuju ke tempat pembuangan atau sekresi. Jadi dalam hal ini, air, selain sebagai pelarut/pendispersi, juga berfungsi sebagai pengangkut. Kedua hal ini yang menempatkan air berperan sangat penting bagi tubuh.

2. ZAT ANORGANIK LAINNYA

Dalam makanan, mineral didefinisikan sebagai zat anorganik yang diperlukan untuk mengoptimalkan kerja dalam tubuh organisme. Zat anorganik atau mineral dalam tubuh selain air dapat berupa asam, basa, dan garam. Garam yang umum adalah $Ca_3(PO_4)_2$ yang merupakan komponen utama dari tulang dan gigi. NaCl berguna untuk menjaga kesetimbangan elektrolit dalam cairan darah. Garam kalium yang terdapat dalam buahan dan sayuran juga diperlukan dalam kesetimbangan tersebut. Asam klorida, HCl dijumpai dalam lambung (disebut juga asam lambung) dan berfungsi untuk kerja lambung. Beberapa mineral unsur anorganik yang diperlukan tubuh diberikan pada Tabel 10.6.

Tabel 10.6 Mineral yang Diperlukan Tubuh

Mineral	Untuk	Sumber	Kebutuhan per hari ^a
Na^+	Cairan tubuh	Garam dapur	5 g
K^+	Cairan tubuh	Tumbuhan	3 g
Ca^{2+}	Tulang	Susu	1,0 g
P^b	Tulang	Susu	0,7 g
Mg^{2+}	Cairan tubuh	Tumbuhan	0,3 g
Fe^{2+}	Darah	Hati	0,015 g

^a Kebutuhan orang dewasa.

^b Sebagai ion-ion HPO_4^{2-} dan $H_2PO_4^-$.

Ion kalsium, Ca^{2+} terutama ditemukan dalam cairan luar-sel. Kerja impuls syaraf, kontraksi otot, dan pembekuan darah, semuanya melibatkan Ca^{2+} . Perbandingan yang cukup antara Ca^{2+} dan PO_4^{3-} dengan adanya vitamin D sangat diperlukan untuk pembentukan dan pemeliharaan struktur tulang. Susu dan keju kaya akan kedua ion ini; sayuran merupakan sumber unsur Ca, dan daging mengandung banyak unsur P.

Ion Mg^{2+} dijumpai sebagai bagian dari struktur klorofil tumbuhan hijau; jadi tumbuhan hijau terutama daunnya merupakan sumber Mg. Air minum juga merupakan sumber ion Mg^{2+} . Mg digunakan dalam sel darah, tulang, dan cairan tubuh, dan juga untuk kerja enzim.

Fe diperlukan untuk pembentukan hemoglobin dari sel darah merah yang berfungsi untuk membantu mengangkut O_2 dan CO_2 dalam tubuh. Selain itu Fe juga diperlukan dalam sistem sitokrom (sistem zat warna yang berperan dalam mengatur oksidasi dalam tubuh). Kekurangan unsur Fe menyebabkan anemia.

Mineral seperti ion-ion Ca^{2+} , Mg^{2+} , PO_4^{3-} , dan CO_3^{2-} penting untuk pembentukan tulang; ion-ion PO_4^{3-} dan CO_3^{2-} merupakan bufer yang berfungsi sebagai pengatur pH cairan tubuh; dan ion PO_4^{3-} diperlukan untuk pembentukan nukleoprotein dan fosfoprotein.

Beberapa mineral lainnya antara lain Cu, Co, Mn, Zn, Mo, I, dan F hanya diperlukan dalam jumlah kecil tetapi harus ada di dalam tubuh. Mineral ini dinamakan unsur hara.

Cu dan Co penting untuk pembentukan sel darah atau hemoglobin darah walaupun bukan merupakan bagian dari hemoglobin seperti Fe. Cu merupakan bagian dari enzim oksidase, dan Ni merupakan bagian dari vitamin B_{12} . Di daerah pertanian yang minim Cu atau Co dapat menyebabkan anemia pada hewan ternaknya.

Mn berperan dalam proses reproduksi dan membantu kerja enzim dalam metabolisme karbohidrat.

Zn memainkan peran penting sebagai kofaktor bagi berbagai sistem enzim, dan merupakan bagian dari hormon insulin. Setiap orang memerlukan kira-kira 10 mg ion Zn^{2+} per hari. Daging dan sayuran dapat mengandung ion Zn^{2+} dalam jumlah yang cukup jika berasal dari daerah (tanah daratan) yang mengandung cukup Zn; jika tidak, maka disarankan manusia memperolehnya berupa makanan tambahan yang mengandung garam Zn. Kekurangan Zn mempengaruhi pembentukan insulin dan berbulu abnormal.

