

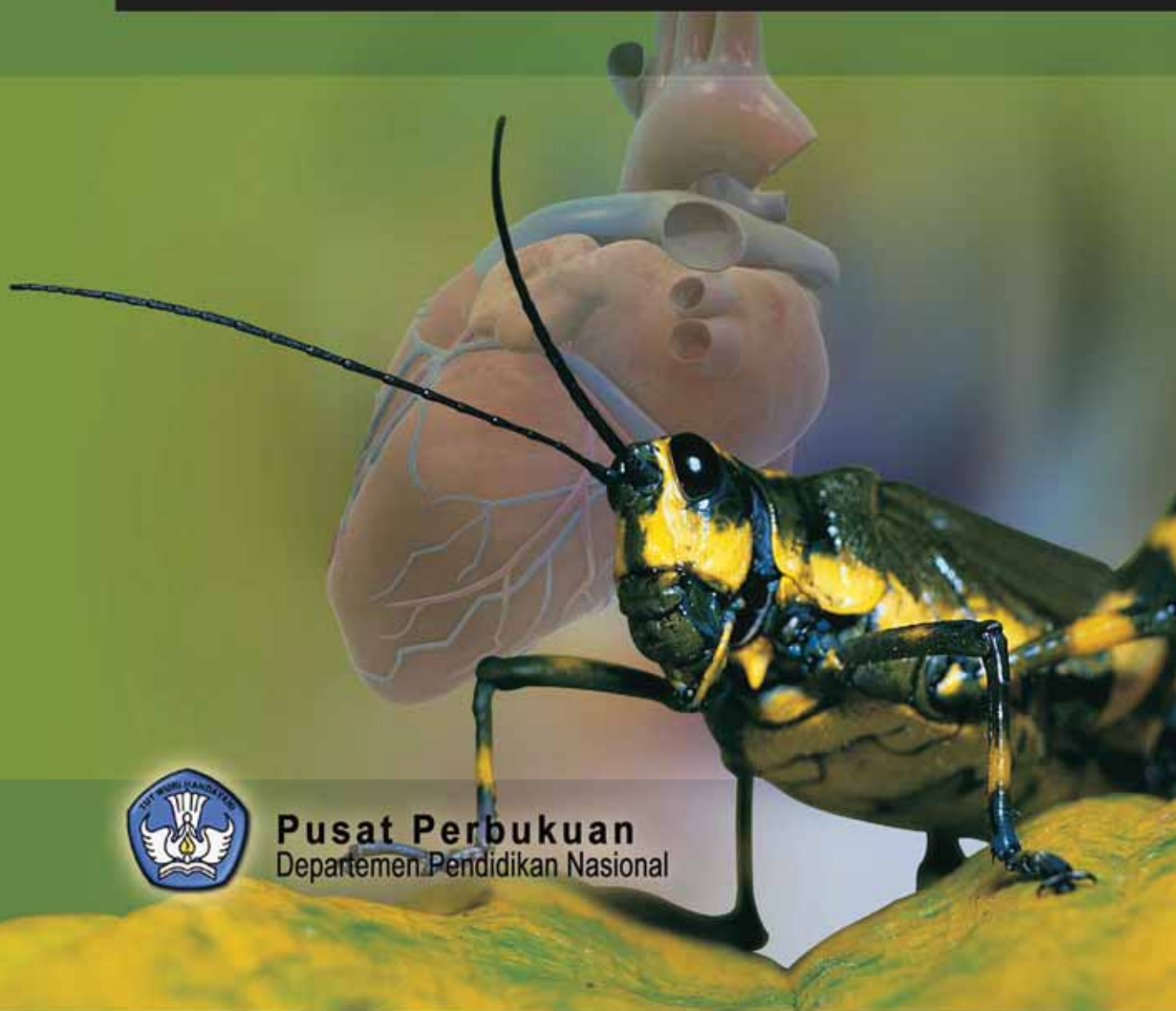
Eva Latifah Hanum • Widi Purwianingsih
Tintin Atikah • Ida Herlina • Riana Yani
Dian Peniasiani

Eva Latifah Hanum • Widi Purwianingsih • Tintin Atikah
Ida Herlina • Riana Yani • Dian Peniasiani



BIOLOGI 2

Kelas XI SMA dan MA



Pusat Perbukuan
Departemen Pendidikan Nasional

Eva Latifah Hanum • Widi Purwianingsih
Tintin Atikah • Ida Herlina
Riana Yani • Dian Peniasiani

BIOLOGI 2

SMA dan MA Kelas XI



Pusat Perbukuan
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional
dilindungi Undang-undang

BIOLOGI 2

SMA dan MA Kelas XI

Penulis : **Eva Latifah Hanum**
Widi Purwianingsih
Tintin Atikah
Ida Herlina
Riana Yani
Dian Peniasiani

Penelaah : **Djamhur Winatasasmita**

Editor : **Pipih Latifah**

Desain Sampul : **Guyun Slamet**

Ilustrator : **Rochman Suryana**

Perwajahan : **Pepen S.**

Ukuran Buku : **17,5 x 25 cm**

574.07

BIO Biologi 2 : Kelas XI SMA dan MA / Eva Latifah Hanum... [et al] ;
. — Jakarta : Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009.
vii, 304 hlm. ; ilus. ; 25 cm

Bibliografi : hlm. 293

Indeks

ISBN 978-979-068-831-5 (nomor jilid lengkap)

ISBN 978-979-068-839-1

1. Biologi-Studi dan Pengajaran I. Eva Latifah Hanum

**Hak Cipta Buku ini dibeli oleh Departemen Pendidikan Nasional
dari Penerbit PT. Remaja Rosdakarya**

**Diterbitkan oleh Pusat Perbukuan
Departemen Pendidikan Nasional Tahun 2009**

Diperbanyak oleh

KATA SAMBUTAN

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Departemen Pendidikan Nasional, pada tahun 2009, telah membeli hak cipta buku teks pelajaran ini dari penulis/penerbit untuk disebarluaskan kepada masyarakat melalui situs internet (*website*) Jaringan Pendidikan Nasional.

Buku teks pelajaran ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan dan telah ditetapkan sebagai buku teks pelajaran yang memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 22 Tahun 2007.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para penulis/penerbit yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para siswa dan guru di seluruh Indonesia.

Buku-buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (*download*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun, untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Diharapkan bahwa buku teks pelajaran ini akan lebih mudah diakses sehingga siswa dan guru di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri dapat memanfaatkan sumber belajar ini.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para siswa kami ucapkan selamat belajar dan manfaatkanlah buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, Juni 2009
Kepala Pusat Perbukuan

KATA PENGANTAR

Ilmu pengetahuan, baik ilmu pengetahuan alam maupun ilmu pengetahuan sosial serta teknologi, akhir-akhir ini berkembang sangat pesat dan masih terus akan berkembang. Hal ini menuntut Biologi sebagai ilmu dasar dan ilmu murni serta sebagai salah satu bidang IPA untuk dapat berperan dan mengikuti perkembangan tersebut.

Salah satu tujuan pembelajaran Biologi di SMA adalah mengembangkan kemampuan berpikir analitis untuk memecahkan konsep-konsep Biologi dikaitkan dengan contoh-contoh yang ada di lingkungan sekitar yang berhubungan dengan kehidupan sehari-hari. Untuk mengembangkan keterampilan proses dalam memperoleh konsep-konsep Biologi dan menumbuhkan nilai dan sikap ilmiah, kami sajikan beberapa kegiatan, eksperimen maupun noneksperimen. Selain itu, buku ini dikembangkan dengan pendekatan deduktif dan pada bagian-bagian yang dianggap perlu, penulis lakukan pendekatan induktif. Pada bagian awal setiap bab terdapat peta konsep untuk memudahkan para siswa mengetahui materi yang akan dibahas pada bab tersebut, dilengkapi pula dengan rangkuman dan kata kunci yang memuat kata-kata yang perlu dipahami. Selain itu, pada setiap akhir bab, akhir semester, dan akhir tahun dilengkapi evaluasi yang sesuai dengan tiga ranah evaluasi, yaitu kognitif, afektif, dan psikomotorik.

Harapan penulis semoga buku ini akan sangat bermanfaat, baik untuk guru maupun untuk para siswa. Akhir kata, kami ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendorong dan membantu terwujudnya buku ini. Saran dan koreksi untuk peningkatan mutu buku ini sangat kami harapkan.

Bandung, Juni 2007

Penulis

DAFTAR ISI

KATA SAMBUTAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v

BAB I	
Sel	1

A. Struktur dan Fungsi Sel	3
B. Sel Hewan dan Sel Tumbuhan	19
Rangkuman	25
Evaluasi Akhir Bab	27

BAB II	
Jaringan	31

A. Jaringan Tumbuhan	33
B. Jaringan Hewan	48
Rangkuman	63
Evaluasi Akhir Bab	64

BAB III	
Sistem Gerak	69

Rangka	71
Rangkuman	89
Evaluasi Akhir Bab	90

BAB IV	
Sistem Peredaran Darah Manusia	95

A. Darah	97
B. Struktur Alat Peredaran Darah	105

C. Proses Peredaran Darah	108
D. Sistem Limfatis	111
E. Kelainan pada Sistem Peredaran Darah	112
F. Teknologi yang Berkaitan dengan Sistem Peredaran Darah	116
Rangkuman	116
Evaluasi Akhir Bab	117
Evaluasi Akhir Semester	121
BAB V	
Sistem Pencernaan	131
A. Makanan	133
B. Struktur dan Fungsi Organ Sistem Pencernaan pada Manusia	142
C. Pencernaan pada Hewan Ruminansia	154
D. Kelainan pada Sistem Pencernaan	155
Rangkuman	156
Evaluasi Akhir Bab	157
BAB VI	
Sistem Pernapasan	161
A. Pengertian Pernapasan	163
B. Pernapasan pada Manusia	164
C. Respirasi pada Hewan	172
Rangkuman	181
Evaluasi Akhir Bab	182
BAB VII	
Sistem Ekskresi	185
A. Sistem Ekskresi pada Manusia	187
B. Sistem Ekskresi pada Invertebrata	198
Rangkuman	200
Evaluasi Akhir Bab	201

BAB VIII	
Sistem Regulasi Manusia	205
A. Sistem Saraf	207
B. Struktur, Fungsi, dan Proses Sistem Endokrin	220
C. Koordinasi antara Sistem Saraf dan Sistem Endokrin	227
D. Sistem Indra	229
E. Kelainan pada Sistem Regulasi	237
Rangkuman	238
Evaluasi Akhir Bab	239
BAB IX	
Sistem Reproduksi Manusia	243
A. Struktur, Fungsi, dan Proses Reproduksi Manusia	245
B. Kelainan pada Sistem Reproduksi	257
Rangkuman	258
Evaluasi Akhir Bab	259
BAB X	
Sistem Pertahanan Tubuh	263
A. Mekanisme Pertahanan Tubuh	265
B. Macam-Macam Imunitas (Pertahanan Tubuh)	269
C. Imunitas Khusus	270
D. Immunodefisiensi	271
Rangkuman	273
Evaluasi Akhir Bab	274
Evaluasi Akhir Tahun	277
Glosarium	287
Daftar Pustaka	293
Indeks	295

Bab I

Sel



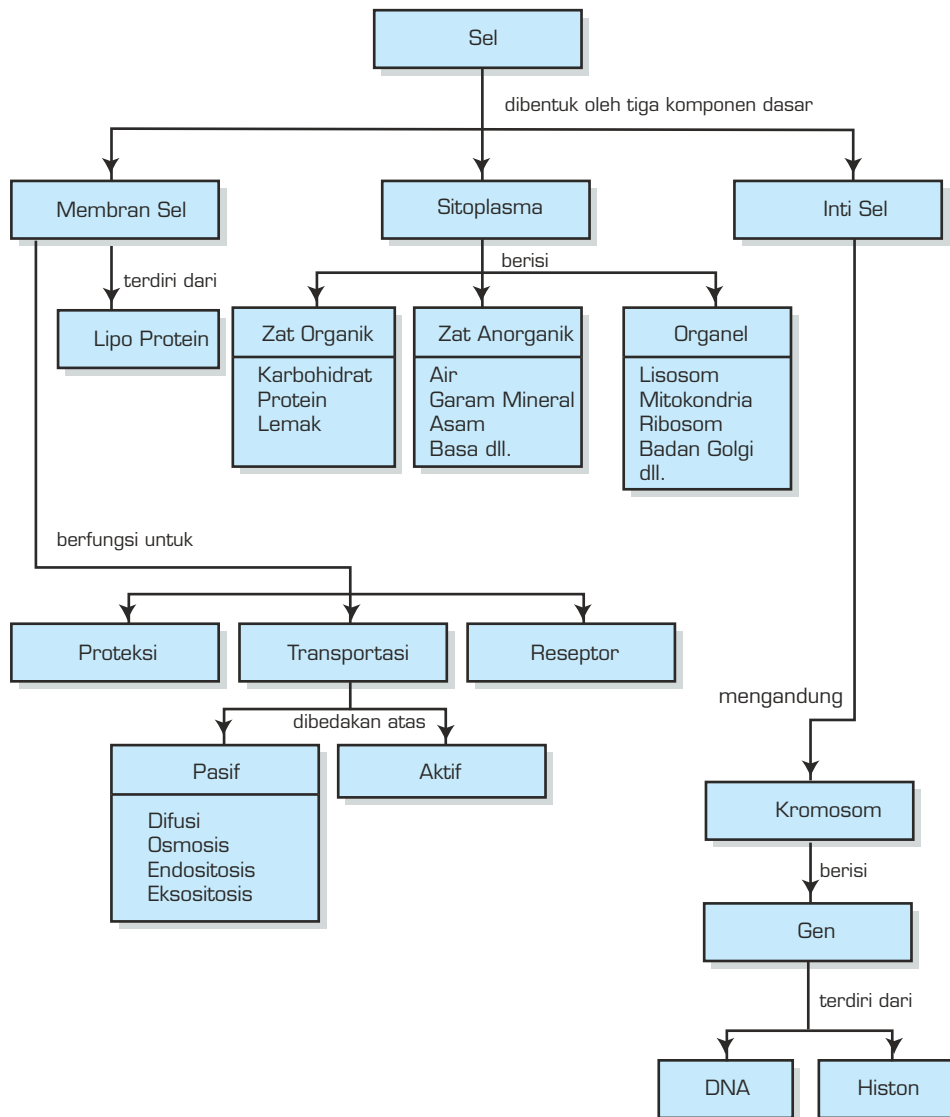
Sumber: *Biology*, Barret

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini, siswa dapat:

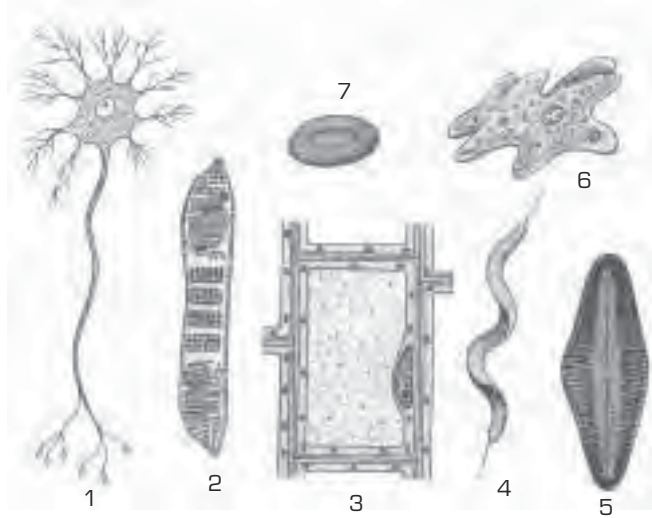
1. menjelaskan komponen kimia sel;
2. menggunakan mikroskop untuk pengamatan struktur sel;
3. menggambarkan dan membandingkan struktur sel hewan dan sel tumbuhan;
4. menunjukkan bagian-bagian sel;
5. menjelaskan struktur bagian-bagian sel dan fungsinya;
6. menjelaskan organel-organel pada sel tumbuhan dan hewan beserta fungsinya masing-masing;
7. menjelaskan ciri-ciri transpor secara difusi dan osmosis;
8. menjelaskan penerapan konsep transpor yang terjadi pada sel dalam pengawetan bahan makanan;
9. membedakan transpor aktif dan pasif;
10. menjelaskan proses serta contoh endositosis dan eksositosis.

PETA KONSEP



Hampir seluruh organisme hidup tubuhnya tersusun atas sel karena sel merupakan unit dasar terkecil dari struktur dan fungsi dalam kehidupan organisme atau makhluk hidup. Sel-sel yang memiliki bentuk dan fungsi sama akan membentuk jaringan. Sel-sel yang menyusun tubuh makhluk hidup memiliki beberapa perbedaan.

Di kelas X kamu sudah belajar tentang sel. Untuk mengingat kembali berbagai macam sel tersebut, cobalah kenali dan pelajari gambar sel-sel di bawah ini dan nyatakan sel apa satu persatu sesuai dengan nomornya.



Gambar 1.1 Macam-macam sel

Sumber: *Biology* – Prentice Hall

Di kelas XI kamu akan mempelajari lebih dalam tentang sel, tidak hanya mengamati sel dari luar, tetapi kita akan mempelajari sel sebagai satu satuan struktur dan fungsi makhluk hidup. Dengan demikian, kamu akan memahami tentang struktur sel, fungsi tiap-tiap bagiannya serta proses biokimia, digesti, absorpsi, transpor, biosintesis, sekresi, respirasi, ekskresi, respons, dan reproduksi.

A. Struktur dan Fungsi Sel

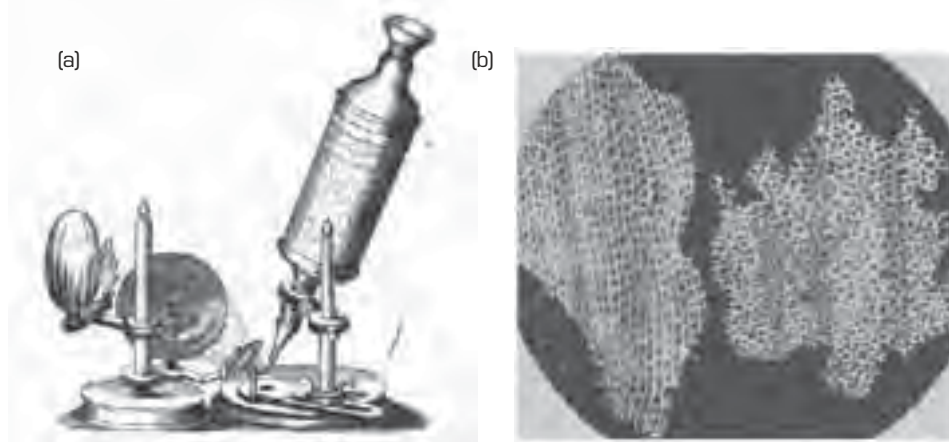
Kamu tentu masih ingat bahwa ada beberapa jenis hewan dan tumbuhan, tubuhnya hanya terdiri atas satu sel. Masing-masing sel dapat hidup sendiri dan merupakan satu individu yang utuh. Organisme yang tubuhnya terdiri atas banyak sel, berkelompok membentuk *massa* dengan berbagai spesialisasi lapisan-lapisan sel yang berbeda. Hal ini menunjukkan sel sebagai *unit struktural* makhluk hidup.

Secara biologi, manusia, hewan, dan tumbuhan melakukan segala apa yang dilakukan sel. Kegiatan satu individu organisme (bersel satu dan bersel banyak) merupakan kegiatan tiap-tiap sel yang membentuk organisme tersebut. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa sel adalah *unit fungsional*.

Beberapa organisme sederhana, meliputi bakteri dan protozoa tersusun atas sebuah sel atau disebut juga organisme uniseluler. Tubuh organisme multiseluler tersusun atas sejumlah sel yang bekerja bersama-sama dan secara keseluruhan terorganisasi dengan baik.

1. Sejarah Sel

Penemuan mikroskop oleh A. Leeuwenhoek telah banyak membantu para ahli dalam kegiatan penelitiannya. Robert Hooke seorang ilmuwan Inggris pada pertengahan abad XVIII, dengan memanfaatkan mikroskop, berhasil menjadi orang pertama yang melihat adanya ruang-ruang kecil yang dibatasi dinding-dinding pada irisan jaringan tumbuhan. Ruang-ruang kecil ini dinamakan Cella (sel). Dengan penemuan sel oleh Robert Hooke, para ahli mulai tertarik, apalagi setelah diketahui bahwa bagian yang penting dari sel tidak hanya dinding selulosa yang dilihat Robert Hooke, tetapi meliputi isi sel tersebut.



Gambar 1.2

(a) Mikroskop yang digunakan oleh Robert Hooke;

(b) Lukisan Hooke tentang "Cella" irisan membujur (kiri) dan irisan melintang (kanan)

Dua abad kemudian, yaitu pada permulaan abad XIX, Johannes Parkinye memperkenalkan istilah "protoplasma" untuk cairan yang terdapat dalam sel hidup. Pada tahun yang sama, Matthias Schleiden seorang ahli botani dan Theodor Schwann ahli Zoologi merumuskan suatu generalisasi yang kemudian berkembang menjadi "teori sel", bahwa sel adalah unit struktural dan fungsional dari semua organisme, unit dasar yang mempunyai semua ciri khas makhluk hidup.

Suatu penegasan lagi dikemukakan oleh Rudolf Virchow yang mengatakan *Omnis Cellula-Cellula* yang artinya bahwa semua sel berasal dari sel pula. Dengan demikian, sel merupakan unit pertumbuhan pada makhluk hidup sehingga, menurut August Weismann, nenek moyang makhluk hidup dapat ditelusuri.

2. Bentuk dan Ukuran Sel

Dari pengamatan Gambar 1.1 kamu dapat mengetahui bahwa bentuk dan ukuran sel bervariasi. Bentuk sel biasanya sesuai dengan fungsinya. Tubuh manusia terdiri atas paling sedikit 10^{12} sel dan sel-sel tersebut berbeda, baik bentuk maupun ukurannya. Ukuran sel berkisar antara 5 – 15 mikron (1 mikron = 0,001 μm). Sel yang memiliki ukuran terkecil adalah bakteri, sedangkan sel yang terbesar adalah telur burung unta, memiliki diameter 30 – 80 μm . Meskipun demikian, sel-sel tersebut memiliki tiga struktur dasar yang sama, yaitu sebagai berikut.

- Membran plasma, yang membatasi bagian dalam sel dengan lingkungan luar. Berfungsi, antara lain membantu mengatur transpor materi antara sel dan lingkungannya. Membran plasma merupakan lapisan rangkap lipoprotein (lemak dan protein).
- Inti atau bahan inti berisi informasi genetik berupa DNA yang berperan dalam mengatur kegiatan sel dan dapat melakukan replikasi dalam reproduksi sel. Inti dilapisi membran inti yang susunannya sama dengan susunan membran plasma. Inti sel umumnya terletak di tengah sel.
- Sitoplasma, di dalamnya aktif terjadi reaksi-reaksi kimia pada proses metabolisme. Sitoplasma mengandung enzim-enzim, protein, lemak, serta struktur-struktur khusus yang mempunyai fungsi tertentu yang disebut organel.

Mengapa sel pada umumnya berukuran kecil? Mengapa sel tidak dapat ditemukan sebelum Robert Hooke? Sel pada umumnya berukuran sangat kecil (mikroskopis), maka kita tidak dapat melihat sel dengan mata telanjang.

Sel baru ditemukan setelah mikroskop diciptakan karena mikroskop selain memiliki kemampuan membedakan (*resolving power*) juga dapat membesarkan bayangan benda. Rata-rata sel dalam tubuh kita berukuran 10 – 100 μm , 1 μm = 10^{-9}m . Umumnya mikroskop cahaya mampu menolong mata kita untuk melihat benda sebesar 0,0001 μm dengan menggunakan fase kontras atau minyak imersi.

Mengukur Objek di Bawah Mikroskop

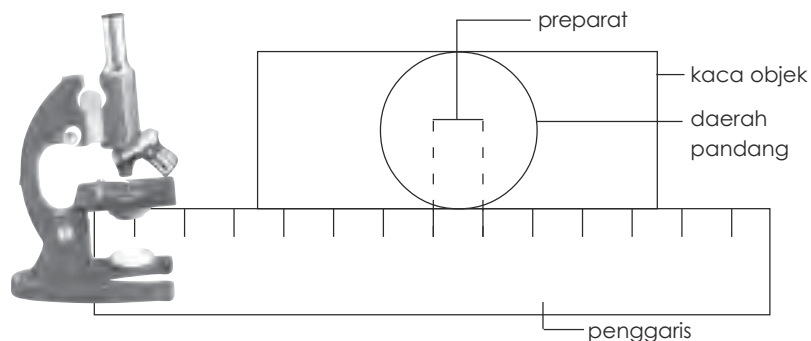
Jika kamu ingin menentukan ukuran objek pengamatan, terlebih dahulu sediakan alat dan bahannya kemudian lakukan berdasarkan cara kerja di bawah ini.

Alat dan Bahan

1. Mikroskop
2. Penggaris plastik transparan
3. Sediaan/preparat awetan

Cara Kerja

1. Letakkan skala milimeter dari penggaris plastik yang transparan di bawah mikroskop, di luar bidang pandang tepat di sisi kaca objek.
2. Gunakan objektif berkekuatan rendah untuk menetapkan lokasi garis milimeter dari penggaris, tentukan fokus dengan tepat agar objek terlihat jelas.
3. Letakkan preparat awetan, misalnya stentor di bawah mikroskop dengan kekuatan rendah.
4. Sambil mengamati objek, geser-geser penggaris agar diameter objek dapat diketahui.
5. Hitung panjang stentor dengan melihat bidang pandang dari ujung ke ujung, berdasarkan jumlah garis milimeter, seperti terlihat dalam gambar.



Contoh perhitungan:

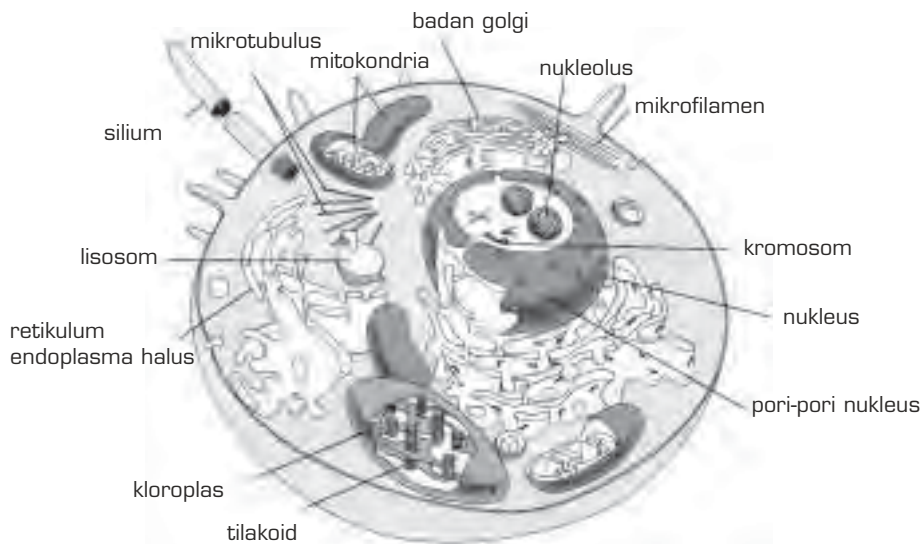
Diketahui :

- a. Okuler dengan kekuatan 10 x
 - b. Objektif dengan kekuatan 10 x
 - c. Diameter preparat (di bawah mikroskop) = 4 mm = 4000 μ
 - d. Diameter preparat sebenarnya = 40 μ m.
- Pembesaran
 $10 \times 10 = 100 \times$

3. Bagian-Bagian Sel, Struktur, dan Fungsinya

Jika mengamati sebuah sel dengan mikroskop cahaya yang terdapat di lingkungan sekolah, kamu dapat melihat inti sel dan sitoplasma, tetapi tidak dapat mengamati isi sel secara lengkap dan jelas. Para peneliti menggunakan mikroskop elektron yang dapat memperbesar objek pengamatan hingga 1.000.000 x sehingga berbagai organel dalam sitoplasma dapat dilihat, seperti retikulum endoplasma, ribosom, lisosom, mitokondria, dan badan golgi.

Untuk memudahkan pemahaman struktur dan fungsi bagian-bagian sel, pelajari diagram sel berikut.



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 1.3 Diagram struktur sel dengan berbagai organel

Tugas 1.1

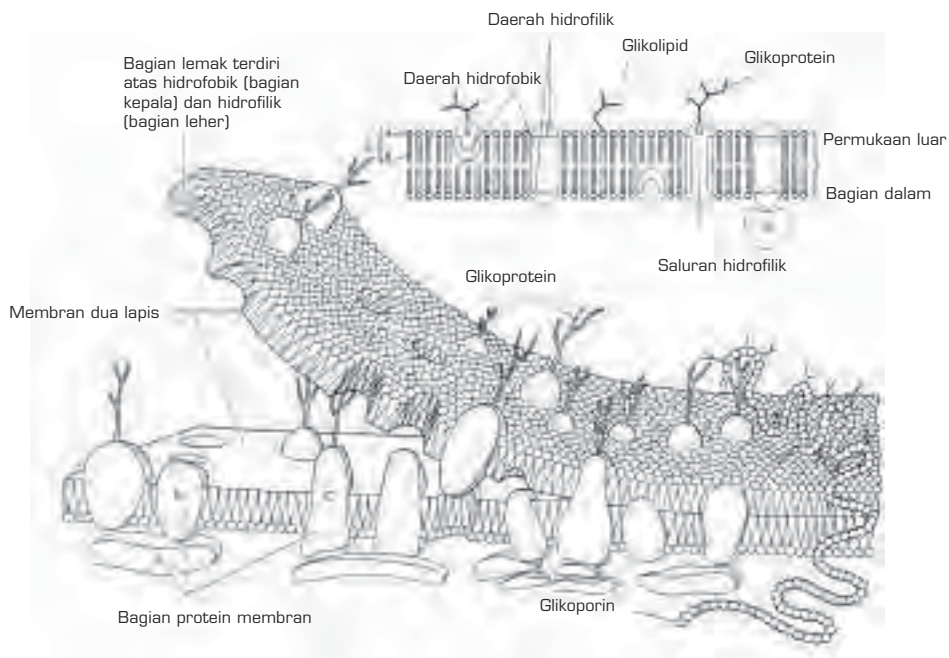
Buatlah model sel, berikut nama-nama bagiannya. Lakukan berkelompok. Saran: Buatlah dari bahan styrofoam.

a. Membran Plasma

Pada sel hewan, membran plasma merupakan lapisan paling luar yang membatasi sitoplasma dengan lingkungan sekitarnya, sedangkan pada sel tumbuhan terletak di antara dinding sel dan isi sel sitoplasma. Dengan teknik penyelidikan yang modern, dapat diketahui bahwa membran plasma (lipo-protein) terdiri atas dua lapis lipida dan protein yang letaknya tersebar tak beraturan. Lipida pada membran plasma terutama berupa fosfolipida (lipida

yang bersenyawa dengan fosfat), glikolipida (lipida yang bersenyawa dengan karbohidrat) dan sterol misalnya kolesterol. Setiap molekul lipida terdiri atas bagian kepala berupa fosfat yang bersifat hidrofilik (mampu mengikat molekul air), dan bagian ekor berupa lemak yang bersifat hidrofobik (menolak molekul air).

Molekul protein, baik yang terletak pada permukaan luar maupun permukaan dalam disebut *protein perifer* dan bersifat hidrofilik, molekul protein yang menembus dari permukaan luar sampai ke permukaan dalam disebut protein integral. Bagian protein integral yang terbenam di dalam lapisan lipida bersifat hidrofobik. Agar lebih jelas pelajari Gambar 1.4.



Sumber: *Biological Science*

Gambar 1.5 Struktur membran plasma

Ahli biologi sel menggambarkan bahwa protein pada membran merupakan benda padat yang berada pada cairan lemak, seperti botol kosong yang mengapung di atas danau, keduanya selalu bergerak dinamis, yang kemudian dinamakan *Fluid Mosaic Model*. Adanya senyawa karbohidrat yang terikat pada molekul protein akan menambah sifat hidrofilik pada kedua sisi permukaan membran, hal ini menyebabkan membran plasma bersifat selektif. Ada molekul-molekul yang dapat melewati membran dari luar ke dalam sel, atau hanya dapat melewati membran dari dalam ke luar ataupun sebaliknya.

Membran sel, selain berfungsi sebagai batas antarsel, juga memiliki beberapa fungsi lain, sebagai berikut.

- 1) Sebagai pelindung, yaitu melindungi agar isi sel tidak keluar.
- 2) Mengatur lalu lintas berbagai macam zat karena membran sel bersifat selektif permeabel, dengan cara ini membran sel mempertahankan bentuk, ukuran, dan reaksi-reaksi kimia.
- 3) Sebagai reseptor (penerima rangsang) dari luar, seperti hormon, bahan kimia, rangsangan mekanik, dan rangsangan listrik.

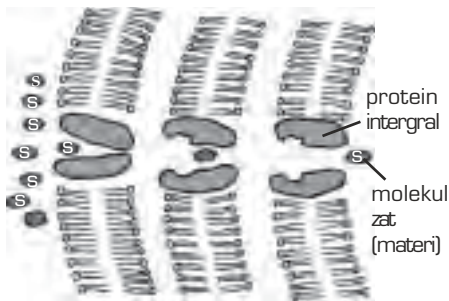
b. Transpor Zat melalui Membran Sel

Berbagai organel yang terdapat di dalam sitoplasma memiliki membran yang strukturnya sama dengan membran plasma. Walaupun tebal membran plasma hanya $\pm 0,1 \mu\text{m}$, membran plasma merupakan penghalang bagi gerakan molekul dan ion zat-zat. Keleluasaan gerak ion dan molekul sangat penting untuk menjaga kestabilan pH yang sesuai, mengendalikan konsentrasi ion di dalam sel untuk kegiatan enzim, memperoleh pasokan zat makanan bahan energi dan bahan mentah lainnya, serta membuang sisa-sisa metabolisme yang dapat bersifat racun. Hal tersebut di atas dilakukan dengan cara difusi, osmosis, transpor aktif, dan endositosis atau eksositosis.

c. Difusi melalui Membran

Difusi adalah penyebaran molekul-molekul zat padat, cair, ataupun gas dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah sehingga konsentrasi menjadi sama di mana-mana. Sebagai contoh, masukkan 1 sendok garam dapur ke dalam segelas air. Tanpa diaduk, molekul garam akan menyebar ke seluruh air di dalam gelas dan air akan terasa asin jika kita cicipi (difusi zat padat pada medium cair). Molekul-molekul kecil, seperti H_2O , CO_2 , dan O_2 dapat dengan mudah dan cepat melalui membran. Molekul lain yang dapat berdifusi ialah molekul yang dapat larut dalam lemak. Molekul-molekul ini dapat berdifusi menembus membran fosfolipida, contohnya asam lemak dan gliserol.

d. Difusi dengan Fasilitas



Sumber: *The Study of Biology*, Baker

Gambar 1.6 Difusi dengan fasilitas

Adakalanya suatu partikel zat tidak dapat berdifusi karena terhalang oleh membran yang sulit ditembus. Namun, jika pada membran itu terdapat faktor pembantu, yaitu protein pengangkut, maka tingginya konsentrasi materi menyebabkan terbukanya saluran pada protein integral, partikel zat tersebut dapat berdifusi tanpa melibatkan energi. Transpor zat seperti tersebut di atas merupakan proses difusi dengan fasilitas.

e. Osmosis

Osmosis adalah difusi molekul air melalui membran, dari larutan berkonsentrasi rendah (hipotonis) ke larutan yang berkonsentrasi tinggi (hipertonis) sampai akhirnya larutan menjadi sama konsentrasinya (isotonis). Larutan yang memiliki konsentrasi rendah berarti mengandung molekul air lebih banyak daripada larutan yang memiliki konsentrasi tinggi.

Air masuk ke dalam sel jika konsentrasi larutan dalam sel lebih tinggi daripada larutan di luar sel. Jika terlalu banyak air masuk ke dalam sel, sel akan menggembung, bahkan mungkin akan pecah. Sebaliknya, jika konsentrasi larutan di luar sel lebih tinggi daripada konsentrasi larutan di dalam sel, air sel akan keluar. Jika air sel banyak keluar, sel akan mengerut bahkan mengalami plasmolisis (terlepasnya membran plasma dari dinding sel) ditemukan pada tumbuhan. Untuk lebih memahami, lakukan kegiatan berikut.

KEGIATAN 1.1

Difusi dan Osmosis

Tujuan: Mengamati proses difusi dan osmosis pada umbi kentang

Alat dan Bahan

- | | |
|-----------------------|-----------------------------------|
| 1. Gelas kimia 250 ml | 6. Umbi kentang |
| 2. Pinset | 7. 200 ml larutan garam dapur 10% |
| 3. Timbangan | 8. Jam tangan/stop watch. |
| 4. Pisau | |
| 5. Penggaris | |

Cara Kerja

1. Kupaslah umbi kentang lalu potong-potong bentuk dadu dengan ukuran tertentu, misalnya 2 cm x 2 cm x 2 cm.
2. Timbang dan catat berapa gram beratnya.
3. Rendam potongan kentang ke dalam larutan garam selama sepuluh menit.
4. Setelah sepuluh menit angkat potongan umbi kentang dan keringkan larutan garam yang masih menempel dengan tisu lalu timbang kembali dan catat beratnya.

Pertanyaan

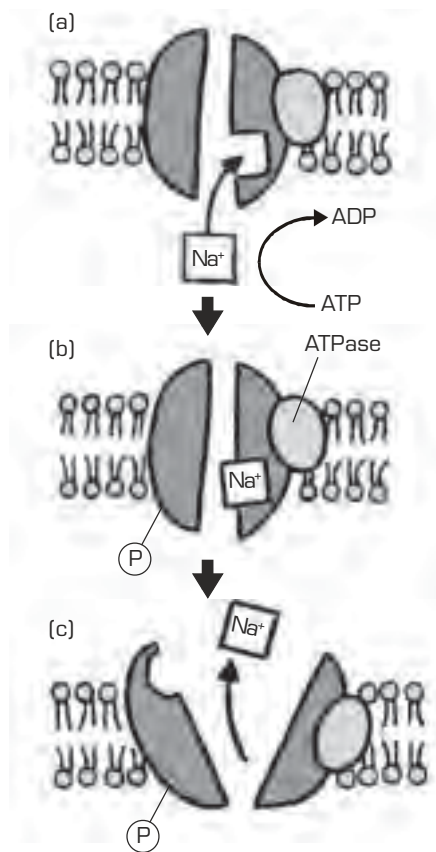
1. Bandingkan berat umbi kentang sebelum dan sesudah direndam, mana yang lebih berat? Amati pula keadaan fisik kentang sebelum dan sesudah direndam adakah perubahan yang terjadi? Mengapa demikian?

2. Cicipi umbi kentang yang telah direndam dengan larutan garam bagaimana rasanya. Menurut pendapatmu proses apa yang terjadi? Jelaskan.
3. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, apakah perbedaan osmosis dan difusi? Jelaskan.

Tugas: Untuk kegiatan yang sama lakukan pada sel kelompok hidup seperti:

- Daun hydrilla/daun *Rhoeodiscolor*
- Ameba/*paramaecium*

f. Transpor Aktif



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 1.7 Proses transpor aktif pada membran plasma

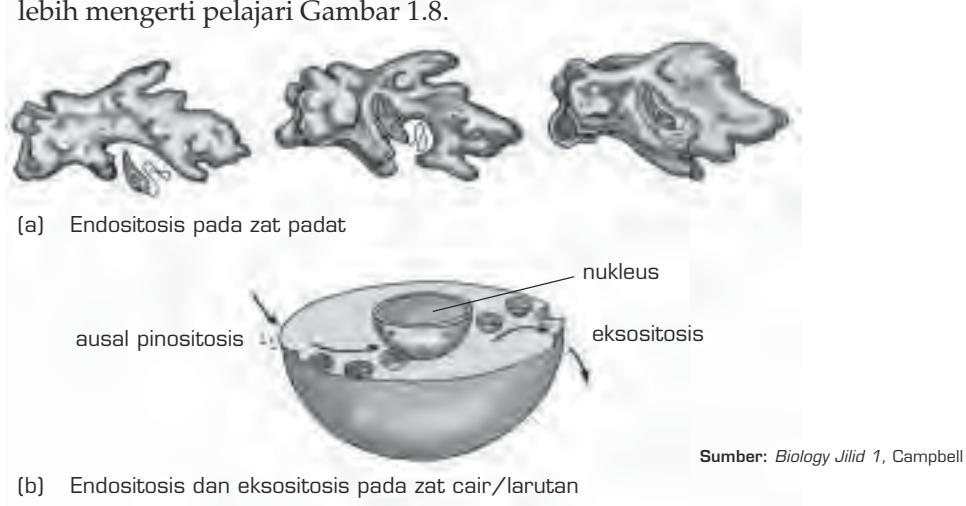
Difusi dan osmosis merupakan sistem transpor pasif, tidak memerlukan energi. Proses itu berlangsung apabila ada perbedaan konsentrasi di luar dan di dalam sel. Transpor aktif merupakan transpor yang memerlukan energi untuk mengeluarkan atau memasukkan molekul atau ion-ion melalui membran, molekul-molekul berpindah dari konsentrasi rendah ke konsentrasi tinggi (ke arah yang berlawanan). Berbeda dengan difusi yang dapat berjalan dua arah, transpor aktif merupakan gerakan satu arah dan dipengaruhi oleh muatan listrik di dalam dan di luar sel. Perhatikan Gambar 1.7.

Secara terperinci, transpor aktif adalah sebagai berikut.

1. Dari konsentrasi rendah ke konsentrasi tinggi.
2. Melalui membran plasma.
3. Memerlukan molekul pengangkut (protein pengangkut).
4. Memerlukan energi berupa ATP.

f. Endositosis dan Eksositosis

Endositosis adalah memasukkan zat ke dalam sel, sedangkan eksositosis mengeluarkan zat ke luar sel. Kedua proses tersebut termasuk ke dalam transpor aktif. Endositosis dilakukan oleh organisme bersel tunggal dan sel darah putih. Endositosis yang terjadi pada zat padat disebut Fagositosis, dan endositosis yang terjadi pada larutan disebut Pinositosis. Contoh fagositosis, misalnya sel darah putih memakan protein asing (kuman penyakit) atau ameba yang memakan bakteri. Zat-zat yang dimakan dimasukkan ke dalam vakuola makanan. Eksositosis dapat dijumpai pada proses sekresi zat oleh sel-sel kelenjar. Contohnya sekresi enzim pencernaan ke dalam usus. Sekret (zat yang dikeluarkan) biasanya terbungkus dalam kantung membran atau vakuola. Kantung-kantung itu menuju ke tepi sel, terbuka dan keluarlah sekretnya. Agar lebih mengerti pelajari Gambar 1.8.



Gambar 1.8 Eksositosis dan Endositosis

Tugas 1.2

Bagaimanakah cara hewan bersel tunggal (ameba/paramaecium) mengambil makanan dan mengeluarkan sisa makanan dari tubuhnya?

Saran: Baca buku sumber Biologi SMA Jilid I kelas X, tentang Protista.

3. Organel

Organel atau organ kecil di dalam merupakan suatu struktur yang memiliki membran pemisah terhadap matriks di sekelilingnya. Tiap-tiap organel memiliki fungsi yang khas agar keteraturan dan keutuhan di dalam sel tetap terpelihara.

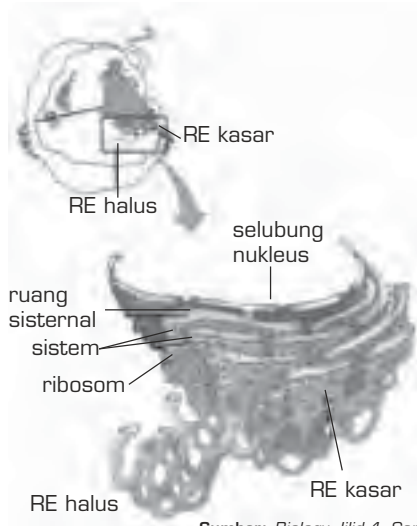
a. Nukleus

Nukleus atau inti sel merupakan organel yang terbesar di dalam sel, terdapat di semua sel eukariotik (sel yang materi intinya terbungkus membran). Pada umumnya sel mengandung satu nukleus, tetapi pada beberapa organisme ada yang lebih dari satu. Bentuk inti sel biasanya bulat, lonjong atau tidak beraturan, dengan garis tengah ± 10 nm dan panjang ± 20 nm, terletak di sekitar bagian tengah sel.

Nukleus dibungkus oleh dua lapis membran lipoprotein yang masing-masing dipisahkan oleh celah sebesar 20 - 30 nm. Membran luar yang berbatasan dengan sitoplasma berhubungan langsung dengan retikulum endoplasma dan akhirnya ke membran plasma. Pada membran inti terdapat pori-pori yang memungkinkan pertukaran zat antara nukleus dan sitoplasma, misalnya RNA dan protein.

Matriks di dalam nukleus disebut nukleoplasma, di dalamnya terkandung berbagai macam enzim, protein, kromosom, dan nukleolus (anak inti). Komponen utama penyusun kromosom ialah protein dasar yang disebut histon dan DNA (asam dioksi ribonukleat). DNA merupakan substansi genetika yang mampu melakukan replikasi (mengganda) pada saat sel berkembang biak (membelah diri). Pada saat sel tidak sedang membelah, kromosom tampak seperti benang-benang halus yang panjang dan disebut kromatin. Jumlah kromosom pada sel berbagai spesies bervariasi, tetapi jumlah tersebut cenderung tetap pada setiap spesies. Nukleolus (anak inti) berbentuk bulat, terdapat di dalam nukleoplasma dan hanya tampak setelah berakhirnya proses pembelahan sel. Nukleolus mempunyai peran dalam sintesis RNA, ribosom yang akan dikeluarkan dari inti ke sitoplasma.

b. Retikulum Endoplasma



Sumber: *Biology Jilid 1*, Campbell

Retikulum endoplasma (RE) tersusun atas tumpukan kantung (rongga) dari membran yang sejajar dan membentuk suatu sistem yang tersebar seperti jala di seluruh bagian sitoplasma. Struktur membrannya sama dengan membran plasma yang membentuk tubula (saluran), sisternae (rongga pipih), dan vesikula (gelembung). Agar kamu lebih memahami struktur retikulum endoplasma pelajari Gambar 1.9.

Gambar 1.9 Retikulum endoplasma

Ruang-ruang yang terbentuk di antara membran yang sejajar menyebabkan sistem RE tampak seperti saluran-saluran rumit dan pada beberapa bagian berhubungan dengan membran plasma atau membran nukleus. Retikulum endoplasma dibedakan atas:

- 1) Retikulum Endoplasma kasar (RE kasar), adalah retikulum endoplasma yang pada permukaan membrannya menempel sejumlah ribosom, yaitu suatu organel yang berperan pada sintesis protein. Protein hasil sintesis ribosom masuk ke sisterna dan ditranspor (melalui RE kasar) ke organel lain, misalnya badan Golgi.
- 2) Retikulum Endoplasma halus (RE halus), pada permukaan membrannya tidak ditempel ribosom dan berperan pada sintesis lemak dan steroid. Hasil sintesis tersebut selanjutnya disekresikan ke dalam retikulum endoplasma untuk diangkut ke bagian-bagian sel lainnya, misalnya ke badan Golgi, vakuola atau dikeluarkan dari sel secara eksositosis. Retikulum Endoplasma hanya ditemukan pada sel eukariotik baik sel hewan maupun sel tumbuhan.

c. Ribosom

Ribosom merupakan organel berbentuk bulat yang tersusun atas nukleoprotein, yaitu senyawa protein dengan RNA. Pada sel prokariotik ribosom berukuran ± 20 nm, tetapi pada sel eukariotik ukurannya lebih kecil. Sebagian ribosom melekat pada membran retikulum endoplasma membentuk kelompok-kelompok yang disebut polisom, selebihnya tersebar di dalam sitosol, bahkan dijumpai pada organel lain seperti mitokondria dan kloroplas pada sel tumbuhan. Telah dikemukakan di atas bahwa ribosom berperan pada sintesis protein.

d. Badan Mikro

Badan mikro merupakan organel berbentuk bulat, tersusun atas selapis membran, tidak memiliki struktur dalam dengan diameter 0,5-1,5 nm. Badan mikro merupakan organel yang dihasilkan dari retikulum endoplasma. Badan mikro dibedakan menjadi dua, yaitu peroksisom dan glioksisom.

- 1) Peroksisom merupakan organel yang ditemukan pada jaringan fotosintesis tumbuhan (kloroplas), sedangkan pada hewan banyak dijumpai pada sel-sel hati dan ginjal. Peroksisom menghasilkan beberapa enzim metabolisme a – l. Enzim asam glikolat oksidasi yang berperan pada proses oksidasi glikolat menjadi asam glioksilat dan H_2O_2 yang merupakan salah satu rangkaian proses fotorespirasi pada tumbuhan. Hidrogen peroksida (H_2O_2) dihasilkan dari beberapa reaksi biokimia di dalam sel tumbuhan ataupun sel hewan yang bersifat racun. Selanjutnya, akan diuraikan oleh enzim katalase yang juga terdapat di dalam peroksisom menjadi senyawa yang tidak beracun.

- 2) Glioksisom, menghasilkan enzim yang berfungsi untuk menguraikan molekul lemak menjadi karbohidrat selama perkecambahan, dalam reaksi ini pun dihasilkan H_2O_2 yang kelak akan diuraikan oleh enzim katalase. Kerja enzim katalase sangat cepat sekali, hal ini dapat ditunjukkan dengan meneteskan H_2O_2 pada hati segar.

KEGIATAN 1.2

Enzim Katalase

Tujuan: Mengamati kerja Enzim katalase

Alat dan Bahan

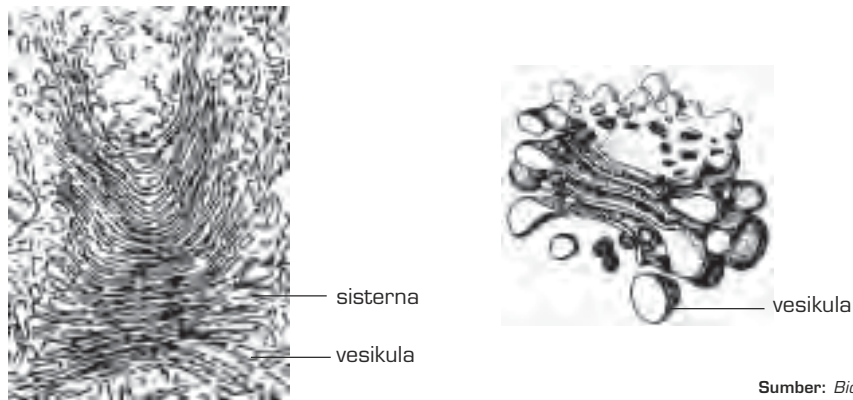
1. Tabung reaksi
2. Pipet tetes
3. Gabus penutup tabung reaksi
4. Larutan H_2O_2 10%
5. 1 buah hati ayam segar yang telah dicincang halus dan tambahkan ± 50 ml air atau sayuran hijau (bayam/kangkung).

Cara Kerja

1. Masukkan 10 tetes larutan H_2O_2 ke dalam tabung reaksi dengan hati-hati, lalu tutup dengan gabus.
2. Teteskan 5 tetes hati ayam ke dalam tabung reaksi yang berisi larutan H_2O_2
3. Amati perubahan apa yang terjadi?
 - a. Adakah gelembung-gelembung gas yang dihasilkan?
 - b. Menurut pendapatmu gas apakah itu? Bagaimana membuktikannya? Diskusikan dengan temanmu.

e. Badan Golgi

Badan golgi ditemukan oleh Camillio Golgi pada tahun 1898. Tersusun atas tumpukan kantung-kantung pipih (sisterna) dan di bagian tepinya terdapat gelembung (vesikula). Badan golgi tersebar pada seluruh sitoplasma, berukuran panjang $1 - 3 \mu$ dan lebar $0,5 \mu$, pada sel-sel kelenjar dan sel saraf ukurannya relatif besar dibandingkan dengan yang terdapat pada sel-sel otak. Gelembung (vesikula) dari badan golgi dapat lepas dan bergerak ke permukaan sel untuk menyekresikan isinya ke luar sel. Perhatikan Gambar 1.10.



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 1.10 Badan golgi

Badan golgi pada sel hewan menghasilkan enzim pencernaan dari kelenjar-kelenjar pencernaan, organel ini juga menyintesis polisakarida tertentu yang akan ditambahkan pada protein yang berasal dari ribosom, membentuk glikoprotein berupa musin (lendir).

Pada sel tumbuhan, badan golgi berisi polisakarida dan protein untuk membentuk dinding sel, di samping itu juga menghasilkan lendir, misalnya untuk melumasi ujung akar pada waktu menembus tanah. Lendir, lilin pada tanaman perca (karet), dan sekresi yang bersifat lengket dihasilkan oleh badan golgi, bahkan juga kadang-kadang berperan dalam transpor lemak. Pada tumbuhan, badan golgi disebut diktiosom.

f. Lisosom

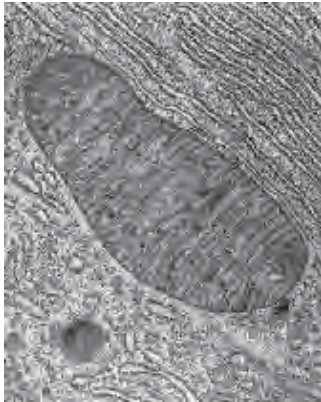
Lisosom merupakan organel yang sangat kecil dibandingkan dengan organel-organel lain. Umumnya berukuran $0,2 - 0,5 \mu\text{m}$. Lisosom dihasilkan oleh badan golgi (berasal dari vesikula badan golgi yang lepas) dan tersebar di sitoplasma dalam jumlah besar. Lisosom terdapat hampir pada semua sel eukariotik.

Di dalam lisosom terdapat bermacam-macam enzim hidrolitik, seperti protease, lipase, dan fosfatase yang berperan di dalam pencernaan intraseluler, sebagai pengurai berbagai substansi di dalam sel. Substansi tersebut sebagian berasal dari luar, seperti polisakarida, lemak, dan protein, termasuk juga bakteri yang ditangkap secara fagositosis. Secara ringkas, fungsi lisosom adalah sebagai berikut.

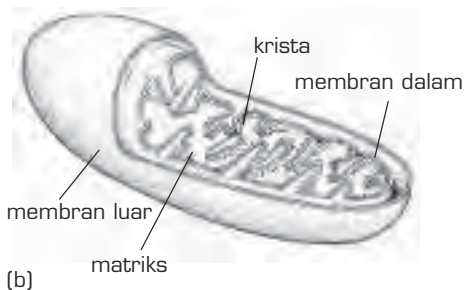
- 1) Mencerna substansi yang diambil secara endositosis, misalnya pada sel darah putih yang memakan bakteri.
- 2) Autofagosit, suatu proses peleburan struktur-struktur yang tidak dikehendaki di dalam sel, misalnya menghancurkan organel lain yang sudah tidak berfungsi lagi.

- 3) Eksositosis.
- 4) Autolisis, yaitu penghancuran diri sel dengan cara membebaskan semua isi lisosom dalam sel, misalnya penghancuran ekor pada kecebong pada waktu menginjak dewasa dengan cara menyerap kembali ekornya.

g. Mitokondria



(a)



(b)

Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 1.11

- (a) Mitokondria pada epididimis tikus
(b) Struktur mitokondria

Mitokondria berbentuk bulat, oval atau batang dengan diameter 0,5-0,1 μm dan panjang 1-4 μm . Terdapat pada semua sel eukariotik aerob dan jumlahnya bervariasi. Pada sel yang aktivitasnya tinggi, seperti sel saraf, sel otak, sel hati, dan sel spermatozoid terdapat ratusan bahkan ribuan mitokondria. Perhatikan Gambar 1.11 (a) dan (b).

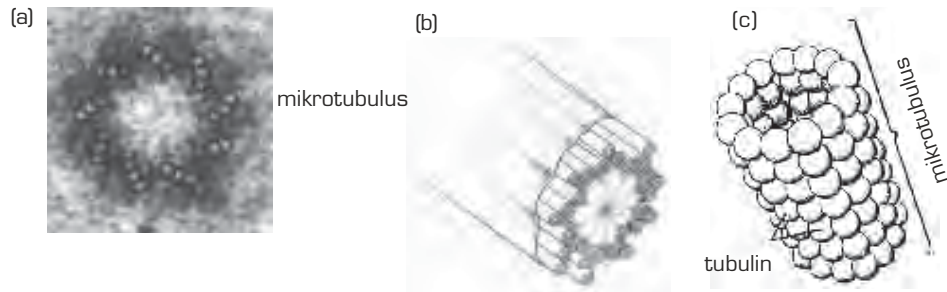
Mitokondria memiliki dua lapis membran yang terpisah, struktur membran luar mirip dengan membran plasma. Membran dalam memiliki lipatan-lipatan ke arah dalam yang disebut *krista*. Dengan adanya krista, permukaan membran dalam menjadi lebih luas sehingga proses respirasi sel semakin efektif. Proses respirasi terjadi di dalam krista dan matriks.

Di dalam matriks terdapat DNA, RNA, ribosom, serta bermacam-macam enzim yang mengendalikan tahap-tahap reaksi respirasi sel. Reaksi respirasi yang berlangsung di dalam mitokondria adalah dekarboksilasi oksidatif daur Krebs berikut transfer elektron.

h. Mikrotubulus

Mikrotubulus terdapat pada sel hewan dan sel tumbuhan, berbentuk silinder atau tabung dan tidak bercabang-cabang. Panjangnya mencapai beberapa mikrometer dengan diameter luar $\pm 25 \mu\text{m}$ dan diameter dalam 12 μm . Mikrotubulus tersusun atas molekul-molekul protein tubulin yang terangkai dalam susunan heliks (terpilin) membentuk dinding silinder berongga.

Organel ini bersifat kaku, dan berperan sebagai kerangka sel (sito skeleton) yang mampu memelihara bentuk sel agar tetap. Fungsi mikrotubulus yang lain adalah membantu transportasi zat, merupakan komponen utama penyusun silia, flagel, sentriol serta benang-benang spindel selama berlangsungnya pembelahan sel, perhatikan Gambar 1.12.



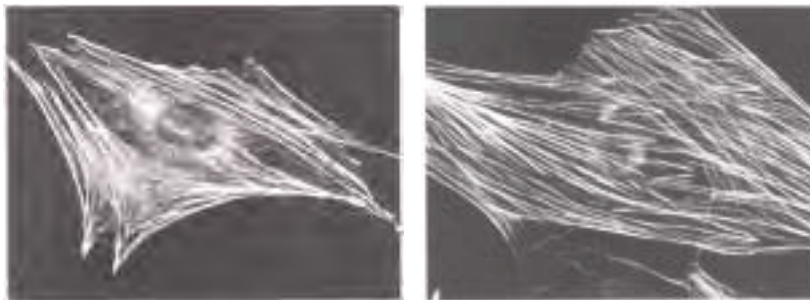
Gambar 1.12

- (a) Penampang sentriol
- (b) Penampang melintang sentriol
- (c) Struktur mitokondria

Sumber: *Biology*, Barrett.

i. Mikrofilamen

Mikrofilamen merupakan benang-benang halus dengan diameter berkisar antara 5-7 μm . Benang-benang ini tersusun atas protein aktin dan protein myosin dalam jumlah kecil. Mikrofilamen mempunyai peran sebagai rangka sel (sito skeleton) dan berperan dalam proses endositosis dan eksositosis. Selain itu, mikrofilamen memiliki peranan penting pada kontraksi otot. Pada Gambar 1.13 dapat kamu lihat mikrofilamen pada tikus.



Sumber: *The Study of Biology*, Baker

Gambar 1.13 Mikrofilamen pada tikus

j. Sentrosom

Sentrosom hanya dimiliki oleh sel hewan dan berperan pada proses pembelahan sel, yaitu mengatur gerakan kromosom. Organel ini terdiri atas dua sentriol dan diliputi oleh sitoplasma yang disebut sentrosfer. Sentriol berbentuk silinder dengan diameter $\pm 0,2 \mu\text{m}$ yang tersusun atas mikrotubula.

Sentriol terletak dekat inti sel. Pada waktu sel sedang membelah sentriol berduplikasi sehingga terbentuk 2 pasang. Selanjutnya tiap pasangan saling memisahkan diri menuju ke kutub berlawanan dan membentuk benang-benang spindel.

INFO BIOLOGI

Apakah Sel Induk Embrio Itu?

Sel induk yang belum terdiferensiasi dan sarat potensi, belum dibagi menjadi sel-sel khusus yang membentuk bagian tubuh tertentu mampu mengawali era baru bidang medis, menyembuhkan penyakit mematikan dengan jaringan dan organ yang dibuat khusus.

Sel induk embrio yang dipakai penelitian diambil dari embrio hasil pembuahan in vitro. Dewasa ini para ilmuwan tengah berupaya mendapat sel dari embrio yang dihasilkan kloning the raputik, dengan inti sel, misalnya dari sel kulit, yang dimasukkan ke sel telur yang dihilangkan intinya. Setelah lima hari, massa sel embri beserta ± 40 sel induk ke cawan yang dialasi sel yang akan memelihara (sel yang diinginkan) pertumbuhan sel induk. Saat sel berkembang biak dipindahkan, lalu dipindahkan ke cawan pembiakan yang baru. Setelah beberapa bulan sel induk semula telah tumbuh menjadi jutaan sel dan disebut galur sel induk embrio yang mampu bereproduksi tanpa akhir.

Kemampuan sel induk embrio berkembang menjadi beragam tipe sel disebut *pluri potensi*, sel-sel tersebut dapat dicangkokkan pada jaringan atau organ yang rusak untuk penyembuhan.