Unsur F terdapat dalam gigi dan tulang. Unsur ini dapat menyebabkan gigi menjadi keras; kekurangan zat ini menyebabkan caries (pembusukan) pada gigi.

Unsur hara lainnya kecuali iodium, dapat dipenuhi dari makanan dan air minum. Iodium biasanya ditambahkan pada garam dapur sebagai garam-beriodium. Iodium penting untuk pembentukan hormon tiroksin pada kelenjar tiroid.

L

LATIHAN 10.2

01. Jelaskan apa yang Saudara ketahui tentang DNA dan RNA? Kemudian, tunjukkan hubungan antara sifat genetik (turunan) dengan asam nukleat dalam tubuh.
02. Apa yang Sdr ketahui tentang enzim? Berikanlah 2 contoh enzim dan peran dalam reaksinya.
03. Sebutkan hormon penting bagi tubuh manusia.
04. Mengapa vitamin harus ada dalam makanan manusia?
05. Sebutkan 4 fungsi air bagi tubuh.
06. Sebutkan mineral berjumlah besar dan mineral hara yang harus dipenuhi oleh manusia bagi tubuhnya?

R

RANGKUMAN 10.2

- Selain karbohidrat, protein, dan lemak, makanan harus mengandung vitamin, air, dan mineral.
- Kolesterol bagi tubuh penting untuk pembentukan hormon dan kerja empedu. Senyawa ini merupakan zat awal dalam biosintesa dari hormon seks, hormon adrenal, dan vitamin D. Dalam tubuh umumnya kolesterol diubah menjadi *asam kolat* (*asam empedu*) yang menunjang kerja empedu.
- Vitamin berfungsi untuk membantu memperlancar proses-proses kimia yang terjadi di dalam tubuh.
- Air berperan untuk reaksi hidrolisis (pemecahan) makanan, dan juga sebagai pelarut dan pendispersi berbagai zat.
- Dalam makanan, mineral didefinisikan sebagai zat anorganik yang diperlukan untuk mengoptimalkan kerja dalam tubuh organisme. Zat anorganik atau mineral dalam tubuh selain air dapat berupa asam, basa, dan garam. Mineral ini harus mengandung unsur-unsur dalam jumlah besar (Na, K, Ca, P, Mg, Fe), dan jumlah kecil/hara (Cu, Co, Mn, Zn, Mo, I, dan F).

TF

TES FORMATIF 10.2

01. Asam berikut ini dalam tubuh berhubungan erat dengan sifat genetika (keturunan)!

A. Asam amino	C. DNA
B. Asam fosfat	D. RNA
02. Molekul DNA dalam inti sel merupakan molekul kompleks yang dibangun dari molekul nukleotida, sementara molekul nukleotida sendiri tersusun dari molekul-molekul:
 - A. asam nukleat, deoksiribosa, dan basa nitrogen.
 - B. asam nukleat, ribosa, dan basa nitrogen.
 - C. asam fosfat, ribosa, dan basa nitrogen.
 - D. asam fosfat, deoksiribosa, dan basa nitrogen.

03. Manakah istilah berikut yang bukan menunjuk pada enzim!
- | | |
|----------------|--------|
| A. Asam amino | C. DNA |
| B. Asam fosfat | D. RNA |
04. Fungsi enzim sukrase dalam tubuh adalah:
- mengubah molekul sukrosa menjadi molekul glikogen.
 - memecah molekul glikogen menjadi molekul sukrosa
 - mensintesis molekul deoksiribosa dari molekul sukrosa.
 - menghidrolisis molekul sukrosa menjadi molekul glukosa dan molekul fruktosa.
05. Senyawa penting yang berkaitan erat dengan pembentukan hormon manusia adalah:
- | | |
|----------------|----------------|
| A. asam kolat | C. kolesterol |
| B. asam empedu | D. progesteron |
06. Umumnya biomolekul di bawah ini tidak dapat disintesa sendiri oleh tubuh; oleh karena itu harus ditambahkan pada makanan yang kita makan.
- | | |
|----------------|------------------|
| A. Vitamin. | C. Enzim |
| B. Kolesterol. | D. Asam nukleat. |
07. Penyakit yang ditimbulkan akibat kekurangan vitamin disebut ...
- | | |
|---------------------|-------------------|
| A. avitaminosis | C. osteroforesis. |
| B. hipovitaminosis. | D. hemolisis. |
08. Air sangat vital bagi tubuh karena fungsinya, kecuali ...
- untuk reaksi hidrolisis yang dikatalis oleh enzim.
 - sebagai pelarut beberapa senyawa asam, basa, dan garam.
 - sebagai pendispersi biomolekul hasil metabolisme.
 - sebagai pembawa gas oksigen ke seluruh tubuh.
09. Mineral berikut harus dikandung dalam makanan dalam jumlah yang cukup besar!
- | | |
|-----------------|--------------------|
| A. Na, K, Ca, P | C. Na, K, Co, I. |
| B. Ca, P, Zn, F | D. Mg, Fe, Cu, Mn. |
10. Tubuh harus memperoleh unsur besi, Fe yang cukup dari makanan. Unsur ini diperlukan tubuh untuk pembentukan senyawa:
- | | |
|--------------------|---------------------|
| A. enzim. | C. hemoglobin. |
| B. hormon insulin. | D. hormon tiroksin. |