Sumber: *National Geographic* Juli 2005

B. Sel Tumbuhan dan Sel Hewan

Sel-sel dalam tubuh makhluk hidup memiliki beberapa perbedaan. Sel tumbuhan berbeda dengan sel hewan. Seperti sel hewan, sel tumbuhan dikelilingi oleh membran plasma dan mengandung nukleus, ribosom, RE, badan golgi, mitokondria, peroksisom, mikrofilamen, dan mikrotubula.

KEGIATAN 1.3

Sel Tumbuhan dan Sel Hewan

Tujuan: Mengamati susunan sel tumbuhan dan sel hewan

Alat dan Bahan

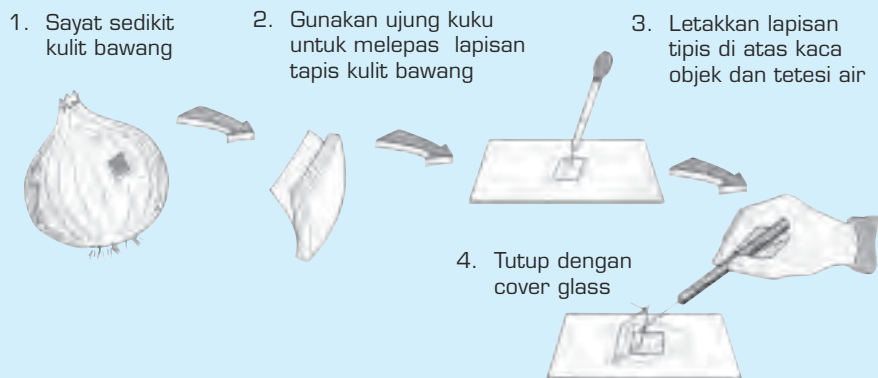
1. Mikroskop
2. Kaca benda
3. Kaca penutup
4. Pipet tetes
5. Skalpel/cutter
6. Pinset
7. Cotton bud
8. Bawang merah yang segar
9. Metilen biru sebagai pewarna

Cara Kerja

A. Sel tumbuhan

1. Buatlah preparat/sediaan dari epidermis umbi bawang merah.
2. Warnailah dengan metilen biru agar dapat membedakan bagian-bagiannya dengan jelas, amati di bawah mikroskop
3. Gambarlah dua atau tiga sel, dan tuliskan nama-nama bagiannya dengan jelas, amati di bawah mikroskop.

Agar lebih jelas simak gambar berikut.

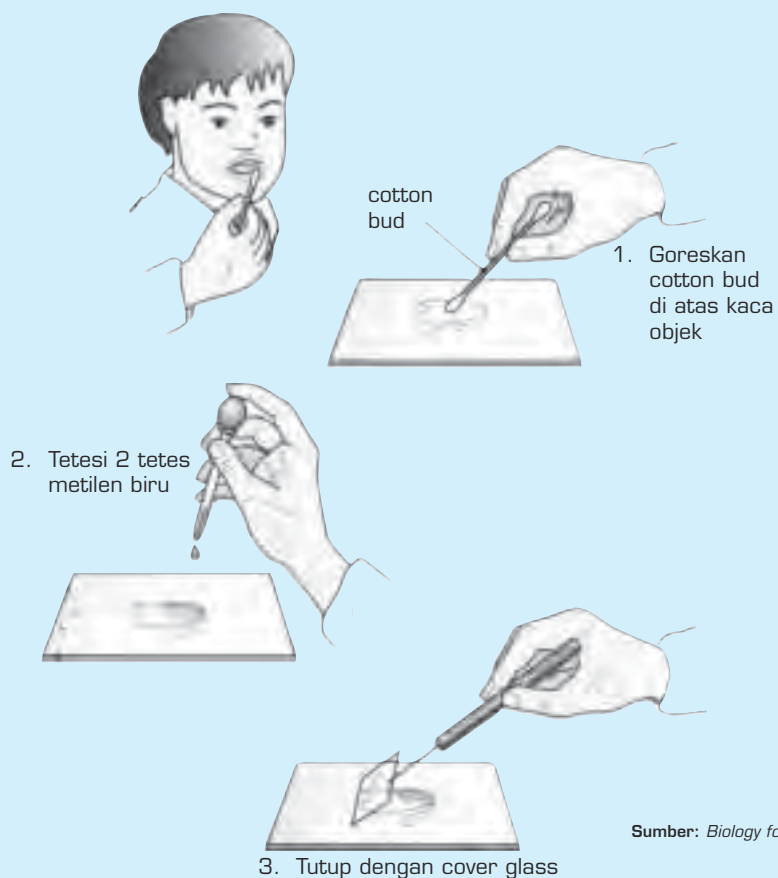


Sumber: *Biology for You*

B. Sel hewan

1. Buatlah preparat/sediaan dari epitel rongga mulut dengan mengeruk bagian dalam pipi dengan hati-hati.
2. Lakukan pewarnaan dengan metilen biru seperti yang dilakukan pada sel tumbuhan
3. Amati di bawah mikroskop
4. Gambarlah dan tuliskan nama-nama bagiannya

Agar lebih jelas simak gambar berikut.



Sumber: *Biology for You*

Pertanyaan

Berdasarkan hasil pengamatanmu, apa perbedaan sel tumbuhan dengan sel hewan?

Buat laporannya.

1. Sel Tumbuhan

Sel tumbuhan memiliki organel-organel tertentu yang tidak dimiliki oleh sel hewan, seperti dinding sel dan plastida.

a. Dinding Sel

Selain membran plasma, sel tumbuhan memiliki dinding sel yang terletak di luar selaput plasma. Dinding sel dibedakan atas dinding sel primer dan dinding sel sekunder. Dinding sel primer tersusun atas selulosa, hemiselulosa, pektin serta beberapa senyawa lainnya. Molekul-molekul selulosa membentuk mikrofibril, yaitu serat-serat panjang dan memiliki daya regang sangat kuat.

Sel-sel muda yang sedang tumbuh hanya memiliki dinding primer. Dinding sel sekunder hanya dimiliki oleh sel-sel dewasa, yang terletak di antara dinding primer dan membran plasma. Dinding ini dihasilkan oleh protoplasma setelah sel tidak bertambah besar lagi. Kandungan selulosanya lebih banyak dan juga mengandung hemiselulosa serta lignin. Bahan-bahan tersebut menyebabkan dinding sel sekunder lebih tebal dan kaku daripada dinding sel primer.

Di antara dinding-dinding sel yang berdekatan, terdapat lamela tengah yang terdiri atas magnesium dan kalsium yang berupa gelatin. Antara dua dinding yang berdekatan (tetangga) terdapat hubungan benang-benang plasma melalui lubang yang sangat kecil (noktah) yang disebut plasmodesmata.

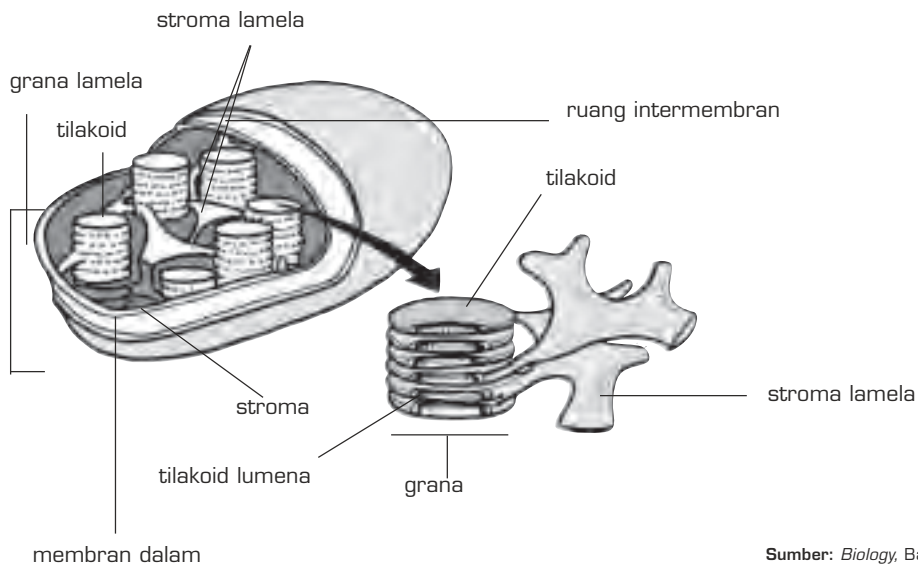
b. Plastida

Plastida merupakan organel yang hanya dimiliki oleh sel tumbuhan. Terdiri atas dua lapis membran, di dalamnya mengandung DNA, ribosom, beberapa jenis protein, sejumlah enzim dan pigmen yang ditemukan pada plastida tertentu. Plastida ada bermacam-macam, yaitu:

- 1) leukoplas adalah plastida yang tidak berwarna;
- 2) amiloplas, plastida yang berisi amilum;
- 3) aleuroplas, plastida yang berisi protein;
- 4) elaioplas, plastida yang berisi lemak;
- 5) kromoplas, plastida yang mengandung pigmen selain klorofil, seperti pigmen merah, jingga, dan kuning;
- 6) kloroplas adalah plastida yang mengandung klorofil.

Kloroplas merupakan salah satu jenis plastida, yaitu organel yang terbungkus oleh dua lapis membran. Mengandung pigmen klorofil atau zat hijau daun, karoten yang memberikan warna jingga, dan xantofil untuk warna kuning. Kloroplas berbentuk cakram dengan diameter dan ketebalan 2 – 4 μm . Organel ini terdapat pada sel-sel fotosintesis tumbuhan dan beberapa jenis

alga. Di sebelah dalam membran terdapat granum, yaitu tumpukan kantung-kantung yang masing-masing berisi pigmen klorofil, karotenoid, protein, dan lemak. Setiap kantung disebut tilakoid dan ada di antaranya kantung pipih, yang menghubungkan grana yang satu dengan grana yang lain. Seluruh grana terbenam di dalam stroma, yaitu matriks dasar yang transparan dan banyak mengandung enzim penyusun karbohidrat, DNA, RNA, dan ribosom. Agar kamu lebih memahami struktur kloroplas pelajari Gambar 1.13 berikut.



Sumber: *Biology*, Barret

Gambar 1.13 Kloroplas

c. Vakuola

Vakuola pada sel tumbuhan dibatasi oleh selapis membran yang disebut tonoplas, yang berasal dari retikulum endoplasma dan berperan mengatur transportasi zat yang keluar masuk vakuola. Sel dewasa umumnya memiliki satu vakuola yang besar dan terletak di bagian tengah (vakuola sentral), sedangkan pada sel muda terdapat beberapa vakuola kecil. Vakuola tumbuhan berfungsi untuk menyimpan bahan-bahan hasil sintesis ataupun sisa metabolisme, antara lain garam mineral, karbohidrat, asam amino, alkaloid, dan antosianin yang menentukan warna bunga.

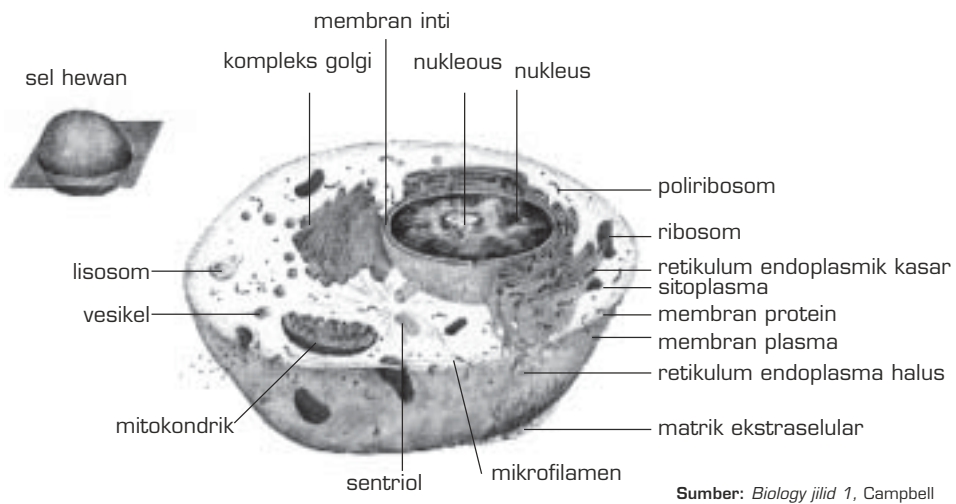
Vakuola pada sel hewan lebih kecil dan tidak dilengkapi tonoplas. Pada beberapa protozoa terdapat vakuola makanan yang mengandung enzim-enzim pencernaan intraseluler, juga terdapat vakuola kontraktil yang berfungsi sebagai osmoregulator, yaitu mengatur konsentrasi cairan sel.

2. Sel Hewan

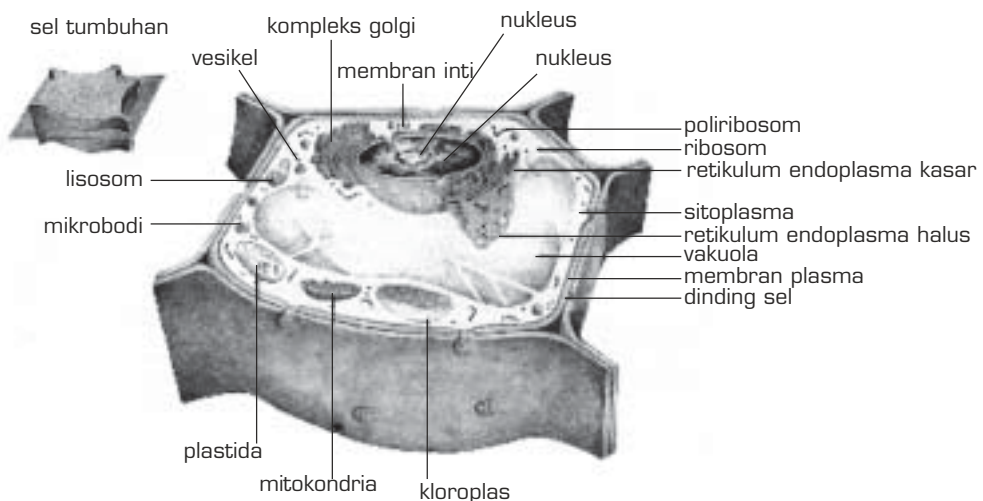
Sel hewan umumnya berukuran lebih kecil daripada sel tumbuhan. Pembahasan mengenai sel hewan dengan semua organel yang dimilikinya telah dikemukakan pada awal Bab I.

3. Perbedaan Sel Tumbuhan dan Sel Hewan

Untuk membedakan sel hewan dari sel tumbuhan, pelajari Gambar 1.15 dan Gambar 1.16.



Gambar 1.15 Sel hewan



Gambar 1.16 Sel tumbuhan

Setelah kamu mempelajari sel hewan dan sel tumbuhan, salin dan isilah tabel di bawah ini. Beri tanda | pada kolom hewan dan tumbuhan jika organel atau bagian lainnya ada.

No.	Organel atau Bagian Lainnya	Organisme	
		Tumbuhan	Hewan
1.	Nukleus		
2.	Nukleolus		
3.	Membran plasma		
4.	Dinding sel		
5.	Sitoplasma		
6.	Retikulum endoplasma		
7.	Lisosom		
8.	Kompleks golgi		
9.	Mitokondria		
10.	Kloroplas		
11.	Ribosom		
12.	Sentrosom		
13.	Tonoplas		
14.	Vakuola Sentral		
15.	Badan Mikro		
16.	Mikrotubulus		
17.	Plasmodesmata		

Rangkuman

- Sel merupakan unit terkecil dari makhluk hidup.
- Berdasarkan jumlah sel yang menyusunnya, makhluk hidup dikelompokkan menjadi makhluk hidup uniseluler dan makhluk hidup multiseluler.
- Berdasarkan ada tidaknya inti, sel dapat dibedakan menjadi sel prokariotik dan sel eukariotik.
- Sel tersusun atas:
 - Membran sel terdiri atas lapisan lipoprotein (lemak dan protein) yang berfungsi untuk melindungi sel (proteksi), mengatur transportasi zat, juga sebagai reseptor (penerima rangsang).

- b. Sitoplasma, berupa koloid yang dapat berubah dari fase sol ke fase gel atau sebaliknya. Tersusun atas air, garam mineral, vitamin, asam amino, dan glukosa. Berfungsi sebagai tempat berlangsungnya metabolisme sel.
- c. Organel sel, di antaranya sebagai berikut.
 - 1) Inti sel (nukleus), berhubungan dengan membran plasma melalui retikulum endoplasma, berbentuk bulat atau oval. Pada umumnya setiap sel memiliki 1 buah inti sel. Di dalam nukleus terdapat nukleoplasma yang terdiri atas benang-benang kromatin dan protein. Nukleus berfungsi untuk mengendalikan kehidupan sel dan mengatur pewarisan sifat.
 - 2) Retikulum endoplasma, berbentuk benang yang tersusun atas tubulus dan sisterna, susunannya sama dengan membran sel. Dibedakan menjadi retikulum endoplasma granuler (kasar) karena ditempeli ribosom yang berfungsi dalam sintesis protein dan retikulum endoplasma agranuler (halus) yang berfungsi untuk menyintesis lemak.
 - 3) Ribosom, terdiri atas unit terkecil dan unit terbesar, tersusun atas protein dan RNA, ribosom yang menempel pada retikulum endoplasma berfungsi sebagai tempat sintesis protein untuk dikeluarkan dari sel, sedangkan yang terdapat pada sitoplasma menghasilkan protein untuk sel itu sendiri.
- 4. Badan golgi merupakan organel yang menampung protein yang dihasilkan oleh retikulum endoplasma granuler, modifikasi, transpor, menyimpan atau sekresi protein.
- 5. Mitokondria, memiliki membran rangkap, membran dalam membentuk lipatan yang disebut dengan krista, cairan di dalamnya disebut dengan matrik. Mitokondria berfungsi sebagai tempat terjadinya respirasi sel.
- 6. Lisosom, berupa kantung kecil, berisi enzim hidrolitik, berfungsi untuk mencernakan zat yang masuk ke dalam sel.
- 7. Sentrosom, hanya terdapat pada sel hewan, letaknya dekat dengan nukleus. Sentrosom berfungsi untuk menentukan arah pembelahan sel.
- 8. Mikrotubulus merupakan penyusun benang spindel, silia flagel, dan juga merupakan rangka dari sel.

9. Mikrofilamen tersusun atas protein aktifn dan miosin, berfungsi dalam gerakan sel, kontraksi otot dan gerakan sitoplasma.
10. Kloroplas, hanya terdapat pada sel tumbuhan, termasuk plastida berklorofil dan berfungsi untuk fotosintesis.
11. Vakuola merupakan ruangan dalam sel, tempat cadangan makanan menimbun sisa metabolisme, menyimpan pigmen, dan minyak atsiri.

Kata Kunci

<i>Difusi</i>	<i>Organisme multiseluler</i>
<i>Eksositosis</i>	<i>Osmosis</i>
<i>Endositosis</i>	<i>Plastida</i>
<i>Hidrofilik</i>	<i>Protoplasma</i>
<i>Hidrofobik</i>	<i>Retikulum endoplasma</i>
<i>Membran plasma</i>	<i>Ribosom</i>
<i>Mikrofilamen</i>	<i>Sitoplasma</i>
<i>Mitokondria</i>	<i>Vakuola</i>
<i>Organisme uniseluler</i>	

Evaluasi Akhir Bab

A. Pilih jawaban yang paling tepat.

1. Sel merupakan kesatuan unit struktural pada semua makhluk hidup. Hal ini mengandung pengertian bahwa
 - A. sel bertugas dalam penurunan sifat pada makhluk hidup
 - B. semua kegiatan dalam hidup dapat terselenggara karena adanya protoplasma dalam sel
 - C. sel merupakan penyusunan utama tubuh makhluk hidup
 - D. pertumbuhan pada makhluk hidup disebabkan karena adanya sel dalam tubuh
 - E. reproduksi pada makhluk hidup disebabkan kemampuan sel untuk membelah diri

Untuk soal nomor 2 dan nomor 3 perhatikan bagan struktur sel berikut.



2. Organel yang bertanggung jawab dalam penyediaan energi adalah bagian yang berlabel
 - A. 1
 - B. 2
 - C. 3
 - D. 4
 - E. 5
3. Bagian sel yang berlabel 2 – 3 – 5 berturut-turut adalah
 - A. nukleus, kloroplas, retikulum endoplasma
 - B. nukleus, kloroplas, badan golgi
 - C. nukleolus, mitokondria, badan golgi
 - D. sentrosom, kloroplas, mitokondria
 - E. kromosom, kloroplas, badan golgi

4. Pasangan manakah yang benar dari tabel di bawah ini

Organel	Fungsi
A. Mitokondria	Pengatur aktivitas di dalam sel
B. Vakuola	Penghasil antibodi
C. Sentrosoma	Pembelahan sel
D. Ribosom	Oksidasi zat makanan
E. Badan golgi	Sintesis protein

5. Organel yang berperan menetralkan Peroksida air (H_2O_2) adalah
 - A. Gliksisom
 - B. Periksisom
 - C. Lisosom
 - D. Mikrobodi
 - E. Badan golgi

6. Bagian sel yang mengatur keluar masuknya zat dari dan ke dalam sel adalah
- A. sitoplasma
 - B. mitokondria
 - C. inti sel
 - D. selaput plasma
 - E. dinding sel
7. Fungsi utama ribosom di dalam sel adalah
- A. menghasilkan getah pencerna
 - B. mempercepat terjadinya oksidasi
 - C. membentuk RNA
 - D. menyusun enzim
 - E. tempat penggabungan beberapa jenis asam amino
8. Organel sel yang mempunyai ciri-ciri bentuk bulat, dibungkus oleh suatu membran mengandung enzim pencernaan adalah
- A. badan golgi
 - B. nukleus
 - C. lisosom
 - D. mitokondria
 - E. retikulum endoplasma
9. Organel sel yang berperan dalam sintesis protein dan transpor berbagai macam substansi kimia adalah
- A. ribosom
 - B. retikulum endoplasma
 - C. badan golgi
 - D. mitokondria
 - E. plasmodesmata
10. Jika sel darah ditempatkan pada suatu cairan yang hipertonis, gel itu adalah
- A. pecah keluar
 - B. membulat
 - C. membesar
 - D. mengerut
 - E. isinya
11. Komponen zat yang penting untuk membentuk substansi dasar protoplasma adalah
- A. metana hidrogen
 - B. amonia
 - C. asam amino
 - D. karbon
 - E. atom
12. Dua faktor yang berpengaruh terhadap perubahan koloid sitoplasma dari fase gel ke sol atau sebaliknya adalah
- A. kelembapan dan kadar air dalam larutan
 - B. suhu dan kadar air dalam larutan
 - C. kelembapan dan konsentrasi larutan
 - D. suhu dan ukuran molekul zat
 - E. gerakan molekul dan konsentrasi larutan

13. Faktor-faktor yang menyebabkan perubahan koloid dari fase sol ke gel pada protoplasma adalah
- A. gerak Brown dan difusi
 - B. difusi dan osmosis
 - C. suhu dan kadar air
 - D. suhu dan Tyndall
 - E. gerak Brown dan senyawa organik
14. Membran sel bersifat selektif permeabel sehingga dapat berfungsi untuk
- A. tempat reaksi kimia seperti reaksi oksidasi
 - B. penerima rangsang dari luar seperti hormon
 - C. pembatas antara isi sel dengan lingkungannya
 - D. melindungi agar isi sel tidak keluar
 - E. mengontrol transportasi zat keluar dan ke dalam sel
15. Pengangkutan secara aktif adalah
- A. Gerakan molekul dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi yang lebih rendah
 - B. Gerakan air dari konsentrasi yang rendah ke konsentrasi yang tinggi
 - C. Pengangkutan air yang masuk ke dalam sel dan merupakan gerakan dua arah
 - D. Pengangkutan yang tidak memerlukan energi dengan gerakan bolak-balik
 - E. Pengangkutan yang memerlukan energi dan merupakan gerakan satu arah

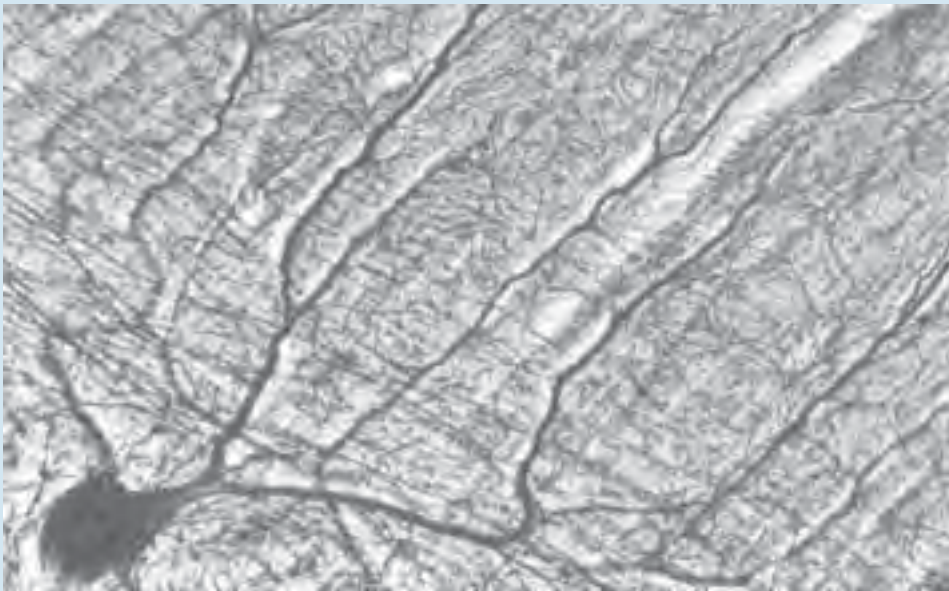
B. Jawab pertanyaan berikut dengan benar.

1. Jelaskan tentang struktur dan fungsi:
 - a. mitokondria
 - b. kompleks golgi
2. Apakah peranan ribosom dan retikulum endoplasma?
3. Struktur-struktur apakah yang terdapat pada inti sel? Jelaskan fungsinya masing-masing!
4. Buatlah diagram yang menggambarkan kloroplas berikut nama-nama bagiannya.
5. Jelaskan perbedaan antara:
 - a. membran plasma dan dinding sel.
 - b. sel tumbuhan dan sel hewan.



Bab II

Jaringan



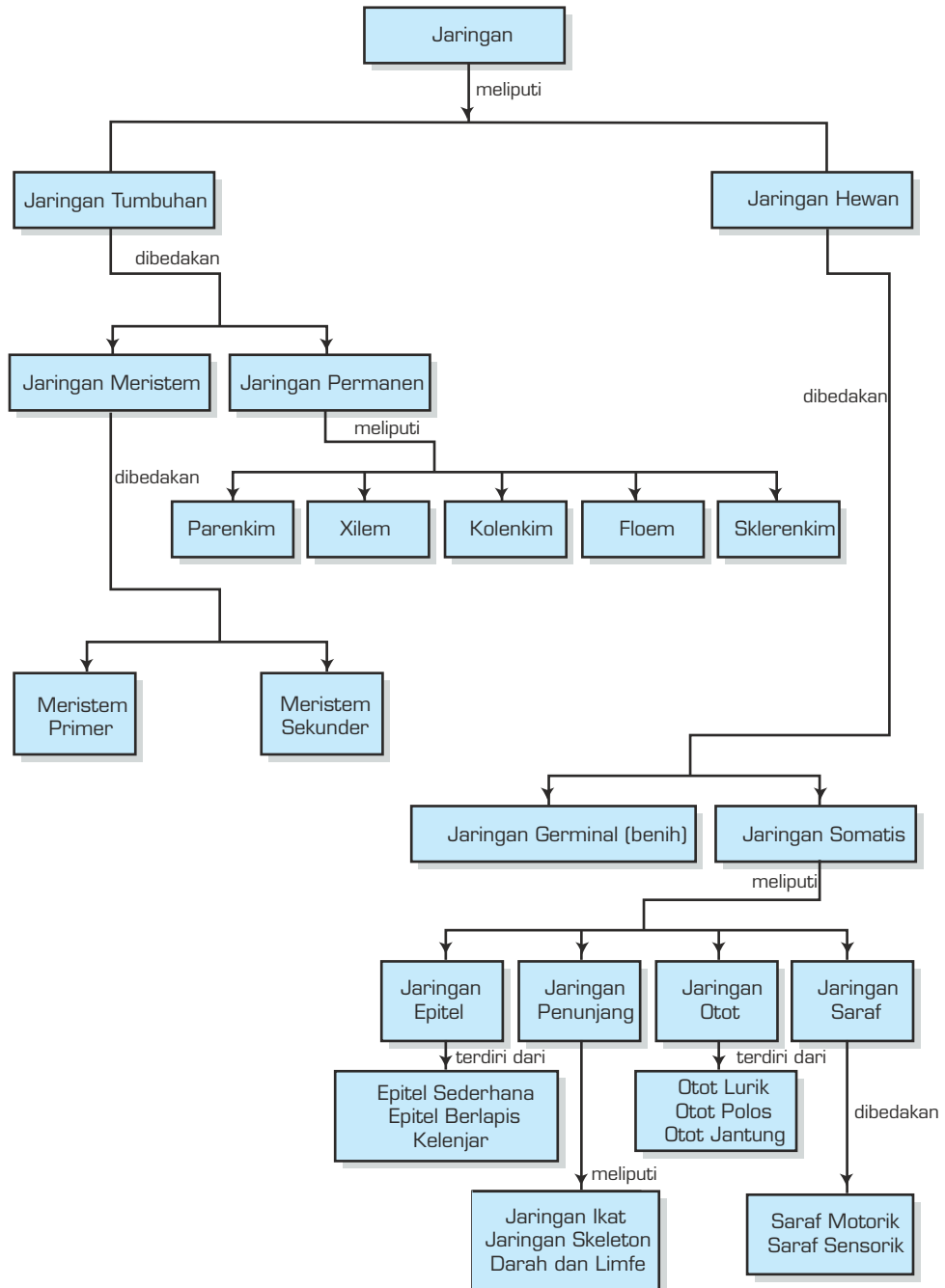
Sumber: *Zoology*, Miller-Harley

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini, siswa dapat:

1. menunjukkan berbagai macam struktur jaringan pada tumbuhan dan hewan;
2. membedakan struktur jaringan tumbuhan dan hewan;
3. menjelaskan fungsi berbagai macam struktur jaringan tumbuhan dan hewan;
4. menjelaskan teknik kultur jaringan;
5. menjelaskan tentang tumor/kanker dan pencetusnya.

PETA KONSEP



Semua organisme bersel banyak (multiseluler) memiliki berbagai sel yang bentuk dan fungsinya berbeda. Sel-sel yang *bentuk dan fungsinya sama* berkelompok membentuk jaringan. Ilmu yang mempelajari jaringan disebut histologi. Sebuah jaringan merupakan sebuah kelompok sel yang memiliki fungsi tertentu, misalnya jaringan epidermis berfungsi sebagai pelindung. Untuk melaksanakan fungsi yang lebih luas, berbagai jaringan berkelompok membentuk suatu kesatuan (unit) yang disebut organ. Organ dalam hewan lebih tampak nyata daripada tumbuhan, misalnya jantung, paru-paru, lambung, dan usus. Dapatkah kamu sebutkan organ pada tumbuhan? Berbagai organ membentuk kesatuan fungsi yang lebih luas, disebut sistem, misalnya sistem peredaran darah (sistem transpor) terdiri atas jantung dan pembuluh darah. Coba kamu sebutkan contoh yang lain!

Pada hewan dan tumbuhan multiseluler yang berkembang biak secara seksual, zigot yang merupakan hasil fertilisasi akan membelah berkali-kali dan akan menghasilkan jaringan *embrional*. Pada tumbuhan, jaringan embrional ini disebut jaringan *meristem*, sedangkan pada hewan disebut *mesenkim* (jaringan benih). Selama proses pembelahan berlangsung, sel-selnya akan mengalami perubahan bentuk dan fungsi. Perubahan semacam ini dinamakan *diferensiasi* yang kelak akan menghasilkan jaringan tertentu. Dalam bab ini akan dibahas berbagai jaringan pada tumbuhan dan hewan.

A. Jaringan Tumbuhan

Sel-sel embrional yang telah terdiferensiasi berkelompok membentuk jaringan sesuai dengan bentuk dan fungsinya. Pengelompokan jaringan tubuh tumbuhan didasarkan pada bentuk sel, letak, fungsi, asal, serta tingkat perkembangannya. Berdasarkan hal-hal tersebut, jaringan pada tumbuhan meliputi jaringan meristem dan jaringan permanen.

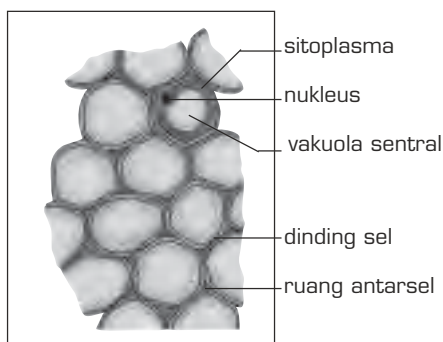
Jaringan meristem merupakan jaringan yang tetap bersifat embrional, yaitu memiliki kemampuan untuk terus membelah diri tak terbatas. Sel-sel penyusunnya berdinding tipis, penuh dengan protoplasma, dan vakuola relatif kecil. Menurut asalnya, meristem dibedakan menjadi meristem primer dan meristem sekunder. *Meristem primer* adalah jaringan meristem yang sel-selnya berkembang dari sel-sel embrional. Oleh karena itu, meristem primer merupakan lanjutan dari pertumbuhan embrio, misalnya, ujung akar, ujung batang, dan kuncup yang menyebabkan pertumbuhan primer. *Meristem sekunder* adalah jaringan meristem yang berkembang dari jaringan dewasa yang telah terdiferensiasi, tetapi aktif membelah (bersifat meristematis), misalnya kambium yang menyebabkan pertumbuhan sekunder pada tumbuhan dikotil.

Jaringan permanen merupakan jaringan yang tersusun atas sel-sel dewasa yang telah terdiferensiasi, tetapi dalam keadaan tertentu dapat bersifat meristematis kembali. Berdasarkan jumlah tipe sel yang menyusunnya, jaringan permanen dibedakan antara jaringan yang tersusun oleh satu tipe sel dan jaringan yang tersusun oleh lebih dari satu tipe sel.

1. Jaringan yang Tersusun oleh Satu Macam (Tipe) Sel (Jaringan Sederhana)

Jaringan sederhana adalah jaringan yang tersusun dari sel-sel yang bentuknya sama dan mempunyai fungsi yang sama atau tersusun oleh satu tipe (macam) sel.

a. Jaringan Parenkim



Sumber: *Biological Science*, Green

Jaringan parenkim tersusun oleh sel-sel hidup yang aktif melakukan kegiatan, berbentuk bulat dengan diameter bervariasi seperti tampak pada Gambar 2.1.

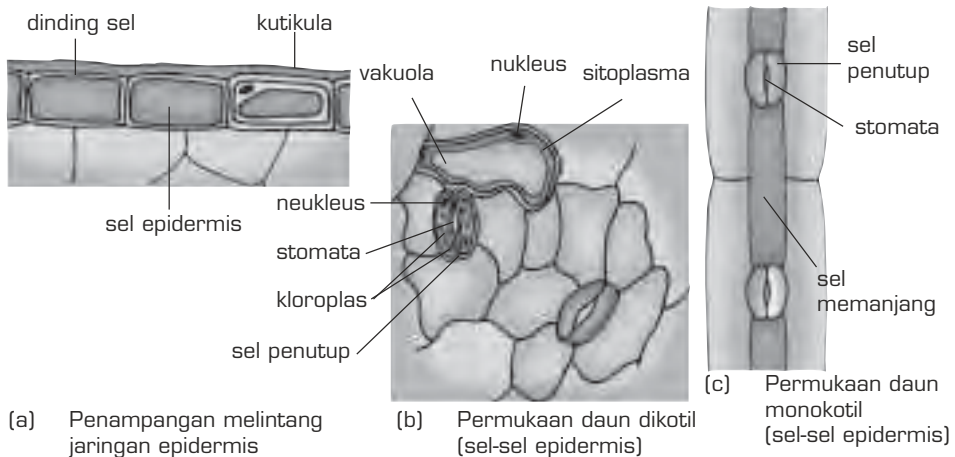
Pada Gambar 2.1 tampak vakuola besar terletak di tengah-tengah sel, disebut vakuola sentral dan berfungsi sebagai tempat menyimpan zat-zat makanan. Sel-sel parenkim sering dijadikan tempat menyimpan persediaan makanan seperti pada umbi kentang dan endosperm pada biji. Dinding selnya tipis, berperan dalam pengangkutan air dan garam-garam mineral. Pertukaran dan peredaran gas berlangsung melalui ruang-ruang antarsel.

Pada bagian-bagian tertentu dari tumbuhan, sel-sel parenkim dapat termodifikasi. Berikut ini beberapa contoh jaringan parenkim yang telah termodifikasi.

Gambar 2.1 Sel-sel parenkim

1) Jaringan Epidermis

Epidermis merupakan bagian terluar dari tubuh tumbuhan dan sel-selnya hidup. Fungsinya untuk melindungi tumbuhan dari kekeringan dan infeksi. Struktur jaringan epidermis dapat kamu pelajari pada Gambar 2.2.



Sumber: *Biological Science*, Green

Gambar 2.2 Epidermis

KEGIATAN 2.1

Mengamati Jaringan Epidermis

1. Buatlah preparat basah epidermis daun *Rhoeodiscolor* (Adam dan Eva) atau daun bakung (sebaiknya diambil epidermis daun dari permukaan bawah daun).
2. Amati preparat tersebut dengan menggunakan mikroskop.
3. Gambarkan hasil pengamatanmu, lengkapi dengan nama bagian-bagiannya.

Pertanyaan

1. Bagaimana bentuk dan letak sel-sel epidermis?
2. Adakah kamu temukan stomata (mulut daun)? Sel-sel apa yang membentuk stomata?
3. Apa fungsi jaringan epidermis?

Sel-sel epidermis berbentuk kotak, tersusun rapat, tidak berklorofil kecuali sel penutup (*guard cell*) pada stomata. Apa fungsi stomata? Sel-sel epidermis menghasilkan semacam lilin yang disebut kutikula sehingga lapisan epidermis sulit ditembus air. Jika pertumbuhan jaringan epidermis tidak seimbang dengan tumbuh membesarnya akar dan batang, akan tumbuh jaringan kulit gabus (*periderm*) yang menggantikan kedudukan epidermis.

Kadang-kadang sel-sel epidermis tumbuh seperti bulu dengan berbagai fungsi, misalnya bulu akar pada akar berfungsi mengisap air dan garam-garam tanah, sulur pada tumbuhan memanjat berfungsi melekatkan batang pada tempat tumbuhnya. Ada juga sel-sel kelenjar yang tumbuh pada epidermis, mengeluarkan racun untuk membunuh serangga atau enzim untuk mencerna serangga yang terperangkap.

2) Jaringan Mesofil

Jaringan ini terletak di antara dua lapisan epidermis daun. Pada jaringan inilah fotosintesis terjadi karena sel-selnya mengandung kloroplas. Pada tanaman dikotil terdapat dua lapisan mesofil, lapisan atas terdiri atas sel-sel tiang yang disebut palisade dan lapisan bawah yang bentuk sel-selnya tidak beraturan disebut spons (bunga karang).

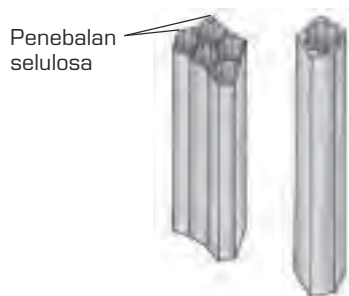
3) Jaringan Endodermis

Endodermis adalah satu lapisan sel khusus pada akar dan batang tumbuhan tertentu yang merupakan lapisan paling dalam dari korteks.

4) Jaringan Perisikel

Akar memiliki lapisan yang beberapa sel parenkimnya menebal, disebut perisikel. Letaknya antara jaringan pembuluh (silinder pusat) dan jaringan endodermis, berfungsi untuk membentuk akar samping dan berperan dalam pertumbuhan sekunder.

b. Jaringan Kolenkim



Sumber: *Biology*, Barrett

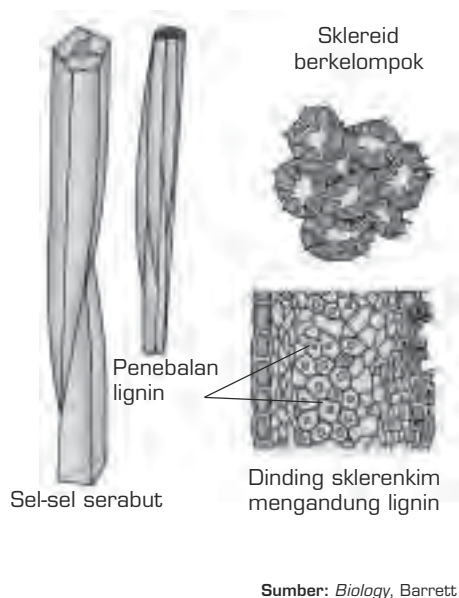
Gambar 2.3 Sel kolenkim

Struktur jaringan kolenkim hampir sama dengan jaringan parenkim, dinding selnya terutama tersusun dari selulosa dan mengalami penebalan pada sudut-sudutnya. Penebalan terjadi pada dinding sel primer. Perhatikan Gambar 2.3, bentuk selnya memanjang, fungsinya sebagai penguat terutama pada tumbuhan muda dan tumbuhan herba.

Pada batang dan tanaman muda, letak jaringan kolenkim, yaitu di bagian tepi organ. Sering juga kita jumpai jaringan kolenkim tepat di bawah epidermis di bagian luar korteks. Pada daun dikotil jaringan kolenkim terdapat di sepanjang tulang daun, berfungsi untuk memperkuat ikatan pembuluh. Jaringan kolenkim terdapat pada akar, batang, daun, bunga, dan buah.

c. Jaringan Sklerenkim

Jaringan sklerenkim terdiri atas sel-sel mati yang tebal karena adanya penumpukan lignin pada dindingnya, berfungsi sebagai penyokong. Jaringan ini terdapat pada organ tumbuhan yang tidak lagi mengadakan pertumbuhan dan perkembangan. Adanya jaringan sklerenkim memungkinkan tumbuhan dapat bertahan dari tekanan dan peregangan.



Gambar 2.4 Sel-sel sklerenkim

Ada dua macam sel sklerenkim, yaitu serat/serabut dan sklereid, seperti tampak pada Gambar 2.4. Jaringan sklerenkim yang berbentuk serabut tersusun atas sel-sel yang panjang dan meruncing pada ujung-ujungnya, keras, kuat, dan elastis. Serat sklerenkim terdapat pada korteks di bawah epidermis batang atau akar, berkas pembuluh tumbuhan monokotil dan dikotil. Jaringan sklerenkim sklereid memiliki sel-sel yang bentuk, ukuran, dan penebalan dinding sel yang bervariasi. Sel-sel sklereid yang tidak bercabang disebut *sel batu*, dinding selnya tersusun atas selulosa dan lignin yang tebal sehingga kuat dan kaku. Contohnya tempurung kelapa, kulit kacang tanah, dan bagian yang keras dari buah batu lainnya. Sklereid terutama terdapat pada kulit kayu, buah, dan biji.

2. Jaringan yang Tersusun oleh Lebih dari Satu Macam (Tipe) Sel

Tumbuhan berpembuluh (*Tracheophyta*) memiliki pembuluh pengangkut yang disebut xilem dan floem. Keduanya tersusun oleh lebih dari satu macam sel.

a. Xilem (Pembuluh Kayu)

Xilem memiliki dua fungsi utama, yaitu penyokong dan pengangkut air dan garam-garam tanah dari akar menuju ke bagian atas tumbuhan. Xilem tersusun oleh 4 macam sel, yaitu trakeid, trakea, parenkim, dan serabut (serat). *Trakeid* terbentuk dari sel tunggal yang panjang dengan penebalan lignin pada dinding sel dan ujung-ujungnya lancip. Sel dewasa mati dengan lumen yang kosong. Trakeid merupakan sel pengangkut air yang primitif dari tumbuhan berpembuluh. Walaupun demikian, gimnospermae yang kebanyakan berupa pohon, menggunakan trakeid untuk mengalirkan air dari akar. Air mengalir melalui lubang-lubang pada dinding sel yang dilengkapi dengan membran, dari trakeid yang satu ke trakeid yang lain. Sel trakeid dan trakea dapat dilihat pada Gambar 2.5.



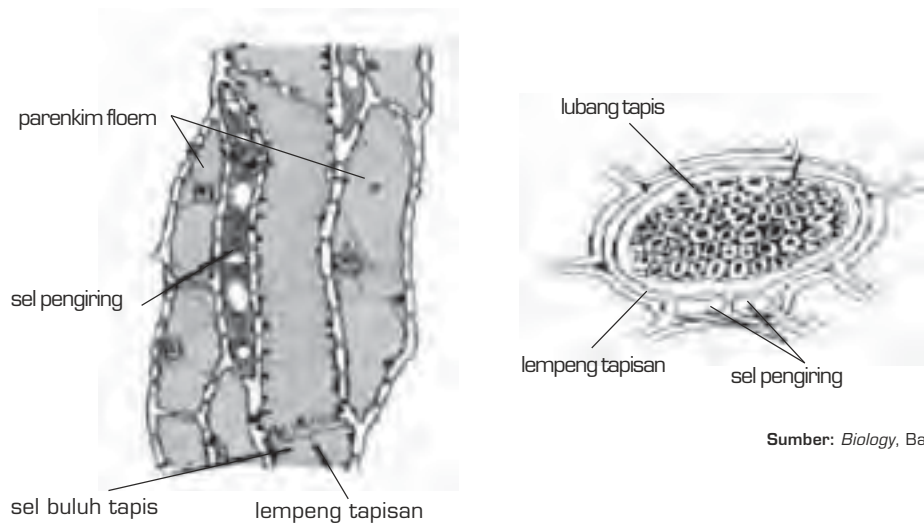
Sumber: Biology, Barrett

Gambar 2.5 Sel trakeid dan trakea

Trakea (pembuluh) merupakan pembuluh yang sangat panjang, berasal dari beberapa sel yang berderet memanjang dan batas antarsel (dinding ujung sel) melebur. Seperti pada trakeid, substansi yang hidup hilang (mati). Terbentuklah pembuluh yang membentang sepanjang batang. Pembuluh semacam ini hanya terdapat pada angiospermae. *Parenkim xilem* terdiri atas sel-sel hidup yang berdinding tipis. Sel-sel tersebut mengandung berbagai zat seperti lemak atau amilum. Oleh karena itu, parenkim xilem berfungsi pula untuk menimbun cadangan makanan. *Serabut xilem* berasal dari trakeid, tetapi lebih pendek, sempit, dinding lebih tebal, dinding selnya mempunyai noktah (lubang). Serabut dan trakeid saling melekat sehingga sulit dipisahkan.

b. Floem (Pembuluh Tapis)

Floem memiliki struktur tubuler mirip dengan xilem, dinding sel penyusunnya mengalami penebalan selulosa dan pektin. Floem adalah jaringan pengangkutan untuk zat makanan, seperti gula (hasil fotosintesis), protein, dan mineral pada tumbuhan. Floem tersusun dari 4 macam sel, yaitu sel buluh tapis, sel pengiring, sel serabut, dan sel parenkim.



Sumber: *Biology*, Barret

Gambar 2.6 Floem

Sel buluh tapis dan sel pengiring berasal dari sel induk yang sama. Sel induk membelah memanjang menghasilkan dua sel yang tidak sama besar, sel buluh tapis besar dan sel pengiring lebih kecil (lihat Gambar 2.6). Sel buluh tapis merupakan untaian sel-sel yang memanjang, dengan lempeng tapisan yang membatasi sel yang berdampingan. *Lempeng tapisan* adalah dinding sel yang melebur membentuk sejumlah lubang seperti tapisan (saringan), berfungsi untuk mengalirkan larutan yang berisi bahan-bahan organik. Di samping tiap-tiap sel buluh tapis, terdapat sel pengiring yang hidup dan bersifat meristematis, berfungsi untuk memberikan nutrisi dan mengatur aktivitas sel buluh tapis yang berdekatan.

Parenkim floem dan serabut floem hanya terdapat pada tumbuhan dikotil, tidak terdapat pada tumbuhan monokotil. Struktur sel parenkim floem sama dengan sel parenkim pada umumnya, hanya bentuknya lebih memanjang. Serabut floem sama dengan serabut sklerenkim, membentuk ikatan sel-sel yang berdiri tegak dalam floem, berfungsi sebagai penyokong. Agar kamu lebih memahami berbagai fungsi jaringan pada tumbuhan kerjakan tugas 2.1 berikut ini.

Tugas 2.1

Cari informasi dari berbagai sumber literatur/ media tentang fungsi berbagai jaringan tumbuhan, lakukan secara kelompok.

Tabel 2.1 Struktur, fungsi, dan distribusi jaringan tumbuhan

Jaringan	Bentuk Sel	Fungsi	Distribusi
Parenkim	Bulat dengan diameter bervariasi, dan memanjang	Pembungkus jaringan, penyokong pada tumbuhan herba, pertukaran gas, tempat menyimpan makanan, pengangkutan air dan mineral.	Korteks, empulur, pembungkus jaringan xilem dan floem.
a. Epidermis	Kotak memanjang dan datar	Pelindung dari kekeringan dan infeksi.	Lapisan tunggal yang menutupi seluruh tubuh tumbuhan.
b. Mesofil	Bulat tak teratur, atau berbentuk tiang.	Fotosintesis, menyimpan tepung.	Di antara epidermis atas dan epidermis bawah daun.
c. Endodermis	Seperti epidermis.	Penghalang selektif untuk gerakan air dan mineral (antara korteks dan xilem) pada akar.	Sekeliling jaringan pembuluh (lapisan terdalam korteks)
d. Perisikel	Seperti epidermis.	Bersifat meristematis, membentuk akar samping, berperan dalam pertumbuhan sekunder.	Dalam akar antara silinder pusat dan endodermis.
Kolenkim	Memanjang dan segi banyak, berujung runcing.	Penyokong	Korteks bagian luar, tulang daun.
Sklerenkim			
a. Serabut	Memanjang dan segi banyak dengan ujung runcing yang saling bertaut.	Penyokong	Korteks bagian luar, perisikel batang, xilem, dan floem.
b. Sklereid	Tidak beraturan.	Penyokong	Korteks, empulur, floem, bagian keras dari buah dan biji.
Xilem (trakeid, parenkim)	Memanjang dan berbentuk buluh (tubuler)	Penyokong, pengangkut air dan mineral.	Jaringan pengangkut.
Floem			
a. Buluh tapis	Memanjang dan tubuler.	Pengangkut senyawa organik. Bekerja sama dengan buluh tapis.	Jaringan pengangkut.
b. Sel pengiring,	Memanjang dan sempit.		Jaringan pengangkut.

3. Struktur dan Fungsi Jaringan pada Organ Tumbuhan

Tumbuhan memiliki tiga organ utama, yaitu akar, batang, dan daun. Bunga dan buah merupakan modifikasi organ pokok sebagai alat reproduksi. Sebelum mempelajari jaringan penyusun organ-organ tersebut, sebaliknya kamu lakukan kegiatan berikut.

KEGIATAN 2.2

Mengamati Potongan Melintang Akar

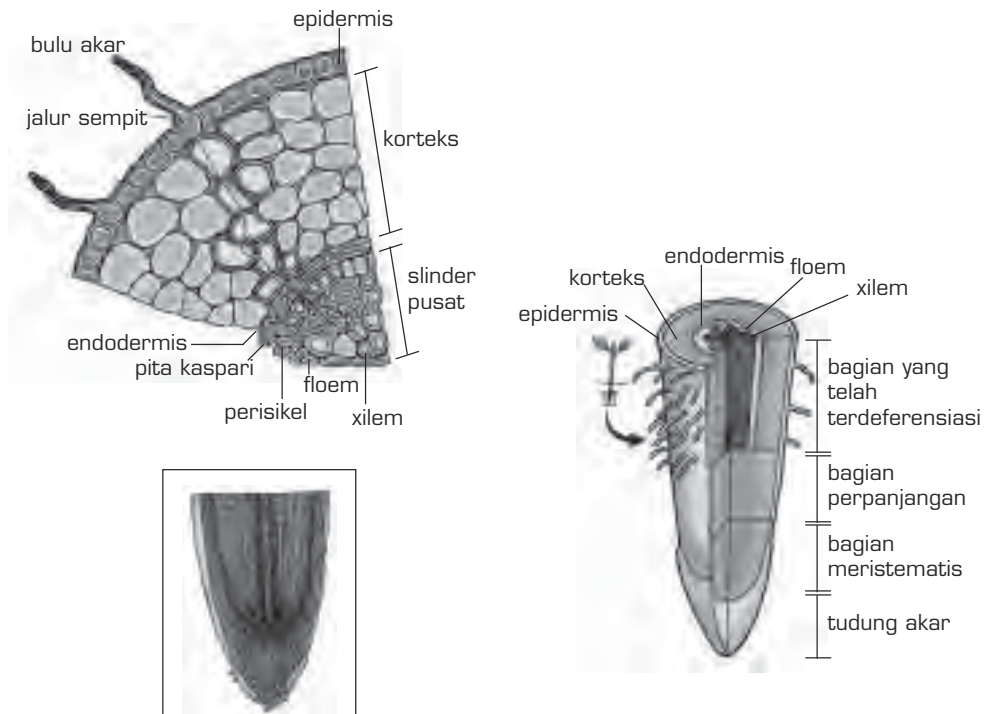
1. Amati sediaan mikroskopis potongan melintang akar dengan menggunakan mikroskop (akar monokotil dan dikotil).
2. Perhatikan susunan dan bentuk sel-sel jaringan yang terletak paling luar, kemudian bandingkan dengan jaringan yang ada di sebelah dalamnya, dan seterusnya.
3. Tentukan ada berapa macam jaringan yang menyusun akar.
4. Gambarlah penampang melintang akar yang telah kamu amati.

Pertanyaan

1. Di mana letak jaringan pengangkut? Xilem atau floemkah yang ada di bagian tengah akar?
2. Jaringan endodermis terletak di antara jaringan apa?
3. Jaringan apa yang ada di antara epidermis dan endodermis?
4. Apa perbedaan akar monokotil dengan dikotil?
5. Sebutkan jaringan-jaringan yang menyusun akar!

a. Jaringan Penyusun Akar

Akar memiliki dua fungsi penting dalam kehidupan tumbuhan, pertama: menyerap air, mineral, dan oksigen dari tanah; kedua: mengokohkan tegaknya tumbuhan di atas tanah. Pada beberapa tumbuhan, akar juga digunakan sebagai tempat penyimpanan makanan cadangan. Pada akar juga terdapat sistem pembuluh yang berfungsi sebagai alat transpor air dan garam mineral dari tanah ke tubuh bagian lain. Bagian ujung akar terdiri atas jaringan meristem yang sel-selnya aktif membelah, daerah ini dilindungi oleh tudung akar (kaliptra) dari gesekan dan kerusakan dalam tanah. Sel-sel hasil pembelahan meristem mengalami pertumbuhan memanjang (menjadi dewasa), kemudian membentuk struktur-struktur tertentu. Berdasarkan hasil pengamatanmu, ada berapa macam jaringan yang menyusun akar? Akar monokotil dan dikotil secara garis besar memiliki susunan anatomi yang terdiri atas epidermis, korteks, endodermis, dan silinder pusat.



Sumber: *Biology*, Barrett

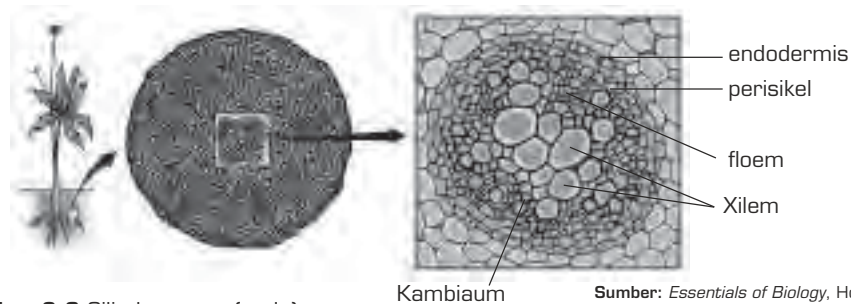
Gambar 2.7 Penampang akar

Epidermis (kulit luar) terdiri atas selapis sel yang letaknya rapat dan tidak terdapat ruang-ruang antarsel. Sejumlah sel epidermis yang letaknya di ujung akar mengalami modifikasi, membentuk bulu akar. Sejumlah besar bulu akar berfungsi menyerap air dan unsur hara dari dalam tanah.

Korteks terdiri atas beberapa lapis sel parenkim yang berdinding tipis dan letaknya tidak rapat. Banyak terdapat ruang antarsel yang berfungsi untuk pertukaran gas. Pada beberapa tumbuhan, sel-sel korteks menyimpan makanan cadangan, misalnya akar wortel. Endodermis merupakan batas terdalam lapisan korteks, terdiri atas selapis sel yang bentuknya khusus. Pada dinding radial, endodermis mengalami penebalan dari lignin atau suberin yang bersifat *impermeabel*. Penebalan dinding sel tersebut tampak seperti pita yang mengelilingi dinding sel dan disebut *pita kaspari*. Air dan garam-garam tanah masuk ke dalam silinder pusat melalui sel peresap, yaitu sel-sel endodermis tertentu yang tidak mengalami penebalan pada dindingnya. Pada monokotil yang tidak memiliki sel peresap, penyerapan zat melalui plasmodesma.

Silinder pusat (stele) merupakan bagian yang terdapat di sebelah dalam endodermis, meliputi jaringan perisikel, xilem, dan floem. Sel-sel perisikel yang berhadapan dengan xilem bersifat meristematis (aktif membelah) dan

mampu membentuk akar cabang. Oleh karena itu, perisikel disebut juga perikambium xilem dan floem dalam silinder pusat letaknya teratur bergantian menurut arah jari-jari (radial). Pada tumbuhan dikotil di antara xilem dan floem terdapat kambium. Kedudukan xilem dan floem yang bergantian menyebabkan lapisan kambium berlekuk-lekuk seperti bintang (lihat Gambar 2.8).



Gambar 2.8 Silinder pusat (stele)

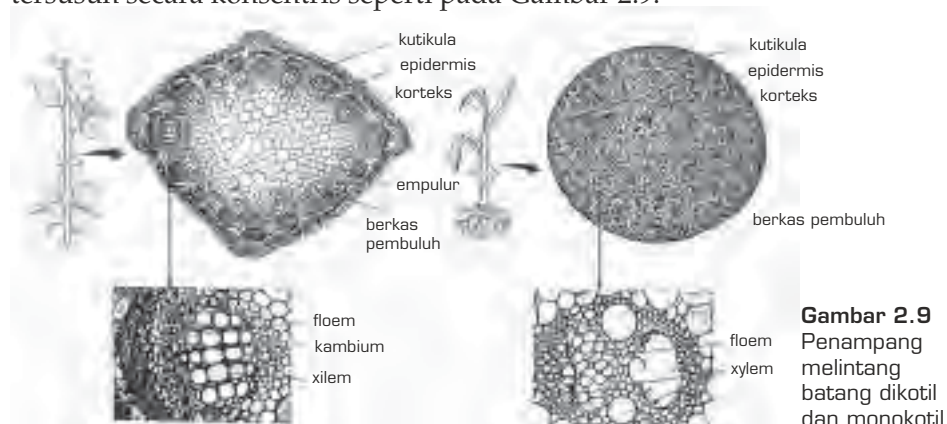
Sumber: *Essentials of Biology*, Hopson

Gambar 2.8 menunjukkan penampang melintang akar muda, selanjutnya kambium mengadakan pertumbuhan ke arah dalam membentuk xilem dan ke arah luar membentuk floem. Bentuk bintang lambat laun berubah menjadi lingkaran. Xilem pada akar merupakan awal pembuluh angkut yang membentang dari akar sampai ke daun.

b. Jaringan Penyusun Batang

Pada tumbuhan berpembuluh, batang berfungsi sebagai penyokong dan alat transpor. Kedua fungsi ini ditunjang oleh jaringan pembuluh yang menghubungkan daun dengan akar sebagai pengisap air dan zat hara di dalam tanah.

Jika kamu memotong batang dikotil secara melintang, misalnya tanaman tomat (tanaman herba), kamu akan melihat macam-macam jaringan yang tersusun secara konsentris seperti pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Penampang melintang batang dikotil dan monokotil

Sumber: *Essentials of Biology*, Hopson

Epidermis batang terdiri atas sel yang tersusun rapat tanpa klorofil. Sel-selnya mengeluarkan zat semacam lilin yang disebut kutikula, berfungsi untuk mencegah penguapan. Sebagian besar sel-sel korteks adalah parenkim yang besar, berdinding tipis, bentuk bersegi tak teratur. Bagian korteks yang berbatasan dengan epidermis terdiri atas sel-sel kolenkim atau sklerenkim yang berfungsi sebagai penyokong.

Jaringan pengangkut terletak di sebelah dalam korteks, terdiri atas xilem dan floem. Pada tumbuhan herba, xilem dan floem membentuk berkas pembuluh tersendiri dalam bentuk lingkaran, floem berada di sebelah luar xilem. Pada tiap berkas pembuluh terdapat kambium vaskuler yang memisahkan xilem dan floem. Tipe berkas pembuluh seperti ini disebut kolateral terbuka. Pada tumbuhan monokotil, berkas pembuluh tanpa kambium vaskuler, tipe berkas pembuluh semacam ini disebut kolateral tertutup. Pada tumbuhan dewasa sel-sel xilem mati, dinding pembatas sel hilang, terbentuk pipa kapiler yang memanjang dari akar sampai ke daun berfungsi untuk mengalirkan air dan garam-garam mineral. Sel-sel floem pada tumbuhan dewasa kehilangan nukleus, tetapi sitoplasma tetap hidup untuk mengalirkan nutrisi. Batas antara sel-sel pembuluh tapis berbentuk lempeng tapisan yang berlubang-lubang.