BALIKAN DAN TINDAK LANJUT

Periksalah jawaban Sdr terhadap Tes Formatif 10.2 dengan cara mencocokkannya dengan Kunci Jawaban Tes yang disajikan pada halaman akhir Bahan Belajar Mandiri ini. Sdr dapat mengukur tingkat penguasaan (TP) Materi Kegiatan Belajar Mandiri 10.2 dengan cara menghitung jumlah jawaban yang benar (JJB) kemudian substitusikan ke dalam Rumus Tingkat Penguasaan berikut.

$$\text{Rumus: } TP = \frac{\text{JJB}}{10} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan (TP):

90% - 100%	=	Baik sekali
80% - 89%	=	Baik
70% - 79%	=	Cukup
< 69%	=	Kurang

Bila Sdr mencapai TP minimal sebesar 80%, anda dapat meneruskan untuk melaksanakan Kegiatan Belajar 11.1. Namun bila kurang dari 80%, Sdr harus mempelajari kembali Kegiatan Belajar 10.2 terutama pada materi belum Sdr kuasai.



KUNCI JAWABAN TES FORMATIF BBM 10

Tes Formatif 10.1	Tes Formatif 10.2
01.	01.
02.	02.
03.	03.
04.	04.
05.	05.
06.	06.
07.	07.
08.	08.
09.	09.
10.	10.



DAFTAR PUSTAKA

- Blank, Emanuel. *Et al.* (1979). *Foundations of Life Science*. New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc.
- Brown, Theodore L. and LeMay Jr, H. Eugene. (1977). *Chemistry: The Central Science*. Englewood, New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Lippincott, W.T., Garret, A.B., dan Verhoek, F.H. (1980). *Chemistry – A Study of Matter*. Fourth Edition, New York: John Willey & Sons.
- Miller Jr., G.T. (1981). *Living in the Environment*. Edisi III. Belmont, California: Wadsworth Publishing Company, Inc.
- Miller Jr, G. Tyler. (1982). *Chemistry: A Basic Introduction*. Second Edition. Belmont, California: Wadsworth Publishing Company.
- Mulyono HAM. (2002a). *Kimia 1 untuk SMU/MA Kelas 1*. Edisi Kedua. Bandung: Penerbit CV. Acarya Media Utama.
- Mulyono HAM. (2002b). *Kimia 2 untuk SMU/MA Kelas 2*. Edisi Kedua. Bandung: Penerbit CV. Acarya Media Utama.
- Mulyono HAM. (2002c). *Kimia 3 untuk SMU/MA Kelas 3*. Edisi Kedua. Bandung: Penerbit CV. Acarya Media Utama.
- Mulyono HAM. (2006a). *Kamus Kimia*. Edisi Kedua. Jakarta: Penerbit PT. Bumi Aksara.
- Mulyono HAM. (2006b). *Pembuatan Reagen Kimia di Laboratorium*. Edisi Pertama. Jakarta: Penerbit PT. Bumi Aksara.
- Pessenden, Ralf J. and Pessenden, Joan S. (1983). *Chemical Principles for The Life Science*. Second Edition. Boston: Allyn and Bacon, Inc.
- Russell, J.B., (1981), *General Chemistry*, Singapore: McGraw-Hill Book, Co.
- Sackheim, G. I., and Schultz, R. M. (1979). *Chemistry for the Health Science*. New York: Macmillan Company.
- Washton, Nathan S. (1974). *Teaching Science In Elementary and Middle Schools*. New York: David McKay Company, Inc.