Pada bagian tengah batang terdapat empulur yang berfungsi sebagai tempat menyimpan zat-zat makanan, terdiri atas sel-sel parenkim yang besar dan berdinding tipis. Struktur batang tumbuhan monokotil dan dikotil hampir sama, tetapi berkas pembuluh pada monokotil tersebar dalam jaringan parenkim dasar sehingga tidak ada pemisah antara korteks dan bagian pusat (lihat Gambar 2.9).

Titik tumbuh pada ujung akar dan ujung batang telah terbentuk sejak tumbuhan masih embrio karena titik tumbuh tersebut merupakan titik tumbuh primer. Pertumbuhan yang disebabkan oleh aktivitas titik tumbuh primer disebut *pertumbuhan primer*. Pada tumbuhan dikotil dan tumbuhan biji terbuka terdapat kambium yang bersifat meristematis dan disebut *titik tumbuh sekunder*. Aktivitas sel-sel kambium dinamakan *pertumbuhan sekunder*.

Baik pada akar maupun pada batang, kambium menghasilkan unsur-unsur xilem (kayu) ke arah dalam dan menghasilkan unsur-unsur floem (kulit) ke arah luar, menyebabkan akar dan batang tumbuh menjadi besar. Aktivitas kambium ke arah dalam jauh lebih besar daripada ke luar sehingga bagian kayu jauh lebih tebal dibandingkan dengan bagian kulit.

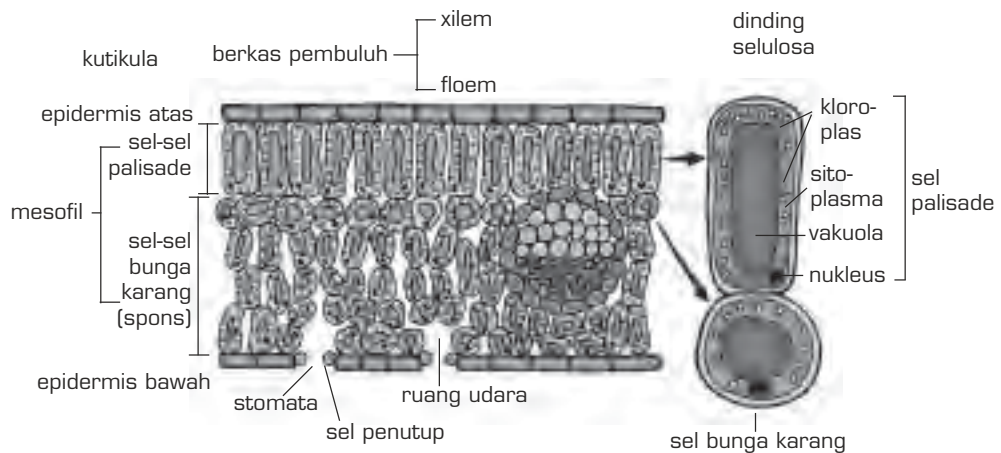
Kulit kayu tertentu penting untuk pembuatan tali, tambang, atau bahan pakaian. Bagian apa yang dibuat tali, tambang, atau serat kain itu? Batang tumbuhan monokotil setelah mencapai ukuran tertentu tidak akan bertambah besar lagi karena tidak memiliki kambium, jadi tak ada pertumbuhan sekunder. Dapatkah kamu urutkan jaringan penyusun batang dari dalam ke arah luar?

Tugas 2.2

Buatlah sediaan (preparat) potongan melintang batang muda monokotil dan dikotil, kemudian amati dengan mikroskop. Gambarlah hasil pengamatanmu, lengkapi dengan nama bagian-bagiannya. Bandingkan dengan hasil pengamatan sediaan awetan yang ada di sekolahmu, juga dengan gambar penampang batang yang ada dalam bukumu.

c. Jaringan Penyusun Daun

Bentuk daun umumnya tipis, datar, diperkuat oleh tulang daun, dan memiliki permukaan luas untuk menerima cahaya. Daun berfungsi untuk transpirasi dan menangkap cahaya untuk fotosintesis, yaitu perubahan energi matahari menjadi energi kimia. Pada tumbuhan dikotil, daun terdiri atas tangkai (petiola) dan helai daun (lamina), sedangkan daun monokotil tidak bertangkai, langsung melekat pada batang. Jaringan penyusun daun meliputi epidermis, mesofil (parenkim), dan berkas pembuluh seperti tampak pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Penampang melintang daun

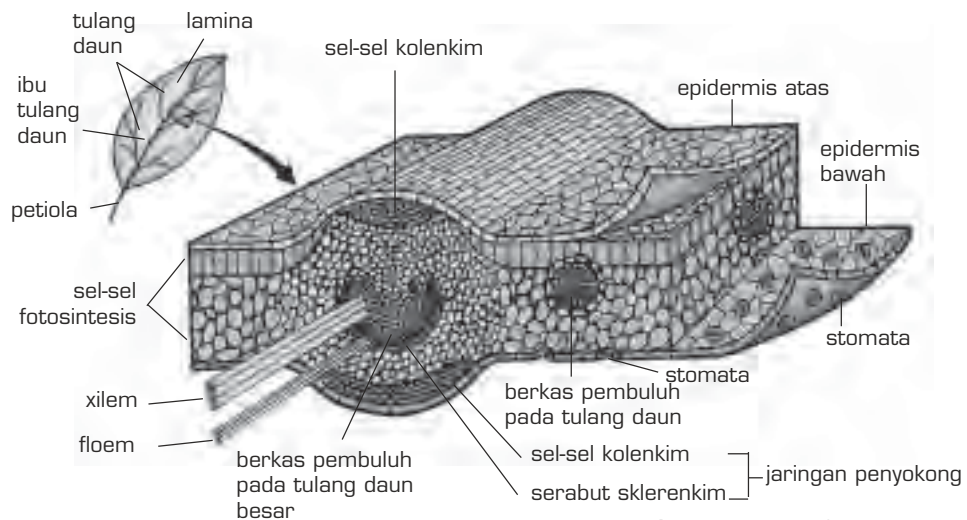
Sumber: *Essentials of Biology*, Hopson

Epidermis daun terdapat di permukaan atas dan di permukaan bawah. Umumnya terdiri atas selapis sel, tetapi ada juga yang terdiri atas beberapa lapis sel, seperti pada *Ficus* dan *Piper*. Sel-selnya berdinding tebal dan pada bagian yang menghadap ke luar dilapisi kutikula. Untuk membatasi penguapan air yang terlalu besar, kadang-kadang dapat dijumpai lapisan lilin atau rambut-rambut. Pada epidermis terdapat stomata (mulut daun), yaitu celah yang dibatasi oleh sel penutup. Stomata berfungsi sebagai tempat

keluar masuknya udara dan menghubungkan ruang-ruang antarsel di dalam jaringan parenkim dengan atmosfer. Pada tumbuhan darat, stomata terdapat di permukaan bawah daun, sedangkan pada tumbuhan air yang terapung, stomata terdapat pada permukaan atas.

Mesofil tersusun atas jaringan palisade dan jaringan spons (bunga karang). Jaringan palisade terdiri atas sel-sel panjang yang tersusun rapat secara vertikal. Sel-sel tersebut kaya akan kloroplas yang di dalamnya terdapat klorofil. Jaringan ini terdapat di bagian bawah lapisan epidermis atas. Jaringan spons (bunga karang) terdiri atas sel-sel yang bentuk dan susunannya tidak teratur, mengandung kloroplas relatif sedikit dan banyak terdapat ruang-ruang udara. Sel-sel palisade dan spons disebut sel fotosintetik.

Berkas pembuluh terdiri atas xilem dan floem, terdapat pada tulang daun. Fungsi tulang daun tidak hanya sebagai penguat dan pemberi bentuk helai daun, tetapi merupakan sistem transpor yang berhubungan dengan sistem pembuluh pada bagian lain tumbuhan. Sel-sel xilem mengalirkan air dan mineral, sedangkan sel-sel floem mengedarkan zat-zat organik hasil fotosintesis. Gambar 2.11 memperlihatkan letak berkas pembuluh pada daun. Pada dikotil, cabang-cabang halus tulang daun menyebar hampir di seluruh bagian daun. Tulang daun yang paling besar terletak di pusat helai daun, berlanjut ke tangkai daun dan bergabung dengan sistem pembuluh batang. Pada kebanyakan monokotil, tulang daun meluas secara paralel pada helai daun.



Sumber: *Essentials of Biology*, Hopson

Gambar 2.11 Berbagai jaringan pada daun

Pengetahuan tentang jaringan tumbuhan diperlukan dalam usaha memperbanyak tanaman, misalnya memperbanyak tanaman pangan untuk mengatasi kekurangan pangan atau membudidayakan tanaman langka untuk

menghindari kemusnahan. Berbagai cara perkembangbiakan dapat digunakan dalam usaha tersebut, antara lain dengan biji, stek, dan cangkok. Jika biji ditanam, akan tumbuh menjadi individu baru karena di dalamnya terdapat embrio dan cadangan makanan yang terdapat dalam keping biji atau endosperm.

Embrio merupakan bakal tanaman baru hasil peleburan ovum dan sperma dalam fertilisasi. Embrio tersusun oleh jaringan meristem yang aktif membelah diri, membentuk akar, batang, dan daun. Banyak sel yang terletak pada bagian tumbuhan yang telah dewasa memiliki kemampuan untuk kembali menjadi sel-sel meristematik dan dapat membentuk sistem akar atau tunas sehingga memungkinkan kita melakukan pembiakan dengan cara stek.

Pada stek batang, sistem akar akan tumbuh jika tunas telah tumbuh. Sistem akar terbentuk dari meristem yang ada pada berkas pembuluh. Sel-sel tersebut terus membelah diri, membentuk akar baru lengkap dengan sistem pembuluh yang berhubungan dengan berkas pembuluh pada batang. Contoh stek batang, yaitu mawar dan singkong. Pada stek daun, sistem akar dan pucuk baru terbentuk melalui regenerasi sel-sel. Sel-sel dewasa pada tulang daun atau tangkai daun kembali menjadi sel-sel meristem. Contoh stek daun, yaitu begonia dan sansevieria.

Mencangkok dilakukan pada tanaman dikotil yang berkayu, misalnya tanaman buah-buahan. Batang yang akan dicangkok dikuliti secara melingkar selebar 10 cm, kemudian sayatan kulit beserta kambiumnya dibuang. Batang tersebut tetap tumbuh karena air dan mineral dari dalam tanah tetap mengalir melalui xilem, sedangkan bahan organik hasil fotosintesis tidak dapat mengalir ke bagian bawah karena floem terputus.

Zat-zat makanan terakumulasi pada sayatan kulit bagian atas sehingga membengkak. Selanjutnya sel-sel meristem yang ada di dekat berkas pembuluh membentuk akar baru dan muncul pada bagian kulit yang membengkak. Biasanya pada bagian batang yang dikuliti dibubuhkan tanah subur (humus), lalu dibungkus dengan ijuk atau sabut. Dapatkah kamu jelaskan apa maksudnya?

Tidak semua tanaman dapat distek atau dicangkok, maka untuk tanaman tertentu diperlukan cara lain. Kini para ahli anatomi tumbuhan telah mengetahui bahwa tumbuhan memiliki sifat totipotensi, yaitu suatu kemampuan setiap sel untuk tumbuh menjadi individu baru. Pengetahuan ini dimanfaatkan para ahli untuk memperbanyak tumbuhan dengan teknik kultur jaringan.

Kultur jaringan dilakukan dengan cara mengambil jaringan meristem dari tanaman yang dikehendaki, dapat diambil dari akar, batang, daun, dan bunga. Jaringan tersebut disterilkan. Protoplasma ditumbuhkan dalam medium nutrisi yang telah diberi hormon tumbuh. Tiap protoplasma tumbuh menjadi tanaman kecil. Teknik kultur jaringan merupakan cara perbanyakan

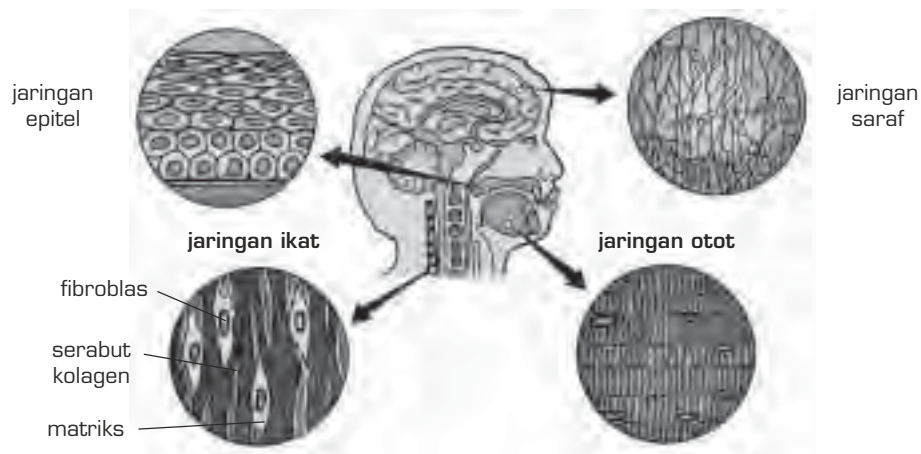
tumbuhan yang menghasilkan individu baru dalam jumlah yang banyak, dengan waktu yang singkat. Teknik kultur jaringan secara terperinci akan dibahas pada bab bioteknologi. Permasalahannya teknik kultur jaringan memerlukan ketelitian dan biaya yang tinggi sehingga sulit dijangkau masyarakat. Beberapa tanaman yang telah berhasil diperbanyak dengan teknik kultur jaringan, antara lain tanaman sereal, tanaman palem, karet, buah-buahan, dan tanaman hias seperti anggrek.

T u g a s 2.3

Kumpulkan informasi tentang kultur jaringan dari berbagai sumber (media cetak/elektronik). Buatlah karya tulis tentang kultur jaringan (salah satu tanaman yang telah berhasil diperbanyak dengan kultur jaringan).

B. Jaringan Hewan

Seperti pada tumbuhan, tubuh hewan juga multiseluler, terdiri atas bermacam-macam sel yang berbeda bentuk dan fungsinya. Sel-sel yang memiliki bentuk dan fungsi sama berkelompok membentuk jaringan. Pada hewan termasuk manusia terdapat dua kelompok jaringan, yaitu jaringan benih (germinal) dan jaringan tubuh (somatis). Jaringan benih (germinal), aktif membelah diri untuk menghasilkan benih baru. Jaringan tubuh (somatis), terdapat pada tubuh hewan atau manusia selama hidupnya. Jaringan somatis meliputi jaringan epitel, jaringan ikat, jaringan otot, dan jaringan saraf. Gambar 2.12 berikut memperlihatkan berbagai jaringan pada manusia.



Gambar 2.12 Jaringan somatis pada manusia

Sumber: *Biology*, Barrett

KEGIATAN 2.3

Mengamati Berbagai Macam Jaringan Hewan

1. Amati preparat awetan berbagai jaringan hewan vertebrata
2. Gambar hasil pengamatanmu, kemudian bandingkan bentuk dan susunan sel-selnya

Pertanyaan

1. Samakah susunan dan bentuk sel-sel yang membentuk berbagai jaringan?
2. Pada otak terdapat sel-sel saraf, apa fungsinya? Sesuikah bentuk dengan fungsinya?
3. Pada kelenjar ludah (lihat Gambar 2.12) terdapat jaringan epitel. Bagaimana bentuk dan susunan sel-selnya?

1. Jaringan Epitel

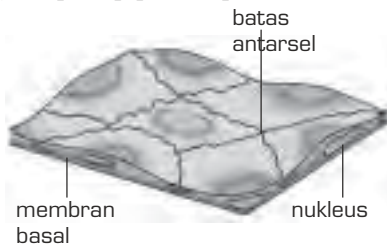
Jaringan epitel merupakan jaringan yang membatasi dua lingkungan yang berbeda seperti dinding usus dengan rongga usus, dinding kantung kemih dengan rongga kemih, yang tersusun oleh selapis sel atau beberapa lapis sel. Jaringan epitel memiliki beberapa fungsi, antara lain sebagai pelindung, kelenjar, dan reseptor.

Sebagai pelindung, jaringan epitel melindungi jaringan yang ada di bawahnya dari kerusakan mekanis karena tekanan, gesekan, radiasi ultraviolet, dan serangan mikroorganisme. Sebagai kelenjar, jaringan epitel terdapat pada saluran pencernaan yang menghasilkan enzim-enzim pencernaan. Epitelium yang melapisi saluran pernapasan mengeluarkan mukus atau lendir untuk menangkap partikel-partikel debu yang masuk dan sebagai pelindung dari kekeringan. Sebagai reseptor, epitelium yang terdapat pada alat indra berfungsi untuk menerima rangsang. Pada beberapa bagian tubuh, macam-macam sel yang berbeda berbaur sehingga sulit diklasifikasikan. Berdasarkan bentuk dan susunannya, jaringan epitel dibedakan menjadi jaringan epitel sederhana, jaringan epitel berlapis, dan jaringan epitel kelenjar.

a. Jaringan Epitel Sederhana

Jaringan epitel sederhana terdiri atas selapis sel. Berdasarkan bentuk sel-sel penyusunnya, jaringan ini diklasifikasikan sebagai berikut.

1) Epitel pipih selapis

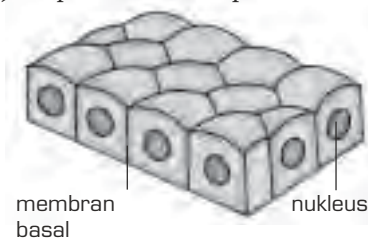


Sumber: *Biological Science*, Green

Sel-sel epitel ini pipih dan tipis, berisi sedikit sitoplasma yang membungkus inti di bagian tengah. Terdapat pada alveoli lapisan dalam pembuluh darah, pembuluh limfe, dan merupakan dinding pembuluh kapiler (Gambar 2.13).

Gambar 2.13 Epitel pipih selapis

2) Epitel kubus selapis

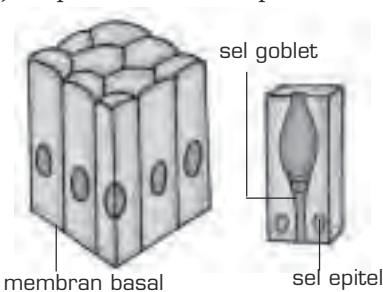


Sumber: *Biological Science*, Green

Epitel ini terdapat pada saluran kelenjar ludah, kelenjar keringat, saluran ginjal, dan kelenjar gondok (Gambar 2.14).

Gambar 2.14 Epitel kubus selapis

3) Epitel silindris selapis

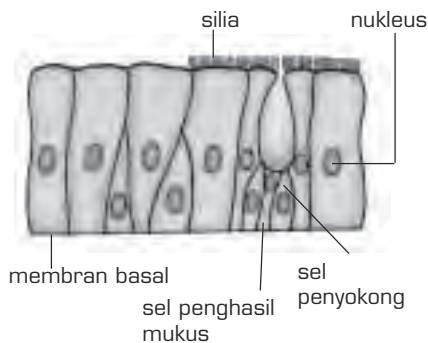


Sumber: *Biological Science*, Green

Epitel ini terdiri atas selapis sel berbentuk panjang dan sempit. Jaringan ini melapisi seluruh saluran pencernaan yang diselingi oleh sel goblet yang menghasilkan mukus (lendir) untuk melindungi lambung dari asam lambung (Gambar 2.15).

Gambar 2.15 Epitel silindris selapis

4) Epitel berlapis semu

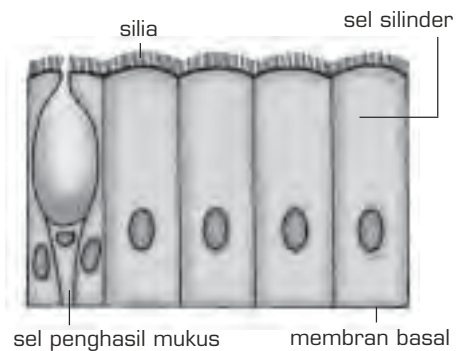


Sumber: *Biological Science*, Green

Jika kita perhatikan penampang jaringan ini (Gambar 2.16), akan tampak beberapa sel dengan ketinggian berbeda karena tidak semua sel mencapai permukaan yang bebas. Meskipun demikian, epitel ini terdiri atas selapis sel-sel tebal dan tiap-tiap selnya melekat pada membran basal. Jaringan epitelium ini dapat kita jumpai pada saluran kencing dan tenggorokan, uretra jantan, saluran reproduksi jantan, serta epididimis (saluran sperma).

Gambar 2.16 Epitel berlapis semu

5) Epitel selapis bersilia

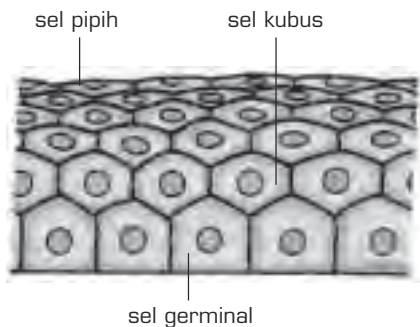


Sumber: *Biological Science*, Green

Epitel bersilia terdiri atas sel-sel yang berbentuk silindris dengan silia pada tepi luarnya. Getaran silia menimbulkan aliran. Jaringan ini terdapat pada saluran telur, uterus, dan saluran pernapasan atas, Lihat Gambar 2.17.

Gambar 2.17 Epitel bersilia

b. Jaringan Epitel Berlapis



Sumber: *Biological Science*

Gambar 2.18 Epitel lapis

Jaringan epitel berlapis terdiri atas beberapa lapis sel. Jika dibandingkan dengan epitel sederhana, jaringan ini memiliki bentuk dan susunan lebih kuat. Jaringan epitel berlapis meliputi epitel pipih berlapis yang terdapat pada sebagian esofagus; epitel kubus berlapis, yang terdapat pada saluran kelenjar keringat; dan epitel silindris berlapis yang terdapat pada saluran kelenjar susu, kelenjar ludah submandibula (Gambar 2.18).

c. Jaringan Epitel Kelenjar

Di antara sel-sel epitel dijumpai sel-sel goblet atau sekelompok sel goblet yang membentuk kelenjar bersel banyak. Epitelium yang banyak mengandung sel-sel goblet disebut membran mukosa. Ada dua tipe kelenjar, yaitu eksokrin dan endokrin. Disebut eksokrin jika sekresi kelenjar dialirkan ke permukaan melalui saluran, dan disebut endokrin jika sekresi kelenjar langsung masuk ke aliran darah. Kelenjar endokrin tidak memiliki saluran, misalnya kelenjar hormon. Macam-macam kelenjar eksokrin dapat kamu pelajari pada tabel berikut.

Tabel 2.2 Berbagai Tipe Kelenjar

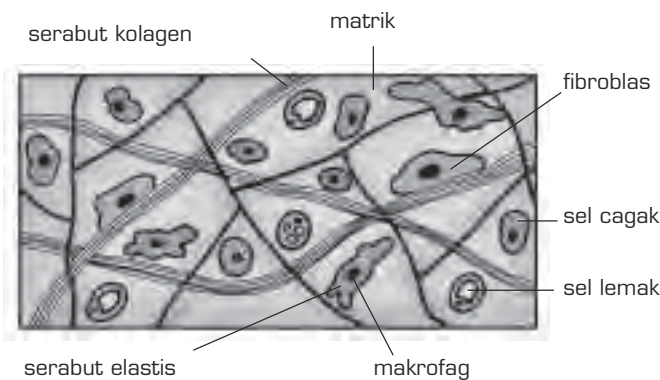
Tipe Kelenjar	Struktur	Tempat
Tubular sederhana		Kelenjar pada usus halus vertebrata tinggi
Tubular melingkar		Kelenjar keringat manusia
Tubular bercabang		Bagian fundus pada lambung Kelenjar brunner pada usus halus mamalia
Tubular majemuk		Kelenjar brunner pada mamalia Kelenjar ludah
Alveolus sederhana		Kelenjar mukus pada kulit katak
Alveolus bercabang		Kelenjar sebacea pada kulit mamalia
Alveolus majemuk		Kelenjar susu Kelenjar pankreas
Tubular alveolus majemuk		Kelenjar ludah Kelenjar susu

Sumber: *Biology*, Barrett

3. Jaringan Ikat

Jaringan ikat merupakan penyokong utama tubuh hewan dan manusia. Sel-selnya berada dalam sejumlah besar matriks (bahan ekstraseluler) yang diekskresikan oleh sel-sel penyusunnya. Selain sebagai pembungkus dan pengikat berbagai organ tubuh, jaringan ini memiliki banyak fungsi, seperti melindungi tubuh dari serangan bakteri (jaringan ikat longgar), menghindari kehilangan panas (adiposum), memberi bentuk pada tubuh (skeleton) dan memproduksi darah (jaringan darah/hemopoietik). Jaringan ikat meliputi jaringan ikat sebenarnya, jaringan skeleton, dan jaringan darah.

a. Jaringan Ikat sebenarnya



Sumber: *Essentials of Biology*, Hopson

Gambar 2.19 Jaringan ikat longgar

Jaringan ini terdapat di seluruh bagian tubuh, di bawah kulit menghubungkan berbagai organ dan mengisi ruang antarjaringan yang berdekatan. Berdasarkan susunannya, jaringan ikat dibedakan atas *jaringan ikat longgar*, *jaringan ikat padat*, dan *jaringan lemak* (jaringan adiposum).

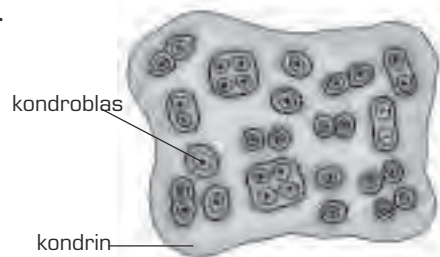
Jaringan ikat longgar terdiri atas matriks (substansi dasar) yang mengandung macam-macam sel dan serabut, seperti tampak pada Gambar 2.19. Di dalam matriks terdapat 4 macam sel, yaitu *fibroblas* yang menghasilkan serabut kolagen, serabut elastis, dan matriks, sel cagak (*mast cell*) penghasil heparin (antipembekuan), sel lemak yang menimbun lemak, dan makrofag (sel ameboid yang memakan partikel asing), hal ini penting untuk melindungi tubuh dari bibit penyakit. Selain itu, dalam matriks juga terdapat dua macam serabut, yaitu serabut kolagen berupa berkas serabut yang fleksibel, tetapi tidak elastis dan serabut elastis yang fleksibel dan elastis. Serabut ini membentuk semacam jaring pada matriks. Fungsi jaringan ini menghubungkan berbagai jaringan, misalnya kulit dengan struktur di bawahnya.

Jaringan ikat padat dibedakan antara jaringan ikat kolagen dan jaringan ikat elastis. Tendon yang melekatkan otot pada tulang merupakan contoh jaringan ikat kolagen, matriksnya mengandung berkas serabut kolagen yang padat, contoh lain aponeurosis. Pada jaringan ikat elastis matriks hanya mengandung serabut elastis, jaringan ini terdapat pada ligamen yang mengikat tulang-tulang dalam persendian, paru-paru, dinding trakea, pita suara.

Jaringan lemak (adiposum) dalam matriks hanya sel-sel lemak, penting untuk menyimpan lemak cadangan. Pada kulit, adiposum berfungsi untuk mencegah kehilangan panas. Berbagai organ lunak, seperti jantung dan ginjal dikelilingi jaringan lemak sebagai pelindung.

b. Jaringan Skeleton

Skeleton berfungsi untuk penyokong tubuh, dilengkapi dengan rangka yang kaku. Seperti pada jaringan ikat, jaringan ini terdiri atas sel-sel yang terletak dalam matriks organik, tetapi matriksnya lebih keras. Pada vertebrata terdapat dua macam jaringan skeleton, yaitu tulang rawan (kartilago) dan tulang keras. Ikan bertulang rawan, seperti hiu dan ikan pari, seluruh rangkanya terdiri dari tulang rawan. Mamalia yang rangkanya sebagian besar tulang keras, memiliki tulang rawan pada persendian dan cawan-cawan antarvertebra.



Sumber: *Essentials of Biology*, Hopson

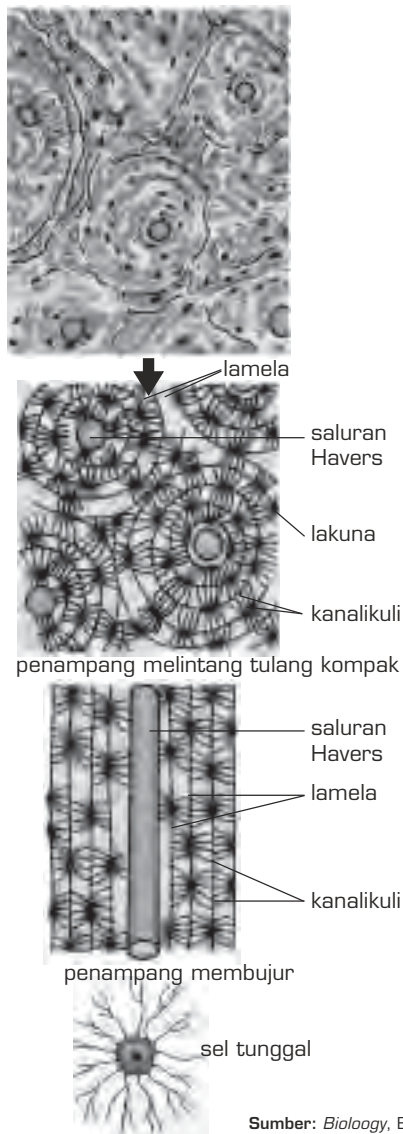
Gambar 2.20 Rawan hialin

Tulang rawan (kartilago) tersusun oleh matriks organik yang mengandung sel-sel *kondroblas*. Sel-sel kondroblas menghasilkan matriks yang disebut *kondrin*. Tulang rawan dibedakan atas rawan hialin, rawan elastis, dan rawan fibrosa. *Rawan hialin*, matriksnya semitransparan mengandung kondroitin sulfat, perhatikan Gambar 2.20. Rawan hialin terdapat pada ujung-ujung tulang pipa, tulang rusuk, hidung, saluran pernapasan (laring, trakea, dan bronkus), dan rangka embrio.

Rawan elastik, matriksnya agak keruh, mengandung serabut elastik kuning. Jika dibengkokkan, terasa lentur dan mudah kembali ke bentuk semula, contoh daun telinga, epiglottis, pembuluh Eustachius, tulang rawan pada faring. *Rawan fibrosa*, mengandung banyak berkas serabut kolagen yang padat dalam matriksnya, memiliki daya regang yang lebih kuat daripada rawan hialin, contoh diskus antarruas tulang belakang dan simfisis pubis (persambungan tulang kemaluan).

Tulang keras, lebih keras daripada tulang rawan karena matriksnya sebagian besar (70%) terdiri atas garam-garam anorganik terutama kalsium sulfat, 30% terdiri atas zat organik terutama serabut kolagen. Sel pembentuk tulang disebut osteoblas, yang menyekresikan bahan organik dan garam fosfat serta karbonat. Setelah sekeliling osteoblas menjadi keras, osteoblas dinamai osteosit. Berdasarkan susunan matriksnya, jaringan tulang keras dibedakan menjadi jaringan tulang kompak dan jaringan tulang spons (bunga karang).

Tulang kompak, disebut demikian karena memiliki matriks yang padat. Gambar 2.21 merupakan penampang melintang jaringan tulang kompak.



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 2.21 Tulang kompak

Pada gambar tampak sejumlah lamela konsentris mengelilingi sebuah saluran Havers. Pada lamela terdapat sejumlah lakuna berisi osteosit. Dari tiap lakuna memancar sejumlah saluran halus berisi sitoplasma disebut kanalikuli yang menghubungkan lakuna yang satu dengan lakuna yang lain. Hubungan ini berfungsi sebagai transportasi nutrisi.

Di dalam saluran Havers terdapat pembuluh darah yang mengangkut nutrisi, gas pernapasan, serta zat-zat sisa dari dan ke osteosit. Saluran Havers juga mengandung pembuluh limfe dan serabut saraf yang terbungkus oleh jaringan ikat. Pada permukaan luar periostium dan permukaan dalam tulang, lamela tidak membentuk lingkaran. Di daerah ini terdapat saluran Volkman. Saluran ini mengandung pembuluh darah yang berhubungan dengan pembuluh darah di dalam saluran Havers.

Matriks tulang kompak terdiri atas kolagen yang dihasilkan oleh osteoblas, dan bahan-bahan anorganik. Kombinasi antara zat organik dan zat anorganik menghasilkan sebuah struktur yang kuat. Jaringan tulang kompak terdapat di sepanjang tulang pipa. Jaringan yang memiliki komposisi hampir sama dengan

tulang kompak adalah *dentin* yang terletak di antara email dan pulpa gigi. Matriksnya lebih keras daripada tulang kompak karena mengandung 75% bahan anorganik.

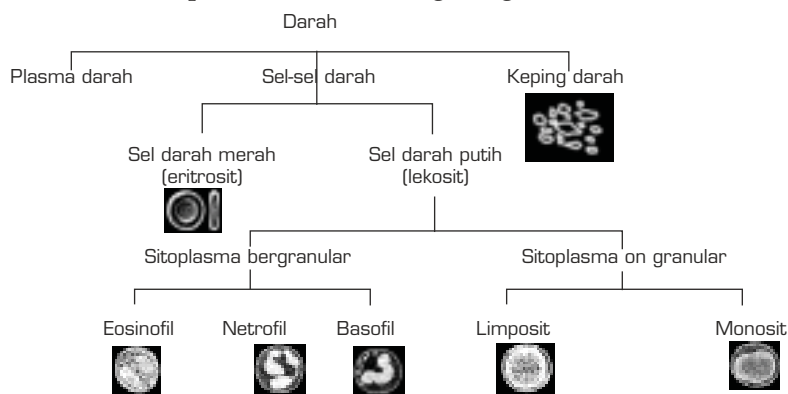
Tulang spons (bunga karang) memiliki matriks yang mengandung lebih sedikit bahan anorganik (60-65%) dibandingkan dengan tulang kompak. Matriksnya berongga, berisi sumsum merah yang memproduksi sel-sel darah. Tulang spons terdapat pada epifisis tulang pipa, tulang pipih, dan tulang pendek.

c. Jaringan Darah dan Limfe

Jaringan darah tersusun oleh sel-sel darah merah (eritrosit), sel-sel darah putih (leukosit), dan keping-keping darah, berada dalam cairan yang disebut plasma. Plasma darah terdiri atas air yang mengandung berbagai zat terlarut yang dialirkan dari satu bagian tubuh ke bagian tubuh lain. Bahan makanan (glukosa, lemak, asam amino) dibawa dari usus ke hati, urea dari hati ke ginjal, dan hormon dari kelenjar buntu ke berbagai organ yang menjadi target.

Sel darah merah (eritrosit) fungsi utamanya adalah membawa oksigen dari organ respirasi ke berbagai jaringan. Sel darah putih (leukosit) berfungsi untuk membunuh bibit penyakit. Leukosit dibedakan atas eosinofil, netrofil, basofil (dihasilkan oleh sumsum merah) dan limfosit, monosit (dihasilkan oleh jaringan limfoid). Jaringan sumsum merah dan limfoid disebut jaringan hemopoitik).

Keping darah berperan dalam pembekuan darah. Untuk jelasnya, pelajari bagan darah pada Gambar 2.22. Limfe (getah bening) mengandung zat-zat seperti plasma dengan konsentrasi yang berbeda. Di dalam limfe tidak ada sel darah merah, tetapi ada limfosit sebagai fagosit.



Gambar 2.22 Jaringan darah

Sumber: *Advanced Biology*, Clegg

Limfe (getah bening), mengandung zat-zat seperti plasma dengan konsentrasi yang berbeda.. Di dalam limfe tidak ada sel darah merah, tetapi ada limfosit sebagai fagosit.

3. Jaringan Otot

Kira-kira 40% dari berat tubuh manusia terdiri atas jaringan otot yang berasal dari lapisan embrional, dibangun oleh sel-sel khusus yang mampu berkontraksi karena mengandung miofibril sebagai elemen kontraktil. Karena kemampuannya berkontraksi, jaringan otot berfungsi sebagai alat gerak aktif.

Pada vertebrata termasuk manusia, gerakan anggota gerak dan tubuh secara keseluruhan disebabkan oleh kontraksi otot yang melekat pada rangka, sedangkan pada organ yang berongga seperti saluran pencernaan dan pembuluh darah, terdapat jaringan otot yang berkontraksi untuk menekan isi organ tersebut sehingga terjadi gerakan makanan dalam usus dan aliran darah ke seluruh tubuh. Berdasarkan struktur dan cara kerjanya ada tiga macam otot, yaitu otot polos, otot lurik, dan otot jantung.

a. Otot Polos



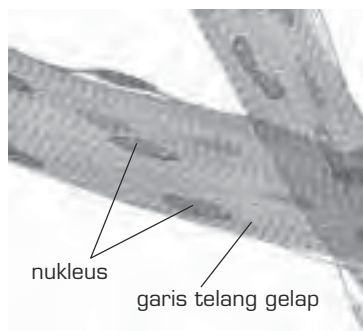
Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 2.23 Otot polos

Otot polos dibangun oleh sel-sel yang berbentuk kumparan, dengan satu inti di tengah. Sitoplasma (sarkoplasma) mengandung miofilamen yang tidak teratur karena itu tidak kelihatan lurik atau polos. Memendeknya miofilamen menyebabkan otot berkontraksi. Otot polos berkontraksi di luar kesadaran kita, gerakannya dapat terus-menerus, lambat tetapi tidak mudah lelah.

Jaringan otot polos antara lain terdapat pada dinding pembuluh darah, saluran pencernaan makanan, dan saluran telur. Jenis otot seperti ini terdapat juga pada hewan invertebrata.

b. Otot Lurik



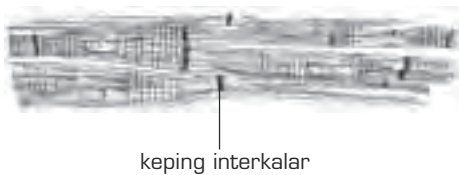
Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 2.24 Otot lurik

Otot lurik disebut juga otot rangka karena melekat pada rangka atau tulang. Jaringan ini tersusun oleh serabut-serabut otot (sel-sel otot), mengandung banyak inti yang terletak di bagian tepi. Miofilamen susunannya teratur, hal ini tampak pada pengamatan preparat dengan menggunakan mikroskop, membentuk garis-garis melintang terang dan gelap. Oleh karena itu, otot

rangka disebut juga *otot serat lintang* (otot lurik). Serabut-serabut otot berkelompok membentuk kumpulan serabut yang disebut fasikulum, kemudian saling bergabung membentuk otot atau daging. Kontraksi otot lurik cepat dan kuat, di bawah kesadaran kita. Contoh otot bisep dan trisep pada lengan atas.

c. Otot Jantung



Sumber: *Biology*, Barrett

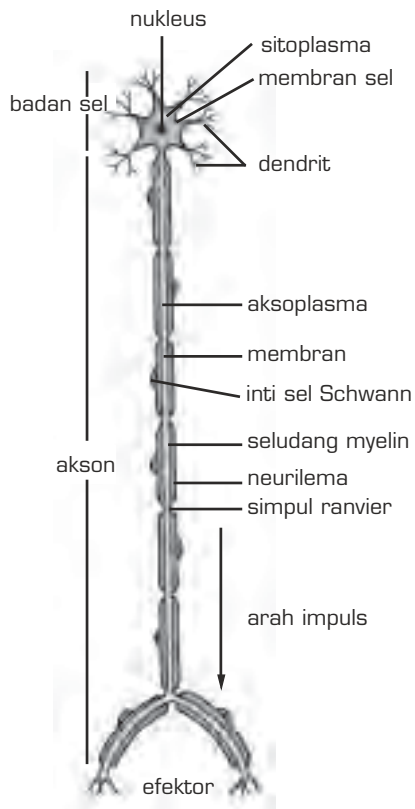
Gambar 2.25 Otot jantung

Miofilamen otot jantung tersusun seperti pada otot lurik. Sel otot jantung berinti satu, letaknya di tengah. Tiap sel dihubungkan dengan sel lainnya dengan keping interkalar. Sel-sel otot jantung bercabang-cabang. Cabang sel satu dengan yang lain saling melekat. Kontraksi otot jantung teratur, lambat, dan di luar kesadaran kita. Mempunyai periode istirahat yang panjang sehingga otot jantung tidak mengalami kejang. Jaringan otot ini hanya terdapat pada jantung.

4. Jaringan Saraf

Jaringan saraf tersusun oleh kumpulan sel saraf yang disebut neuron. Neuron merupakan kesatuan fungsional dari sistem saraf yang memiliki konduktivitas (kemampuan menghantar impuls) sehingga terjadi komunikasi antara reseptor (sel atau organ yang menerima rangsang, seperti sel-sel saraf sensorik pada kulit) dan efektor (jaringan atau organ yang mereaksi rangsang, seperti otot atau kelenjar). Jaringan saraf juga memiliki sel-sel reseptor yang terbungkus oleh jaringan ikat.

Berdasarkan fungsinya ada tiga macam neuron, yaitu neuron sensorik, neuron motorik, dan neuron penghubung. Neuron yang menyampaikan impuls ke pusat saraf (otak dan sumsum tulang belakang) disebut neuron aferen atau neuron sensorik, sedangkan neuron eferen atau neuron motorik membawa impuls ke luar dari pusat saraf. Neuron penghubung menghubungkan neuron sensorik dengan neuron motorik. Neuron ini memiliki dendrit ataupun akson yang berhubungan dengan neuron lain. Struktur neuron dapat kamu pelajari pada Gambar 2.26.

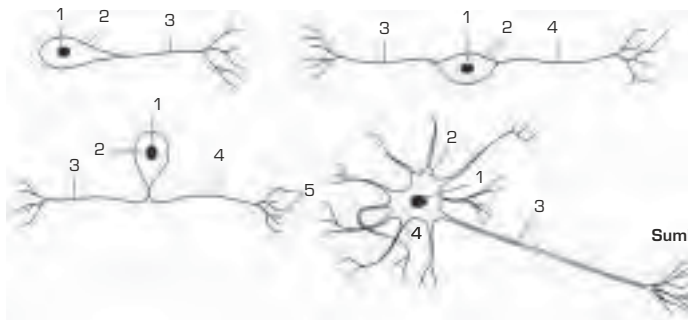


Sumber: *Essentials of Biology*, Hopson

Gambar 2.26 Neuron motorik

sel Schwann berperan dalam nutrisi, regenerasi akson yang rusak atau putus dan membentuk selaput mielin. Di antara dua sel Schwann terdapat node of Ranvier (simpul Ranvier).

Berdasarkan strukturnya terdapat beberapa tipe neuron seperti tampak pada Gambar 2.27. Salin dan lengkapi gambar dengan nama bagian-bagiannya sesuai dengan nomor, bubuhkan juga tanda panah sesuai dengan arah impuls. Kemudian jelaskan perbedaan keempat neuron tersebut.



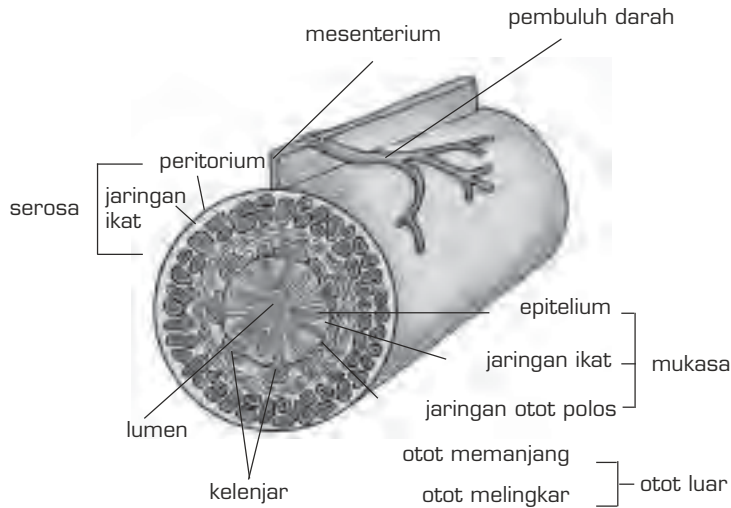
Sumber: *Essentials of Biology*, Hopson

Gambar 2.27 berbagai tipe neuron

Gambar 2.26 memperlihatkan sebuah neuron motorik yang terdiri atas badan sel dengan inti yang terletak di tengah. Pada sitoplasma terdapat butir-butir *Nissl* yang banyak mengandung RNA untuk sintesis protein, dan badan golgi. Uluran sitoplasma dari badan sel yang ujungnya bercabang-cabang halus disebut dendrit. Dendrit berfungsi menghantar impuls ke badan sel. Uluran sitoplasma yang lebih panjang disebut akson (neurit) yang menghantar impuls dari badan sel ke neuron lain atau ke efektor.

Tiap akson berisi aksoplasma yang berhubungan dengan sitoplasma pada badan sel, dan terbungkus oleh selaput tipis yang merupakan kelanjutan dari membran plasma pada badan sel. Akson ataupun dendrit yang berukuran panjang dilapisi seludang mielin yang berfungsi sebagai isolator. Di sebelah luarnya dibungkus oleh selaput neurilemma,

Dalam tubuh vertebrata atau manusia terdapat berbagai organ yang tersusun oleh berbagai jaringan. Dapatkah kamu sebutkan organ-organ tersebut? Sebagai contoh akan kita pelajari susunan jaringan pada saluran pencernaan melalui Gambar 2.28.



Sumber: *Essentials of Biology*, Hopson

Gambar 2.28 Anatomi saluran pencernaan

Berdasarkan Gambar 2.28, urutkan jaringan penyusun saluran pencernaan mulai dari dalam ke arah luar. Apa fungsi pembuluh darah pada dinding usus? Kelenjar pencernaan yang menghasilkan enzim merupakan jaringan apa? Apa peran jaringan otot dinding usus?

Kamu dapat mengamati organ dalaman vertebrata dengan pembedahan melalui kegiatan berikut.

KEGIATAN 2.4

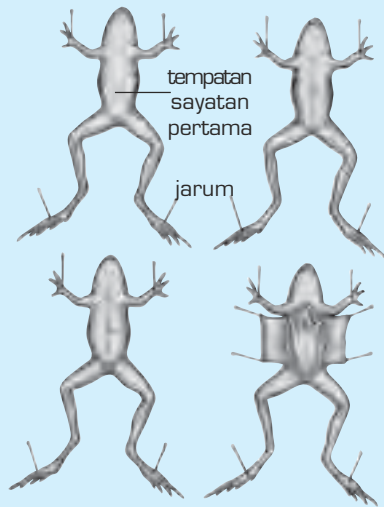
Mengamati Organ Dalaman Katak

Sebaiknya kegiatan ini dikerjakan per kelompok, tiap kelompok harus mempersiapkan seekor katak, satu set alat bedah, baki bedah (baki logam yang telah diisi lilin atau styrofoam), jarum pentul besar, botol jus besar (stoples), kapas, dan kloroform.

Cara Kerja

1. Siapkan stoples berisi kapas yang telah ditetesi kloroform.
2. Masukkan katak ke dalam stoples tersebut, lalu tutup, biarkan selama 5-10 menit.

3. Letakkan katak pada baki bedah seperti pada gambar berikut.



4. Guntinglah kulit katak mulai dari bagian tengah perut (A).
5. Ikuti tahapan selanjutnya seperti pada gambar (B, C, D).
6. Guntinglah selaput pembungkus organ dalaman katak, maka akan tampak berbagai organ.
7. Amati dengan cermat bagian-bagian tiap organ.
8. Angkatlah organ yang terletak di atas agar kamu dapat melihat organ yang ada di bagian punggung.
9. Catatlah nama-nama organ yang dapat kamu amati.

Pertanyaan

1. Di mana letak jantung?
2. Ada berapa bagian paru-paru dan hati? Jelaskan!
3. Sebutkan bagian-bagian saluran pencernaan!
4. Organ apa yang terletak di kiri dan kanan ruas tulang belakang? Ada berapa jumlahnya?
5. Jaringan otot apa yang terdapat pada anggota gerak?

Tentu kamu pernah mendengar penyakit tumor atau kanker yang menyerang berbagai organ tubuh manusia. Penyakit tersebut merupakan pertumbuhan jaringan yang tak terkendali, akibat proses pembelahan sel yang tidak normal. Proses pembelahan sel yang tidak normal akan membentuk sel abnormal berupa tonjolan yang disebut *tumor*. Jika tumor tumbuh, menyerang dan menyebar pada jaringan yang sehat, tumor tersebut disebut *tumor ganas* atau *kanker*. Ada beberapa faktor yang memengaruhi perkembangan sel abnormal dalam tubuh, antara lain:

- a. Faktor genetik, seseorang yang memiliki riwayat (keturunan) penyakit kanker mempunyai risiko lebih besar terkena penyakit ini dibanding dengan seseorang yang tidak memiliki riwayat (keturunan) penyakit ini.
- b. Faktor kekebalan (imunitas), di dalam tubuh yang sehat sistem kekebalan mampu mengenali benda asing yang masuk ke dalam tubuh dan

memusnahkannya. Namun, jika ada gangguan pada sistem kekebalan, keberadaan benda asing tidak terkontrol, sel tumor pun akan tumbuh dan berkembang dengan bebas.

- c. Faktor makanan, menurut penelitian 80 - 90% penyebab berbagai kanker berkaitan dengan makanan. Beberapa makanan jika dikonsumsi secara berlebihan dapat menjadi pencetus munculnya sel kanker, misalnya makanan yang diasap, makanan yang diasin atau diacar, makanan yang diawetkan, dan makanan yang mengandung bahan-bahan kimia (zat pewarna dan perasa buatan).

Dalam bidang kedokteran pengetahuan tentang jaringan manusia (anatomi manusia) diperlukan, antara lain dalam transplantasi organ, misalnya untuk menyembuhkan luka bakar, dapat dilakukan transplantasi kulit; kornea mata yang rusak dapat diganti dengan kornea mata orang lain. Namun, masalahnya kalau terjadi penolakan dari tubuh si penerima (resipien). Di sinilah pengetahuan tentang anatomi manusia diperlukan di samping pengetahuan lain yang berkaitan dengan transplantasi organ.

Umumnya transplantasi kulit dilakukan dengan mengambil jaringan kulit dari individu yang sama, cara ini disebut autograf. Jika organ yang akan ditransplantasikan berasal dari individu lain yang memiliki genetik identik, misalnya antara dua orang kembar disebut isograf. Kebanyakan transplantasi organ pada manusia adalah alograf, dilakukan dengan memindahkan organ dari suatu individu ke individu lain yang berbeda genetik, tetapi satu spesies, misalnya antara manusia dan manusia. Dapat juga terjadi transplantasi organ antara dua individu dari spesies yang berbeda, misalnya antara manusia dan simpanse, transplantasi ini disebut xenograf. Semua tipe transplantasi itu baru berhasil jika tidak ada penolakan dari resipien terhadap jaringan dari donor. Dapatkah kamu sebutkan peranan lain histologi bagi kehidupan?

INFO BIOLOGI

Cara Membuat Sayatan Jaringan

Bagaimana cara membuat sayatan jaringan dengan menggunakan mikrotom? Caranya adalah sebagai berikut.

Sampel terlebih dahulu diberi pengawet dan diwarnai dengan tinta atau zat pewarna lain kemudian dicelupkan pada lilin. Oleh mikrotom bongkahan sampel tersebut dibawa ke mata pisau untuk selanjutnya di potong menjadi sayatan gabus.

Rangkuman

1. Jaringan pada tumbuhan dibedakan antara jaringan meristem dengan jaringan permanen.
2. Jaringan meristem primer merupakan lanjutan dari pertumbuhan embrio, contoh: meristem pada ujung akar, ujung batang, kuncup.
3. Jaringan meristem sekunder adalah jaringan dewasa yang telah terdiferensiasi namun aktif membelah (bersifat meristematis), contoh kambium yang menyebabkan pertumbuhan sekunder pada tumbuhan dikotil.
4. Jaringan parenkim terdapat pada sebagian besar tubuh tumbuhan, pada bagian tertentu sel-sel parenkim terdiferensiasi menjadi jaringan epidermis, mesofil, endodermis, dan perisikel.
5. Jaringan kolenkim dan jaringan sklerenkim berfungsi sebagai penyokong.
6. Xilem berfungsi sebagai penyokong dan pengangkut, terdiri atas trakeid, trakea, parenkim xilem dan serabut xilem.
7. Floem terdiri atas buluh tapis, sel pengiring, parenkim floem, dan serabut floem. Berfungsi sebagai pengangkut zat-zat makanan hasil fotosintesis.
8. Anatomi akar monokotil dan dikotil hampir sama, terdiri atas epidermis, korteks, endodermis, dan silinder pusat (stele).
9. Jaringan pada batang dikotil tersusun secara konsentris terdiri atas epidermis, korteks, jaringan pengangkut, dan empulur, pada batang monokotil berkas pembuluh menyebar.
10. Pertumbuhan primer disebabkan oleh aktivitas titik tumbuh primer (pertumbuhan akar dan batang).
11. Pertumbuhan sekunder disebabkan oleh aktivitas kambium, hanya terdapat pada dikotil.
12. Jaringan penyusun daun meliputi epidermis, mesofil, berkas pembuluh angkut. Mesofil merupakan jaringan fotosintesis.
13. Jaringan pada hewan dan manusia dibedakan antara jaringan benih (germinal) dan jaringan tubuh (somatis).
14. Jaringan somatis meliputi jaringan epitel, jaringan penunjang, jaringan otot, dan jaringan saraf.
15. Jaringan epitel berfungsi sebagai pelindung, kelenjar dan reseptor.
16. Jaringan penunjang berfungsi sebagai penyokong, dan pelindung, meliputi jaringan ikat, jaringan skeleton dan jaringan darah.

17. Jaringan otot berfungsi sebagai alat gerak aktif, dibedakan antara otot polos, otot lurik, dan otot jantung.
18. Neuron adalah kumpulan sel-sel saraf, merupakan kesatuan fungsional dari sistem saraf yang memiliki konduktifitas.
19. Berdasarkan fungsinya dibedakan 3 macam neuron, yaitu neuron sensorik, neuron motorik, dan neuron intermunsial. Berdasarkan strukturnya ada 4 tipe neuron, yaitu neuron unipolar, neuron bipolar, multipolar, dan pseudonipolar.
20. Neuron terdiri atas badan sel berisi sitoplasma dan inti, dendron berfungsi menghantar impuls ke badan sel, akson berfungsi menghantar impuls dari badan sel ke neuron lain atau efektor.

Kata Kunci

alveolus
bikonkaf
empulur
epifisis
esofagus
fagosit
hemoglobin
interkalar

mielin
neurilema
plasma
sel globlet
silindris
transplantasi

Evaluasi Akhir Bab

A. Pilih jawaban yang paling tepat.

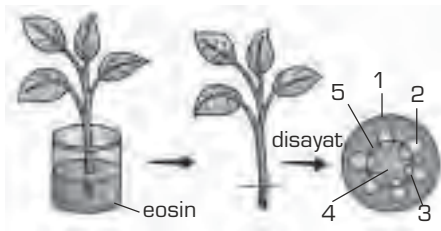
1. Pernyataan mana yang bukan merupakan ciri epidermis?
 - A. Letak antarsel rapat
 - B. Bentuk sel menyerupai balok
 - C. Umumnya hanya satu lapis sel
 - D. Mengandung klorofil
 - E. Terletak pada permukaan luar organ
2. Jaringan mana yang paling banyak berperan dalam proses fotosintesis?
 - A. Jaringan palisade
 - B. Jaringan bunga karang
 - C. Jaringan epidermis
 - D. Mulut daun
 - E. Kambium

3. Pelajari tabel berikut.

No.	Nama Jaringan	Fungsi
I.	Epidermis	Penyokong
II.	Parenkim	Tempat menyimpan makanan
III.	Kolenkim	Transpor air dan mineral
IV.	Meristem	Pertumbuhan

Pernyataan mana yang benar?

- A. I dan II
B. I dan III
C. I dan III
D. II dan IV
E. III dan IV
4. Batang tanaman balsemin direndam dalam larutan eosin (warna merah). Setelah beberapa lama, batang tersebut disayat melintang setipis mungkin, kemudian diamati dengan mikroskop (lihat gambar)

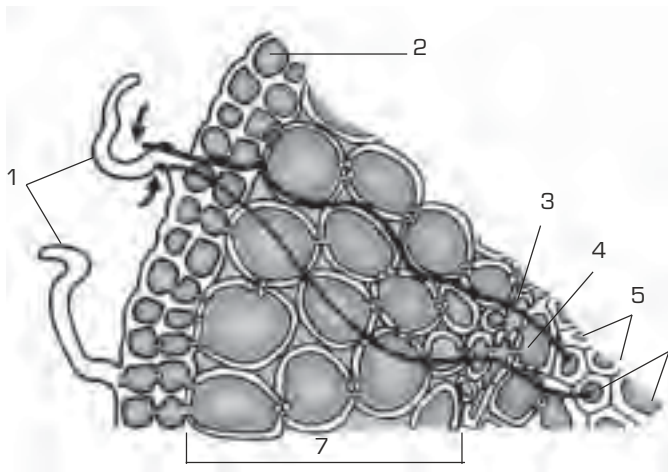


Jaringan mana yang berwarna merah?

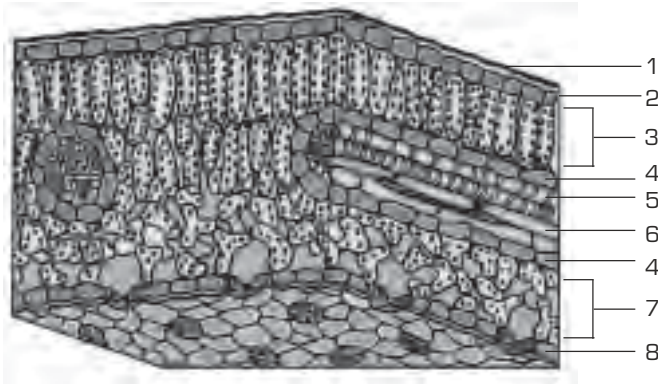
- A. 1
B. 2
C. 3
D. 4
E. 5
5. Jika kita membuat sayatan melintang akar tumbuhan dikotil, kemudian diamati dengan mikroskop, akan terlihat susunan anatomis akar dikotil sebagai berikut: 1. stele, 2. korteks, 3. epidermis, 4. endodermis. Urutan mana yang menunjukkan susunan anatomis akar dikotil dari luar ke dalam?
- A. 3-2-4-1
B. 1-4-3-2
C. 4-3-1-2
D. 1-3-2-4
E. 3-1-4-2
6. Bertambah tingginya batang jagung merupakan akibat terjadinya aktivitas . . .
- A. meristem pada titik tumbuh
B. pertumbuhan sekunder dari batang
C. tumbuhnya kambium
D. terbentuknya xilem sekunder
E. terbentuknya floem sekunder

7. Pernyataan mana yang merupakan fungsi lapisan kutikula?
- A. Membantu proses fotosintesis
 - B. Membantu mengalirkan air
 - C. Mencegah penguapan
 - D. Melindungi daun yang masih muda
 - E. Membantu penyerapan air

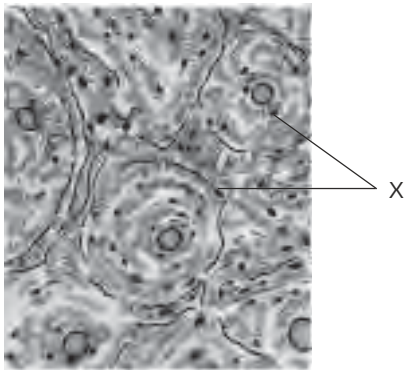
Untuk soal nomor 8 dan 9, perhatikan gambar penampang akar berikut ini.



8. Air dan garam tanah masuk melalui
- A. 1
 - B. 2
 - C. 3
 - D. 4
 - E. 5
9. Silinder pusat (stele) meliputi jaringan
- A. 2-3-4-5
 - B. 3-4-5-6
 - C. 2-7-3-4
 - D. 4-5-6-7
 - E. 5-6-7-2



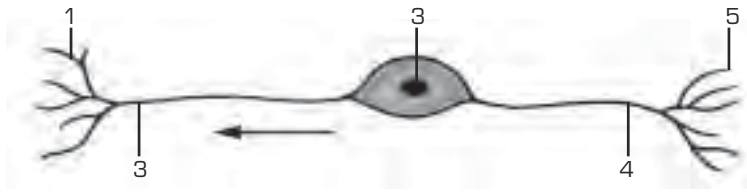
10. Berdasarkan, gambar di atas jaringan manakah yang merupakan jaringan pengangkut?
- A. 1 dan 2
B. 2 dan 3
C. 5 dan 6
D. 4 dan 5
E. 7 dan 8
11. Pernyataan manakah yang sesuai untuk menjelaskan pengertian meristem?
- A. Sekumpulan sel yang bentuk dan fungsinya sama
B. Sekelompok sel muda yang selalu membelah
C. Jaringan tua yang telah mati
D. Jaringan muda yang belum terdiferensiasi
E. Jaringan dewasa yang telah terdiferensiasi
12. Perhatikan gambar jaringan tulang berikut. Bagian yang bertanda X adalah . . .



- A. saluran Havers
B. lakuna
C. kanalikuli
D. lamela
E. matriks

13. Termasuk jaringan apakah tendon?
- A. Jaringan ikat kolagen
B. Jaringan ikat elastis
C. Rawan hialin
D. Rawan fibrosa
E. Jaringan lemak

Soal no. 19 dan 20 berdasarkan gambar saraf berikut.



14. Berdasarkan strukturnya neuron tersebut termasuk tipe
 - A. unipolar
 - B. tripolar
 - C. bipolar
 - D. pseudounipolar
 - E. multipolar
15. Akson ditunjukkan oleh nomor
 - A. 1
 - B. 2
 - C. 3
 - D. 4
 - E. 5

B. Jawab pertanyaan berikut ini dengan benar.

1. Beberapa jaringan merupakan modifikasi jaringan parenkim. Sebutkan jaringan tersebut dan jelaskan fungsi serta lokasi jaringan tersebut pada organ tumbuhan.
2. Mengapa jaringan mesofil disebut jaringan fotosintetik?
3. Jelaskan perbedaan antara xilem dan floem.
4. Mengapa bagian kayu pada batang dikotil lebih tebal daripada kulit?
5. Mengapa batang monokotil tidak mengalami pertumbuhan sekunder?
6. Sebutkan jaringan yang termasuk jaringan penunjang serta fungsinya masing-masing.
7. Jelaskan perbedaan antara tulang rawan dan tulang keras.
8. Jaringan darah terdiri atas plasma darah, sel-sel darah dan keping-keping darah. Sebutkan macam-macam sel darah serta fungsi masing-masing.
9. Bandingkan otot polos, otot lurik, dan otot jantung (struktur, fungsi dan lokasi).
10. Apa perbedaan kanker dengan tumor? Sebutkan faktor-faktor yang menjadi pencetus sel-sel kanker.

C. Tugas

Lakukan studi literatur dari berbagai sumber (media cetak/elektronik) mengenai penyakit kanker (jenis, faktor penyebab dan proteksi).



Bab III

Sistem Gerak



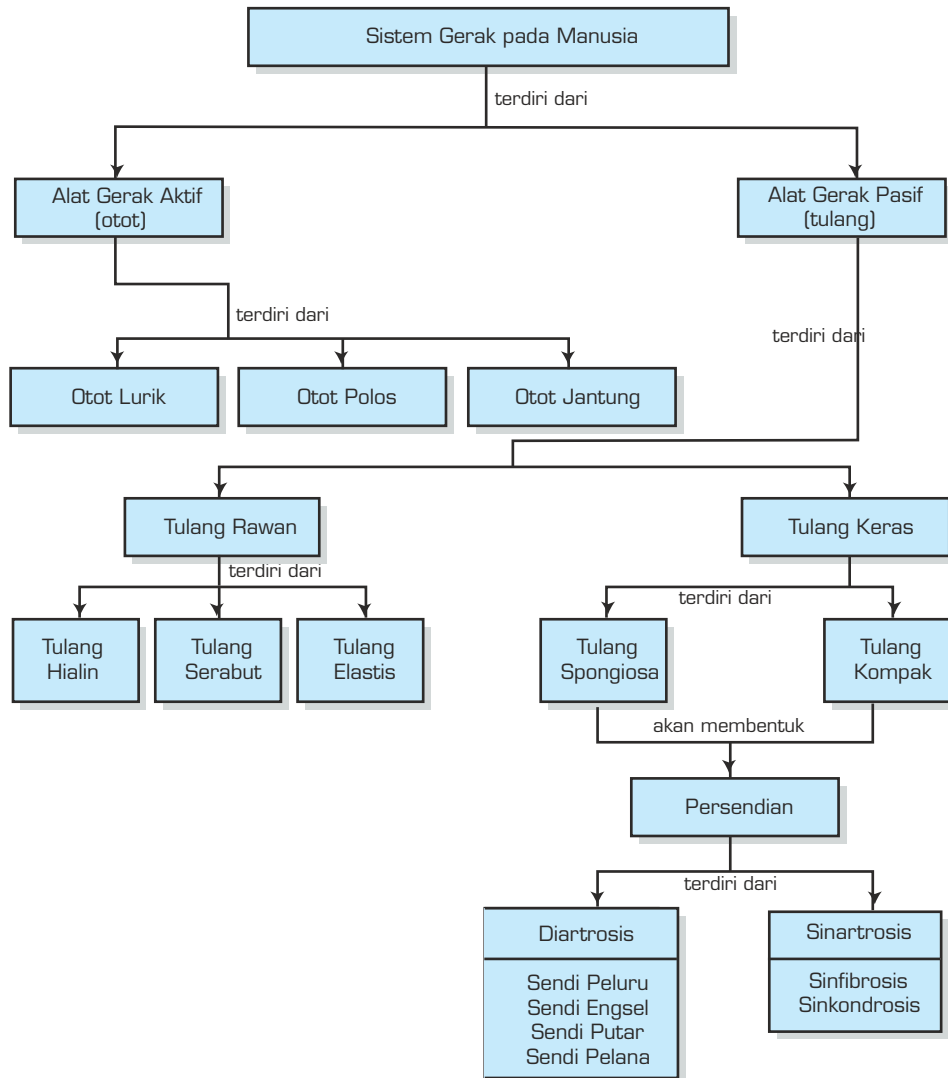
Sumber: *Biology The Unity and Diversity of Life*, Starr-Taggart

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini, siswa dapat:

1. mengidentifikasi struktur dan fungsi tulang, sendi, dan otot dalam sistem gerak;
2. menggambarkan struktur tulang, otot, dan sendi;
3. menjelaskan keterkaitan tulang, otot, dan sendi serta menggunakan proses terjadinya sebuah gerakan;
4. menjelaskan mekanisme kerja otot sebagai alat gerak aktif;
5. menjelaskan penyebab terjadinya kelainan/gangguan pada sistem gerak;
6. membuat laporan hasil studi pemanfaatan teknologi pada kerusakan sistem gerak.

PETA KONSEP

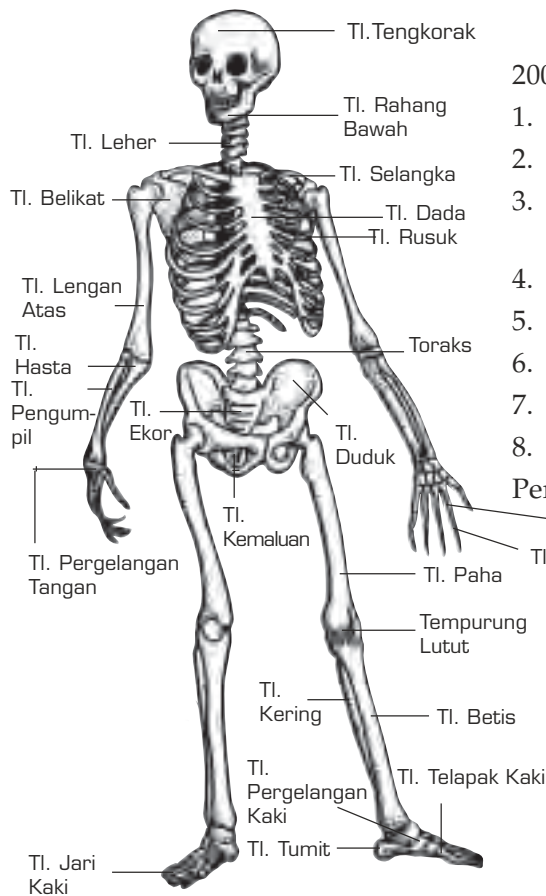


Manusia mempunyai kemampuan untuk bergerak secara aktif. Gerakan tersebut disebabkan oleh adanya kerja sama yang kompak antara tulang dan otot. Tulang tidak dapat bergerak jika tidak digerakkan oleh otot. Otot dapat menggerakkan tulang karena mempunyai daya berkontraksi. Oleh karena itu, otot dikatakan sebagai alat gerak aktif dan tulang sebagai alat gerak pasif. Otot menempel dan menghubungkan tulang yang satu dengan tulang yang lainnya.

Tiga kebutuhan untuk dapat melakukan suatu gerak, yaitu:

1. rangsangan: penyebab gerak ke arah yang dituju;
2. dorongan: kegiatan tubuh yang melawan habitat;
3. keseimbangan: memulihkan keseimbangan yang hilang untuk sementara waktu.

Rangka



Rangka kita tersusun dari sekitar 200 tulang, yaitu:

1. Tulang kepala 8 buah.
2. Tulang wajah 14 buah.
3. Tulang punggung (vertebrae) 33 buah.
4. Tulang dada 15 buah.
5. Gelang bahu 4 buah.
6. Gelang panggul 6 buah.
7. Alat gerak atas (lengan) 36 buah.
8. Alat gerak bawah (kaki) 60 buah.

Perhatikan Gambar 3.1.

Sumber: *Biology for You*

Gambar 3.1 Rangka manusia

Rangka manusia dikatakan rangka dalam (endoskeleton). Rangka manusia terdiri atas menjadi rangka sumbu tubuh utama dan rangka anggota tubuh.

1. Rangka polos, yaitu rusuk, tulang dada, tulang kepala, vertebrata, tulang-tulang ini membentuk sumbu tubuh.
2. Rangka tambahan, yaitu tulang-tulang gelang bahu dengan anggota gerak atas dan gelang panggul dengan anggota gerak bawah.

Selanjutnya akan dibahas tentang fungsi rangka, yaitu:

1. sebagai alat gerak pasif;
2. tempat melekatnya otot rangka;
3. tempat produksi sel-sel darah;
4. sebagai penegak posisi tubuh;
5. pemberi bentuk tubuh;
6. tempat menyimpan zat kapur;
7. pelindung alat-alat vital (seperti jantung, otak, mata, paru-paru).

1. Tulang sebagai Alat Gerak Pasif

Jaringan tulang sejati (osteon) bersama-sama tulang rawan (kondrium) berperan sebagai alat gerak pasif.

a. Tulang Rawan (Kartilago)

Tulang rawan tidak mengandung pembuluh darah dan saraf, kecuali lapisan luarnya (perikondrium), bersifat bingkas dan lentur. Tulang rawan pada masa kanak-kanak jumlahnya lebih banyak. Tulang rawan ada tiga macam, yaitu:

- 1) Rawan hialin, indeks bias substansi interseluler sama dengan indeks bias serabut kolagen sehingga rawan hialin segar tampak bening atau transparan.

Contoh:

- a) rangka janin;
- b) ujung-ujung tulang panjang;
- c) kosta bagian tulang rawan;
- d) laring;
- e) trakea dan bronkus.

- 2) Rawan elastis, mengandung serat-serat elastis dengan sedikit serabut kolagen.

Contoh:

- a) serabut telinga;
- b) tuba eustachii.

- 3) Rawan fibrosa, banyak mengandung serat kolagen dengan jumlah sel kondrosit sedikit sehingga sangat kuat dan kukuh.

Contoh:

- a) di antara tulang pubis (tulang kemaluan);
- b) diskus (keping rawan) di antara tulang vertebrata.

b. Tulang Keras atau Tulang Sejati (Osteon)

Rangka tubuh manusia terbentuk lengkap setelah embrio berusia dua bulan di dalam kandungan dan masih berbentuk tulang rawan. Karena proses pengapuran, lama-kelamaan terbentuklah tulang keras. Penulangan (osifikasi) yang diawali dengan bentuk tulang rawan disebut *penulangan endokondral*. Tidak semua rangka tubuh terbentuk dengan cara ini. Sebagian besar tulang tengkorak, tulang-tulang pipih, dan tulang-tulang pendek terbentuk dengan *penulangan intramembran*. Pada proses penulangan intramembran sel-sel mesenkim dari jaringan embrional memperbanyak diri, selanjutnya sel-sel anak menggelembung menjadi osteoblas (sel tulang muda). Osteoblas menggetahkan matriks tulang yang menyelubungi osteoblas sendiri. Kemudian terjadi invasi pembuluh darah lalu pengendapan garam kapur menyebabkan matriks tulang mengeras. Osteoblas sekarang disebut osteosit (sel tulang tua).

INFO BIOLOGI

Tulang

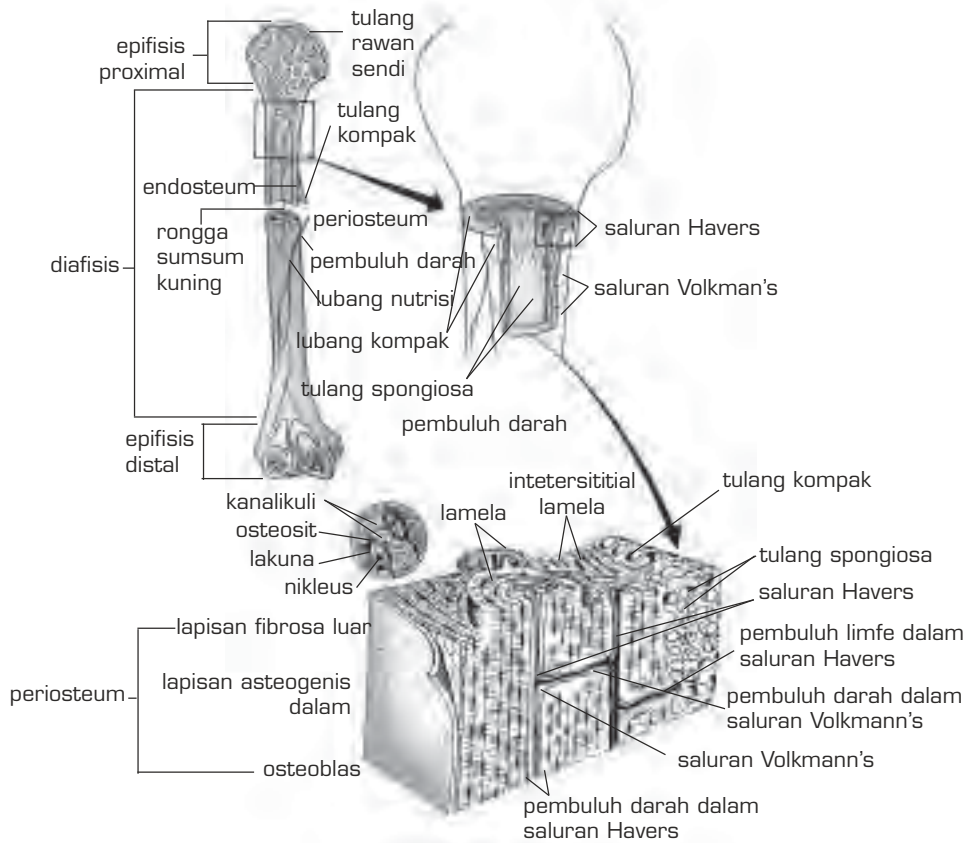
Kebutuhan kalsium untuk orang dewasa adalah 1000 mg/hari. Sementara pada wanita yang telah memasuki masa menopause kebutuhannya meningkat menjadi 1200 mg/hari. Jika seorang dalam menu hariannya sering mengonsumsi ikan terutama teri, susu dan keju, tidak perlu mencemaskan akan kemungkinan kekurangan kalsium.

Sumber: *Republika*

Berdasarkan strukturnya tulang sejati dibagi menjadi:

- 1) Tulang spons; lamela tulang tidak tersusun konsentris, banyak mengandung rongga yang diisi sumsum merah yang memproduksi sel-sel darah sebagai organ kemopoetik. Tulang spons banyak terdapat pada epifisis tulang panjang, tulang pendek atau pipih, dan tulang vertebra.
- 2) Tulang kompak; lamela tulang tersusun konsentris mengelilingi saluran Havers, tidak terdapat rongga-rongga, melapisi tulang spons atau tulang pipa. Tulang kompak terdiri atas sistem-sistem Havers, yaitu sistem yang dibangun oleh saluran Havers yang berisi pembuluh darah dan saraf yang dikelilingi oleh lamela-lamela dan lakuna-lakuna yang berisi osteosit.

Untuk lebih jelas, mengenai struktur makroskopis dan mikroskopis, perhatikan Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Struktur makroskopis dan mikroskopis tulang kompak

Sumber: *Biology*, Barrett

Di sekitar saluran Havers terdapat lamela-lamela yang konsentris dan berlapis. Lamela ialah jaringan interseluler. Pada lamela terdapat lakuna yang berisi osteosit (sel tulang). Dari lakuna keluar saluran-saluran kecil yang disebut kanalikuli yang menghubungkan lakuna satu dengan yang lainnya. Kanalikuli berperan baik dalam pemberian nutrisi pada osteosit karena tidak terdapat darah maupun difusi.

Berdasarkan bentuknya, tulang dapat dibedakan menjadi 3 macam, yaitu:

- 1) tulang pipa, misalnya tulang paha, tulang betis, tulang kering, tulang pengumpil, dan tulang hasta;
- 2) tulang pipih, misalnya tulang usus, tulang rusuk, tulang belikat, dan tulang tengkorak;
- 3) tulang pendek, misalnya tulang tangan, tulang pangkal kaki, dan ruas-ruas tulang belakang.

Tulang terdiri atas bahan organik dan anorganik. Tulang pada masa kanak-kanak mengandung lebih banyak bahan organik daripada bahan anorganik, sedangkan tulang orang dewasa sebaliknya. Bahan organik tulang terdiri atas amorf serabut kolagen dan zat dasar amorf yang mengandung glikosaminoglikan yang berhubungan dengan protein.

Bahan anorganik tulang, yaitu:

- | | |
|--------------------------|-------------------------|
| 1) kalsium (banyak), | 5) sitrat (sedikit), |
| 2) fosfor (sedikit), | 6) magnesium (sedikit), |
| 3) bikarbonat (sedikit), | 7) natrium (sedikit). |
| 4) kalium (sedikit), | |

Bagian-bagian tulang keras panjang (lihat Gambar 3.6), yaitu:

- 1) epifisis, yaitu bagian kedua ujung tulang;
- 2) diafisis, yaitu bagian tulang tengah;
- 3) metafisis, yaitu sambungan epifisis dan diafisis,;
- 4) periosteum, yaitu jaringan ikat kencang yang menyelimuti tulang sebelah luar;
- 5) endosteum, yaitu jaringan ikat kencang yang membatasi rongga sumsum.

KEGIATAN 3.1

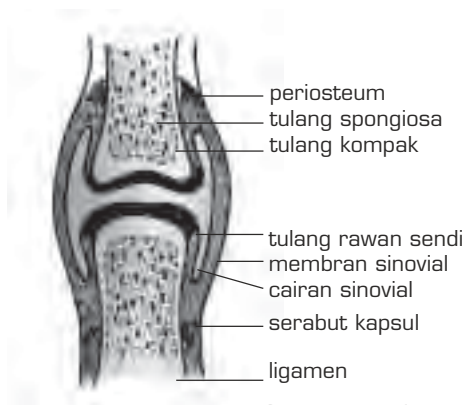
Struktur Tulang

Untuk mengetahui bahan penyusun tulang.

Bersihkan tulang paha ayam dari sisa-sisa daging yang menempel. Lalu rendamlah dengan larutan HCl 10%, simpan 1-2 hari.

1. Amati apa yang terjadi pada tulang tersebut?
2. Mengapa demikian?

2. Sendi



Sumber: *Biology for You*

Hubungan antara tulang dan tulang disebut artikulasi (persendian). Persendian dapat digolongkan menjadi diartrosis dan sinartrosis. Struktur persendian dapat kamu lihat pada Gambar 3.3.

Gambar 3.3 Struktur persendian

Sendi

Minyak ikan ternyata tidak hanya bermanfaat sebagai zat penambah gizi bagi anak-anak, tetapi minyak ikan juga dapat digunakan sebagai pereda radang sendi dengan efek mirip aspirin. Demikian yang dilakukan para pakar dari Universitas Cardiff.

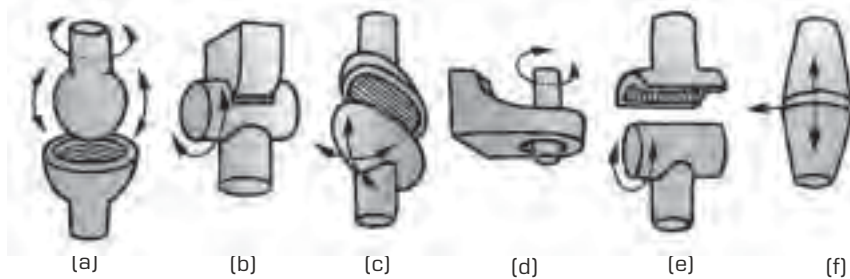
Sumber: Republika

a. Diartrosis

Diartrosis, kedua ujung tulang tidak dihubungkan oleh jaringan sehingga tulang dapat bergerak bebas. Di antara kedua tulang tersebut terdapat cairan sinovial sebagai pelumas. Cairan sinovial adalah cairan kental, tidak berwarna, transparan, dan kaya akan asam hialuronat. Macam-macam persendian, perhatikan Gambar 3.4.

Macam-macam diartrosis:

- 1) Sendi peluru, berporos tiga, terdapat pada gelang bahu dan gelang panggul.
- 2) Sendi engsel, berporos satu, gerakan searah. Contoh: siku, lutut, ruas antarjari, dan mata kaki.
- 3) Sendi guling (ovoid), berporos dua, bergerak seolah-olah dapat mengitari gerak tulang lain. Contoh: tulang telapak tangan dan tulang pengumpil.
- 4) Sendi putar, berporos satu, gerakan rotasi. Contoh: antara tulang hasta dan pengumpil.
- 5) Sendi pelana, berporos dua, gerakan seperti orang naik kuda. Contoh: tulang ibu jari serta tulang antara metakarpal dan karpal (telapak tangan).
- 6) Sendi kaku, kedua ujung tulang agak rata, tidak berporos. Contoh: hubungan antara tulang tarsal (tulang pergelangan mata kaki).

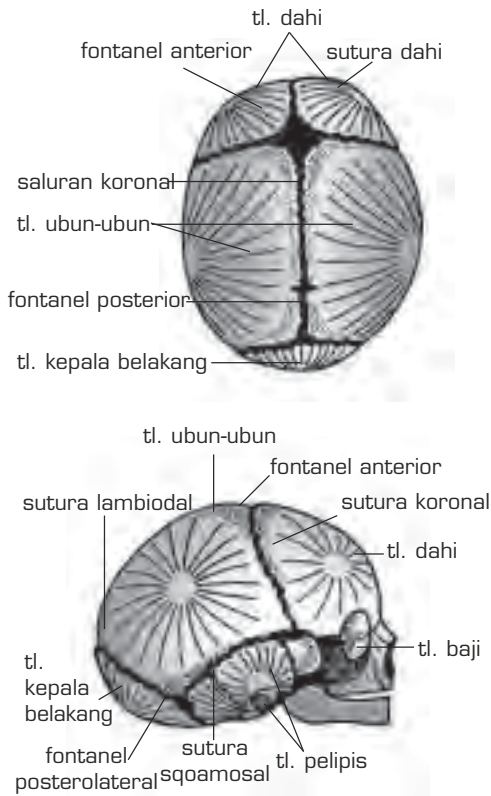


- | | |
|------------------|------------------|
| (a) sendi peluru | (d) sendi putar |
| (b) sendi engsel | (e) sendi pelana |
| (c) sendi guling | (f) sendi kaku |

Sumber: Anatomi dan Fisiologi

Gambar 3.4 Tipe macam-macam persendian

b. Sinatrosis



Sumber: Anatomi dan Fisiologi

Gambar 3.5 Sutura (tengkorak)

Sinatrosis adalah hubungan antartulang yang gerakannya sangat terbatas atau sama sekali tidak terjadi gerakan. Ada tiga jenis sinatrosis, yaitu:

- 1) Sinfibrosis: kedua tulang dipersatukan oleh jaringan ikat. Tidak terjadi pergerakan. Contoh: hubungan antara tulang-tulang tengkorak, jaringan ini mempersatukan tulang-tulang kepala. Selanjutnya, hubungan antartulang tengkorak disebut sutura (Gambar 3.5).
- 2) Sinkondrosis: kedua tulang dihubungkan oleh jaringan tulang rawan hialin. Contoh: hubungan antara ruas tulang belakang, tulang rusuk, dan tulang dada.
- 3) Sindesmosis, sama halnya dengan sinkondrosis, sindesmosis memungkinkan suatu gerakan dalam batas tertentu. Tulang-tulang ini dihubungkan oleh jaringan penyambung. Contoh: Tibiafibularis inferior.

INFO BIOLOGI

Sayuran Berwarna Cerah

Para periset menemukan, antioksidan dari buah dan sayuran berwarna cerah dapat memberikan perlindungan terhadap inflammasi arthritis misalnya Rematik. Antioksidan dari buah atau sayuran berwarna cerah dapat menelan inflammasi radikal-radikal bebas.

Karotinoid yang banyak terdapat pada buah atau sayuran warna kuning atau oranye merupakan antioksidan yang membasmi radikal bebas. Sehingga dengan banyak mengonsumsi buah dan sayuran warna kuning atau oranye dapat mengurangi penyakit rematik.

Sumber: American Journal of Clinical Nutrition. Agustus 2005, vol 82

KEGIATAN 3.2

Macam-Macam Sendi

Coba lakukan gerakan berikut, lalu sebutkan termasuk sendi apa gerakan itu? Tulis jawaban pada buku tulismu.

Macam Gerakan	Contoh Sendi
a. Gerakan jari-jari tanganmu b. Gerakan siku c. Gerakan kepala memutar d. Gerakan menengadah menelungkup telapak tangan e. Gerakan memutar lengan atas	

3. Otot sebagai Alat Gerak Aktif

Jaringan otot bertanggung jawab terhadap gerakan tubuh. Sel otot berasal dari lapisan mesoderm. Fungsi utama otot adalah sebagai alat gerak aktif disebabkan oleh kemampuan sel-sel otot berkontraksi. Otot berkontraksi karena suatu rangsang, yaitu:

- rangsang mekanis: pijat, tarik, dan tekanan;
- rangsang suhu: dingin dan panas;
- rangsang kimia: asam, basa, dan garam;
- rangsang listrik: arus listrik.

Kontraksi sel-sel otot ini dikontrol oleh sel-sel saraf. Otot dapat menggerakkan tulang, kulit, rambut, gerak peristaltik saluran dalam jantung, pembuluh darah, dan sebagainya.

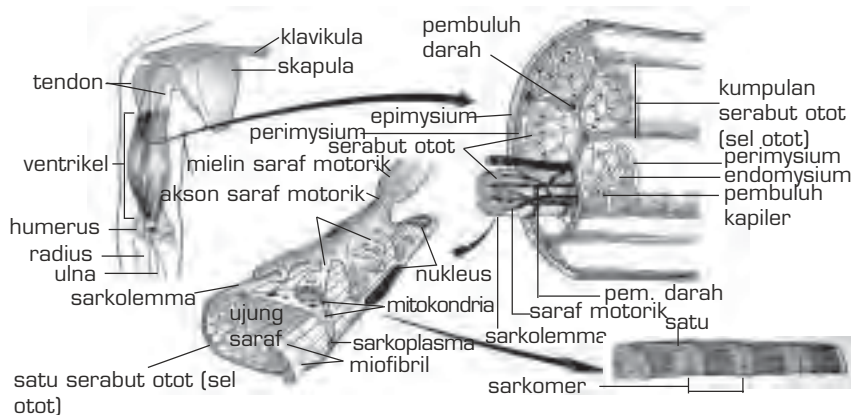
a. Macam-Macam Otot

Otot ada tiga macam, yaitu otot rangka/otot lurik, otot polos, dan otot jantung. Berikut ini ketiga macam otot tersebut akan dijelaskan satu per satu.

1) Otot Rangka/Otot Lurik/Otot Serat Lintang

Disebut otot rangka karena melekat pada rangka. Disebut otot lurik karena tampak garis-garis melintang/lurik. Satu sel otot disebut serabut otot. Serabut otot terdiri dari sejumlah miofibril. Di dalam miofibril tersusun secara teratur filamen kontraktile, yaitu aktin dan miosin.

Kontraksi otot rangka cepat, kuat, dan disadari. Setiap serabut otot dibungkus oleh endomisium, kumpulan berkas-berkas serabut dibungkus oleh fascia propria/perimisium, sedangkan otot (daging) dibungkus oleh selaput fascia super fisalis/epimisium. Endomisium, perimisium, dan epimisium bergabung membentuk urat (tendon) yang melekatkan otot pada tulang (Gambar 3.6).



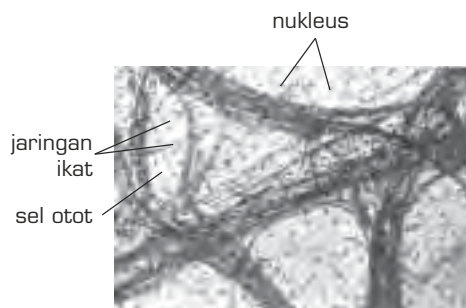
Sumber: Barret, 1989 Boilogy New Jersey

Gambar 3.6 Makroskopis dan mikroskopis otot rangka

Bagian gabungan otot, yaitu tendon, adalah ujung otot lurik yang mengecil dan keras berwarna putih kekuningan serta melekat pada tulang. Ventrikel (empal) adalah bagian tengah gabungan otot yang mempunyai daya kontraksi. Setiap kumpulan otot mempunyai dua tendon atau lebih. Tendon yang melekat pada tulang yang bergerak disebut insersi, sedangkan tendon yang melekat pada tulang yang tidak bergerak disebut origo. Otot yang sering dilatih, akan membesar, disebut hipertrofi, dan yang mengisut disebut atrofi.

2) Otot Polos/Otot Visceral

Disebut otot polos karena tidak mempunyai garis-garis melintang, inti hanya satu. Kerja otot polos lambat beraturan dan tidak cepat lelah serta tidak disadari. Otot polos sering disebut otot alat dalam (visceral) karena semuanya terdapat di dalam tubuh, seperti dinding saluran pencernaan, saluran pernapasan, dan pembuluh darah, kecuali diafragma tersusun dari otot lurik (Gambar 3.7).



Sumber: Histology

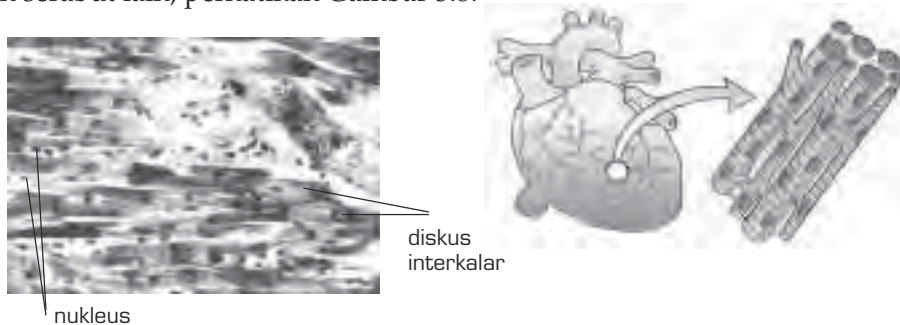


Sumber: Biology for You

Gambar 3.7 Otot polos

3) Otot Jantung (*miokordium*)

Bentuk serabutnya memanjang silindris bercabang dan bersatu membentuk anastomosis, ada garis terang dan gelap, inti tunggal terletak di tengah. Gerakan lambat teratur dan tidak disadari. Pada tempat berhubungan ujung ke ujung terdapat keping interkalar, struktur yang hanya ditemukan di dalam otot jantung yang tidak lain merupakan batas antara satu serabut dan serabut lain, perhatikan Gambar 3.8.



Sumber: *Biology for You*

Gambar 3.8 Otot jantung

Tabel 3.1 Perbandingan Otot Rangka, Otot Polos, dan Otot Jantung

	Otot Rangka	Otot Polos	Otot Jantung
1. Struktur	serabut banyak, inti jamak pada lapisan permukaan sarkoplasma	sel tunggal, inti tunggal di tengah serabut tidak bercabang	sel bercabang, inti tunggal di tengah
2. Ukuran	pj = 1 mm – 30 cm ϕ = 10 – 100 mm	pj = 0,02 – 0,5 mm ϕ = 8 – 10 mm	pj = 0,06 mm – 0,08 mm ϕ = 10 – 15 mm
3. Serabut otot	mudah terlihat, heterogen	sukar dilihat, homogen	mudah dilihat, heterogen
4. Fisiologi	kontraksi cepat dan cepat letih	kontraksi lambat dan terus menerus	kontraksi lebih cepat daripada otot polos, ritmis, dan otomatis (miogenik)
5. Saraf	kontraksi dikendalikan oleh saraf motoris (neurogenik)	kontraksi dikendalikan oleh saraf otonom	kontraksi dikendalikan oleh saraf otonom
6. Lokasi	menempel pada tulang dan bawah kulit, diafragma	otot pencernaan, respirasi, sistem urinogenital, pembuluh darah, otot siliari mata	hanya pada jantung

KEGIATAN 3.3

Kegiatan Laboratorium (Kontraksi Otot)

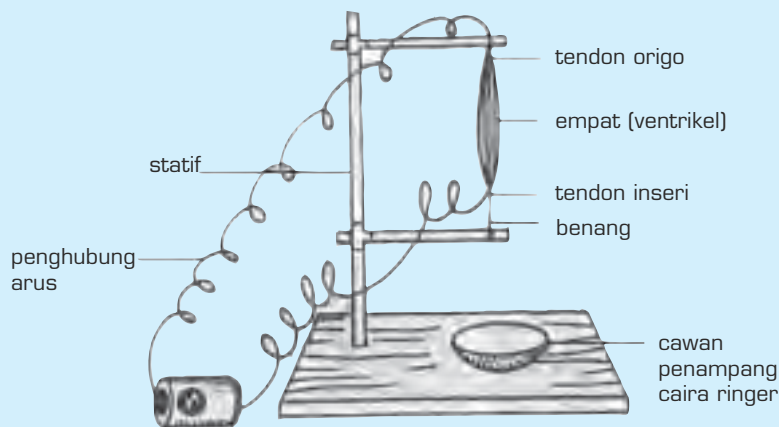
- Tujuan:
1. Mengamati kontraksi otot katak
 2. Mempelajari mekanisme otot pada saat kontraksi

Alat dan Bahan

1. Statip
2. Benang
3. Cawan petri
4. Batu baterai + kabel
5. Kaki katak
6. HCl
7. larutan ringer

Cara Kerja

1. Susunlah perangkat percobaan seperti gambar berikut.



2. Rendamlah otot betis katak terlebih dahulu dalam larutan ringer sebelum dipasang.
3. Jaga otot jangan sampai kering selama percobaan dengan jalan menetesinya dengan larutan ringer.
4. Rangsanglah otot katak dengan arus listrik melalui tendon berturut-turut sebanyak 5 kali, masing-masing selama satu menit.
5. Lakukanlah seperti nomor 4, rangsangannya diganti dengan HCl. Teteskan HCl pada otot katak.
6. Tulis hasil pengamatanmu dalam bentuk tabel seperti berikut.

Hasil pengamatan

Jenis rangsang	Menit ke-					Keterangan
	1	2	3	4	5	
Listrik						
Asam						

Pertanyaan

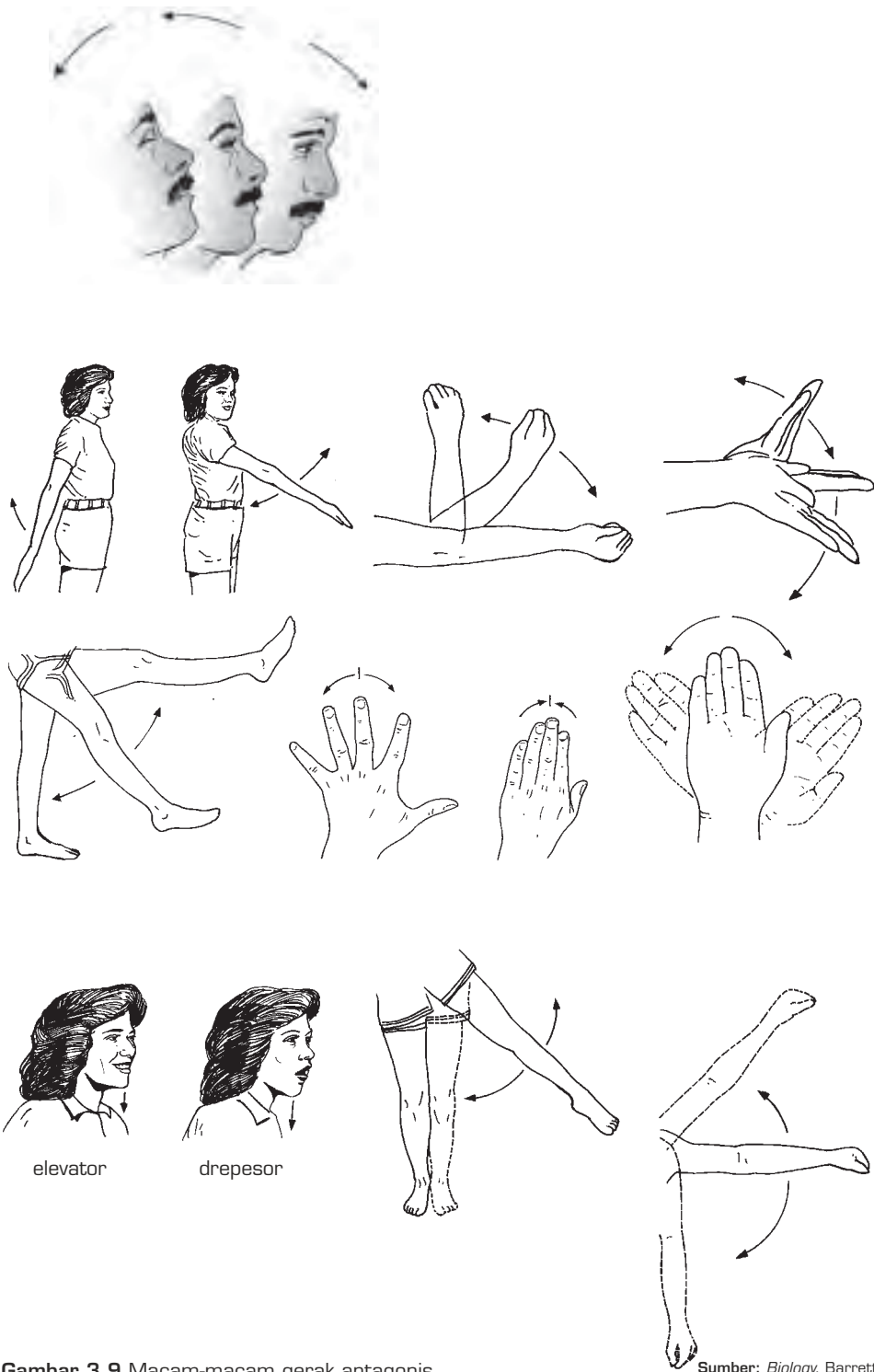
1. Bagaimana keadaan otot betis tersebut apabila diberi rangsangan?
2. Di antara kedua perlakuan yang berbeda, manakah yang paling cepat berhenti kontraksinya dan mana yang paling lambat?
3. Apa kesimpulanmu dari hasil kegiatan di atas?
4. Otot memerlukan energi untuk berkontraksi, dari mana energi itu diperoleh? Jelaskan!
5. Apa yang terjadi jika otot tidak dirangsang?

b. Sifat Kerja Otot

Gerak pada bagian tubuh terjadi karena kontraksi satu macam otot atau lebih. Otot-otot yang bekerja bersama untuk suatu gerakan disebut sinergis. Apabila gerak yang ditimbulkan berlawanan, gerak itu disebut antagonis. Contoh gerak antagonis adalah sebagai berikut.

- 1) Ekstensor (meluruskan) dan Fleksor (membengkok), seperti gerak tangan melipat ke atas.
- 2) Abduktor (menjauh) dan Adduktor (mendekati) seperti gerak tangan sejajar bahu.
- 3) Supinator (menengadahkan) dan Pronator (menelungkup) seperti gerak pada telapak tangan.
- 4) Depresor (ke bawah) dan Elevator (ke atas) seperti menaikkan dan menurunkan dagu.
- 5) Protraksi (gerakan mendorong mandibula ke luar) dan Retraksi (gerakan mendorong mandibula ke dalam), seperti gerakan mandibula (rahang).

Untuk lebih jelasnya contoh gerak antagonis dapat kamu lihat pada Gambar 3.9.



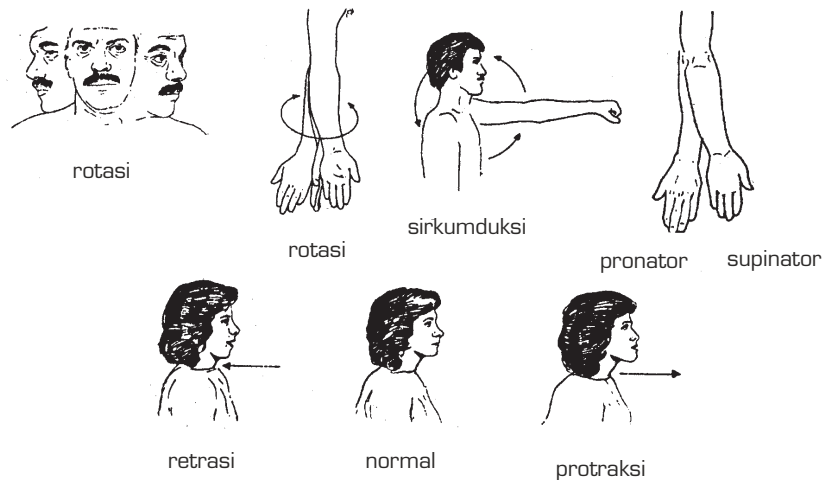
Gambar 3.9 Macam-macam gerak antagonis

Sumber: *Biology*, Barrett

Contoh gerak sinergis adalah sebagai berikut.

- 1) Pronator teres dan Pronator kuadratus. Rotasi (gerakan berputar), seperti gerak pada tulang atlas sewaktu memutarakan kepala.
- 2) Sirkumduksi, gerakan ujung distal satu tulang membentuk satu lingkaran, sedangkan ujung proksimalnya tetap, seperti gerakan memutar satu lingkaran mengitari sendi bahu.

Untuk lebih jelasnya, perhatikan Gambar 3.10 berikut ini.



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 3.10 Macam-macam gerak sinergis

c. Mekanisme dan Energi Kontraksi Otot

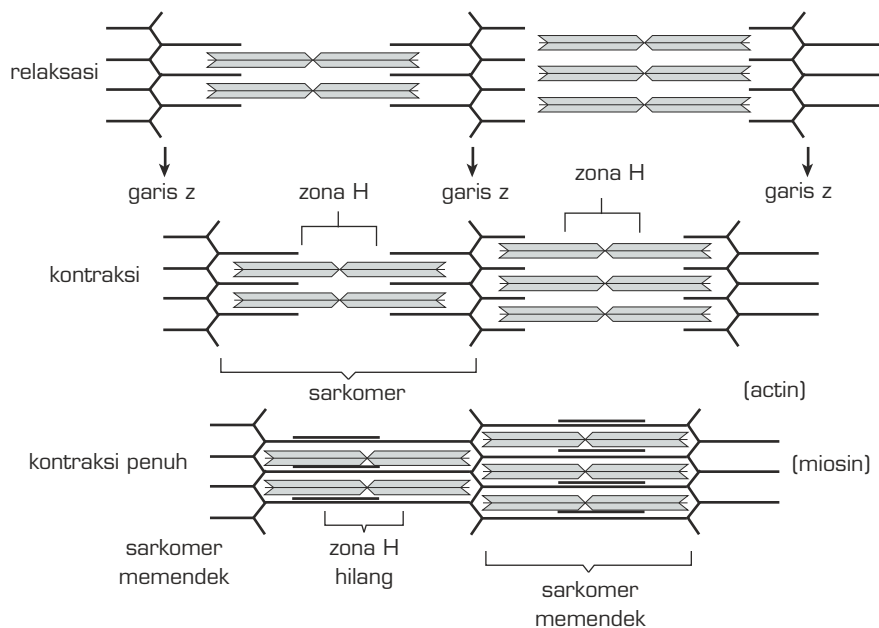
Zat penyusun otot terdiri atas senyawa protein rangkap, yaitu miogen yang berupa larutan serta aktin dan miosin yang sukar larut. Dengan bantuan energi dari ATP, aktin dan miosin dapat bereaksi membentuk aktomiosin yang mengakibatkan memendeknya sarkomer pada miofibril yang disebut kontraksi secara singkat. Proses tersebut dapat dituliskan sebagai berikut.

1) Mekanisme Kontraksi Otot

Mekanisme kontraksi otot berlangsung dengan urutan sebagai berikut.

- a) Pusat motorik di otak mengirimkan impuls/rangsang menuju otot melalui saraf motorik (saraf kranial dan saraf spinal).
- b) Sesampainya di ujung akson saraf motorik, rangsang dilanjutkan oleh neurohumor (hormon saraf) berupa asetilkolin atau epinefrin (adrenalin) menuju ke otot (reseptor pada otot) yang mempunyai aktin.

- c) Setelah rangsang sampai di reseptor, energi dilepaskan, maka aktin akan bergeser, zona H mengecil bahkan menghilang dan sarkomer memendek. Garis saling mendekat dan otot berkontraksi (berkerut). Jarak antara garis Z satu dan garis Z yang lainnya disebut sarkomer.
- d) Setelah kontraksi, ujung saraf motorik mengeluarkan suatu zat yang dapat menetralisasi/menghambat kerja neurohumor yang dihasilkan sebelumnya, serta kolinesterasi untuk menghambat asetil kolin dan Mono Amina Oksida (MAO) serta menghambat epinefrin/adrenalin, sehingga aktin (miofilamen tipis) dan miosin (miofilamen tebal) merenggang, zona H terbuka, garis Z satu dan garis Z yang lainnya saling menjauh, otot kembali relaksasi. Diagram kontraksi otot dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Diagram kontraksi otot

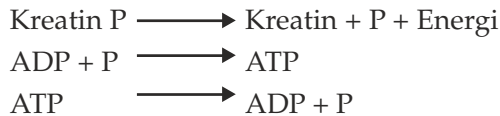
Sumber: *The Study of Biology*, Baker

2) Energi Konstraksi Otot

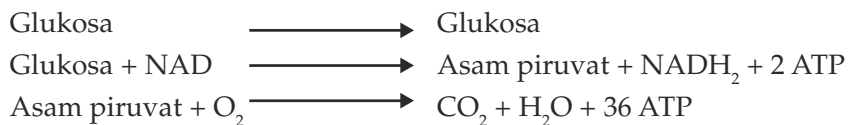
Energi awal yang diperlukan untuk kontraksi berasal dari ATP yang tersedia di otot.



Akan tetapi, ATP yang tersedia hanya cukup untuk kegiatan otot selama 5 detik. Dalam otot selain ATP tersedia pula kreatin fosfat yang berenergi yang dimanfaatkan pada waktu kontraksi otot. Selanjutnya kreatin melepaskan energinya.



Energi yang berasal dari ATP dan kreatin fosfat di dalam otot dapat dimanfaatkan untuk kegiatan otot selama 15 detik. Jika aktivitas otot berlanjut dan persediaan kreatin P habis, energi diperoleh dari penguraian glukogen yang ada di otot. Selain dari penguraian glukogen, glukosa darah juga dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk kontraksi otot.



Jika energi untuk kegiatan otot secara aerob tidak mencukupi, proses glikolisis dipercepat dan terjadi pembentukan asam laktat.



Asam laktat yang terbentuk dalam otot akan diuraikan menjadi karbon dioksida dan air. Setelah kegiatan otot berlangsung (selesai), penguraian asam laktat memerlukan oksigen.

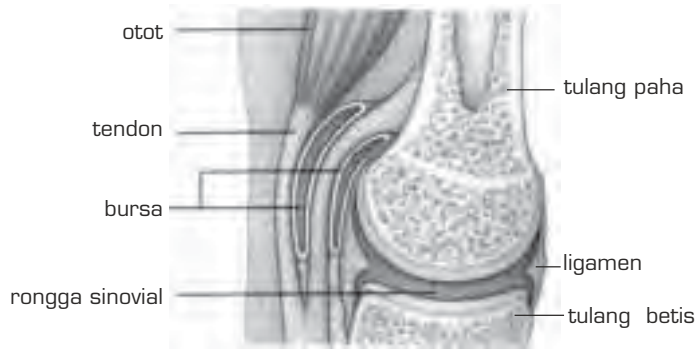


Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa energi kontraksi otot diperoleh dari:

- Sistem fosfagen, yaitu diperoleh dari persediaan kreatin fosfat dan ATP, cukup untuk kegiatan otot selama 15 detik, misalnya, lari 100 m.
- Sistem glikogen, asam laktat yang menyuplai ATP cukup untuk kegiatan otot selama 30 - 40 detik, misalnya, lari 400 m.
- Sistem aerobik. Energi yang dihasilkan semuanya diperoleh dari respirasi aerob, misalnya jogging.

4. Hubungan antara Sendi dan Otot

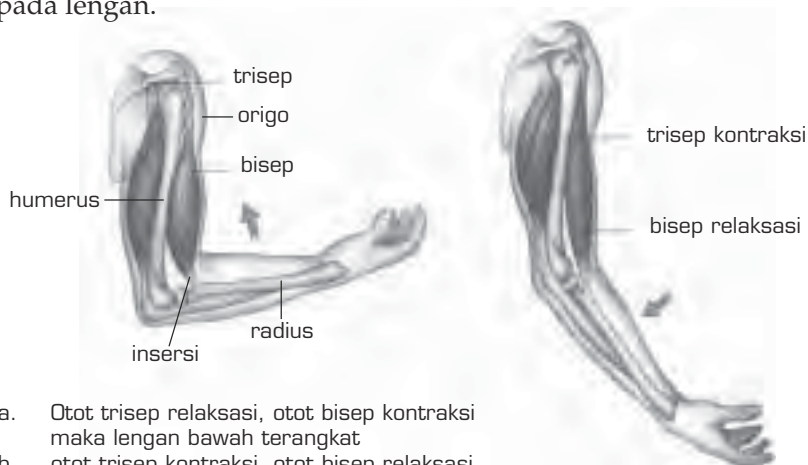
Antara tulang yang satu dengan tulang lainnya dihubungkan oleh ligamen yang merupakan jaringan ikat padat. Otot melekat pada tulang melalui tendon, tendon yang melekat pada tulang yang bergerak disebut insersi, dan tendon yang melekat pada tulang tidak bergerak disebut origo. Perhatikan Gambar 3.12.



Sumber: *Biology The Unity and Diversity of Life*, Starr Taggart

Gambar 3.12 Posisi tempurung lutut antara tendon dan tulang.

Perhatikan juga Gambar 3.13 yang menjelaskan tentang keadaan otot pada lengan.



- Otot trisep relaksasi, otot bisep kontraksi maka lengan bawah terangkat
- otot trisep kontraksi, otot bisep relaksasi maka lengan bawah lurus.

Sumber: *Biology The Unity and Diversity of Life*, Starr Taggart

Gambar 3.13 Keadaan otot pada lengan

KEGIATAN 3.4

Otot sebagai Alat Gerak Aktif

Lakukan gerak menekuk dan meluruskan tanganmu.

- Raba otot bisep dan otot trisep pada saat tangan menekuk/fleksi, apa perbedaannya?
- Raba otot bisep dan otot trisep pada saat tangan diluruskan/ekstensi, apa perbedaannya?
- Berdasarkan jawaban no. 1 dan 2, apakah perbedaan antara otot yang berkontraksi dan otot yang berelaksasi?

5. Kelainan dan Gangguan pada Tulang

Kelainan dan gangguan yang terjadi pada tulang, antara lain sebagai berikut.

- a. Arthritis adalah peradangan sendi (bisa terjadi pada tulang rawan, sinovial, dan ligamen)

Ciri-ciri yang menderita arthritis, yaitu:

- 1) daerah otot yang terkena memerah;
- 2) sakit, bengkak, dan panas.

Penyebab arthritis adalah kuman, deposit asam urat pada sendi (gout), proses ketuaan, dan beban terlalu berat pada sendi.

Arthritis ada beberapa macam, yaitu:

- 1) arthritis eksudatif, yaitu terisinya rongga sendi oleh getah radang;
- 2) arthritis sika, berkurangnya cairan sinovial;
- 3) infeksi sipilis dan gonorea, dapat menyebabkan arthritis sika.

- b. Fraktura/fisura, yaitu retak/patahnya tulang pipa.
- c. Layuh semu, yaitu keadaan tulang tidak bertenaga, cakra epifisis kena infeksi sipilis pada masa bayi.
- d. Memar, sobeknya selaput sendi.
- e. Nekrosa, matinya sel tulang karena kerusakan periosteum.
- f. Rheumatik, segala sesuatu yang berkaitan dengan rasa sakit dari alat gerak, yaitu otot, tulang ligamen, sinovial, sendi, dan sebagainya.
- g. Sprain (keseleo dan salah urat), terjadi jika sendi tidak pada posisinya. Sprain dapat menimbulkan pecahnya pembuluh darah disertai bengkak, sakit, dan daerah yang terkena menjadi kebiru-biruan.
- h. Urat sendi, terlepasnya ujung tulang dari sendi.
- i. Gangguan pada ruas tulang belakang, ada beberapa macam, yaitu:
 - 1) Kifosis (bungkuk), dapat terjadi karena infeksi TBC vertebrae ataupun proses ketuaan (osteoporosis atau osteomalasi).
 - 2) Lordosis (tenggeng), lengkung lumbar melekok ke dalam terjadi arena perut besar dan memikul beban berat, kehamilan dan sebagainya.
 - 3) Skoliosis, tulang vertebralis membengkok ke arah samping membentuk huruf "S".

6. Teknologi Rehabilitasi

Di antara kita banyak sekali yang tidak menyadari pentingnya fungsi tulang bagi tubuh kita. Fungsi utama tulang antara lain memberi bentuk tubuh sebagai tempat melekat otot, dan memberikan perlindungan pada alat-alat di dalamnya. Sumber utama pembentukan tulang adalah kalsium, ini

didapat dari makanan sehari-hari terutama susu, keju, dan sayur-sayuran. Oleh sebab itu, penting pula dijaga kesehatan lambung dan usus untuk menjamin tulang benar-benar mendapat mineral penting dengan teratur.

Pencegahan patah tulang sejak dini dapat dilakukan melalui pengaturan gizi yang baik. Seandainya hal itu terjadi, maka penanggulangannya dengan cara teknologi rehabilitasi kelainan atau kerusakan sistem gerak, yaitu dengan ortopedi, penyambungan tulang menggunakan pen, dan sebagainya.

Rangkuman

1. Pada manusia tulang dan otot merupakan alat gerak. Tulang sebagai alat gerak pasif dan otot sebagai alat gerak aktif.
2. Pada manusia rangka tubuh dibagi menjadi dua yaitu Skeleton aksial dan apendikular. Skeleton aksial terdiri atas tulang tengkorak, tulang belakang dan tulang dada. Skeleton apendikular terdiri atas tungkai atas dan tungkai bawah.
3. Hubungan antartulang disebut persendian, yang dikelompokkan menjadi diartrosis dan sinkondrosis. Adanya macam-macam persendian menimbulkan macam-macam gerakan tubuh, seperti ekstensor, abduktor, dan rotasi.
4. Menurut perlekatanannya, otot dapat dibedakan menjadi origo dan insersi. Semua gerak tubuh ditentukan oleh tiga jenis otot, yaitu otot lurik, otot polos, dan otot jantung.
5. Sumber utama energi untuk kontraksi otot adalah ATP.
6. Kelainan dan gangguan pada tulang dapat terjadi karena kekurangan vitamin D, penyakit, kecelakaan atau karena kebiasaan yang salah.

Kata Kunci

<i>antagonis</i>	<i>kartilago</i>	<i>osteoklas</i>	<i>sinergis</i>
<i>diartrosis</i>	<i>kranium</i>	<i>osteon</i>	<i>sinfibrosis</i>
<i>hipertropi</i>	<i>origo</i>	<i>osteosit</i>	<i>sindermosis</i>
<i>insersi</i>	<i>osteoblas</i>	<i>sinatrosis</i>	<i>sinkondrosis</i>

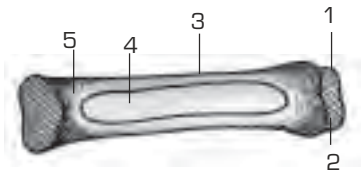
Evaluasi Akhir Bab

A. Pilih jawaban yang paling tepat.

1.	Jenis Otot	Keadaan Sel	Sifat
	A. Otot polos	D. Inti banyak	G. Tidak disadari
	B. Otot lurik	E. Inti satu	H. Cepat lelah
	C. Otot jantung	F. Garis interkalar	I. Gerakan teratur

Berdasarkan tabel di atas, pernyataan yang benar adalah . . .

- A. A, E, H
 B. B, D, G
 C. B, D, H
 D. C, E, H
 E. A, F, G
2. Bagian pada tulang pipa yang mengandung osteoblas adalah yang bernomor . . .



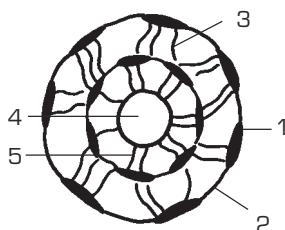
- A. 1
 B. 2
 C. 3
 D. 4
 E. 5

3. Berikut ini adalah ciri-ciri dari suatu persendian:

1. kedua ujung tulang rata;
2. tidak berporos;
3. gerakan rotasi;
4. terdapat pada siku.

Ciri-ciri yang menunjukkan sendi kaku adalah . . .

- A. 1 dan 2
 B. 1 dan 3
 C. 2 dan 3
 D. 1 dan 4
 E. 2 dan 4
4. Dari gambar penampang tulang di bawah ini, pembuluh darah dan saraf berada pada bagian yang bernomor . . .

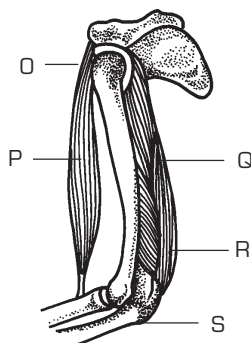


- A. 1
 B. 2
 C. 3
 D. 4
 E. 5

5. Seorang pelari jarak jauh melakukan istirahat setelah melakukan kegiatannya. Pernyataan yang benar tentang kandungan ATP dan ADP di dalam tubuhnya pada saat dia istirahat adalah
- jumlah ATP meningkat, ADP menurun
 - jumlah ADP meningkat, ATP menurun
 - jumlah ATP dan ADP tidak berubah
 - jumlah ATP dan ADP menurun
 - jumlah ADP menurun, ATP tetap
6. Terdapat macam-macam otot, di antaranya:
- | | |
|----------------|----------------------------|
| 1. otot bisep | 3. otot pronator teres |
| 2. otot trisep | 4. otot pronator kuadratus |
- Manakah yang bekerja untuk menelungkupkan lengan bawah?
- | | |
|------------|------------|
| A. 1 dan 3 | D. 4 dan 4 |
| B. 1 dan 2 | E. 3 dan 4 |
| C. 2 dan 3 | |
7. Seorang ibu yang selalu membawa dagangannya dengan cara digendong di pinggang, kemungkinan akan menderita kelainan pada tulang belakangnya yang disebut
- | | |
|--------------|-------------|
| A. lordosis | D. artritis |
| B. kifosis | E. rakhitis |
| C. skoliosis | |
8. Hubungan antara tulang satu dan tulang yang lainnya ada yang dapat digerakkan ada pula yang tidak dapat digerakkan. Hubungan tulang yang dapat digerakkan sedikit (sinkondrosis) adalah
- antarruas tulang belakang
 - gelang bahu dengan lengan atas
 - tulang atlas dengan tulang kepala
 - tulang hasta dengan tulang pengumpil
 - tulang-tulang pergelangan kaki
9. Pernyataan di bawah ini merupakan hal-hal yang terjadi pada mekanisme kontraksi otot.
- | | |
|---------------------|--------------------|
| H = rangsang/impuls | K = aktin + miosin |
| I = energi dari ATP | L = aktomiosin |
| J = asetilkolin | |
- Urutan mekanisme yang benar adalah
- | | |
|----------------------|----------------------|
| A. H - I - K - L - J | D. H - K - I - L - J |
| B. J - H - K - L - I | E. H - J - K - I - L |
| C. I - H - K - L - J | |

10. Otot-otot di bawah ini tidak ada yang melekat pada rangka, tetapi di antaranya ada yang bekerja di bawah pengaruh kesadaran kita, yaitu
- otot lambung yang menyebabkan hancurnya makanan
 - otot jantung menyebabkan kontraksi pada jantung
 - otot spinkter mengosongkan kandung kemih
 - otot rambut berkontraksi waktu suhu dingin
 - otot usus menyebabkan gerak peristaltik
11. Seorang siswa merendam tulang dalam larutan HCl, setelah 1 jam tulang tersebut menjadi lunak/lentur. Hal ini terjadi karena
- kandungan protein rusak
 - senyawa organiknya larut
 - garam kalsiumnya larut
 - garam-garam mineralnya lenyap
 - kandungan matriksnya rusak

Soal nomor 12 dan 13 berhubungan dengan gambar di bawah ini.



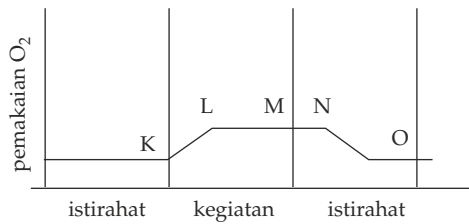
12. Untuk meluruskan tangan akan terjadi
- P berkontraksi, Q berelaksasi
 - P berkontraksi, Q berelaksasi
 - P berelaksasi, Q berkontraksi
 - P berelaksasi, Q berelaksasi
 - P dan Q berkontraksi atau berelaksasi
13. Inseri adalah bagian yang bertanda
- | | |
|------|------|
| A. O | D. R |
| B. P | E. S |
| C. Q | |

14. Untuk memudahkan gerakan dalam persendian terdapat rongga yang berisi minyak sendi. Jika dalam rongga tersebut terdapat getah radang dan terasa sakit, kelainan ini disebut

A. artritis sika
B. artritis eksudatif
C. layuh semu
D. rakhitis
E. skoliosis

15. Berikut ini adalah grafik pemakaian oksigen otot sebelum, selama, dan setelah melakukan kegiatan fisik yang keras.

Bagian yang menunjukkan kekurangan oksigen adalah



A. K
B. L
C. M
D. N
E. O

16. Pada penderita poliomyelitis, ototnya tidak dapat dilatih untuk berkontraksi ataupun relaksasi. Keadaan ini disebut

A. tonus
B. tetanus
C. hipertropi
D. atropi
E. tropi

17. Tulang rusuk palsu terdiri atas

A. 2 pasang
B. 3 pasang
C. 4 pasang
D. 7 pasang
E. 5 pasang

18. Otot-otot yang berantagonis adalah

A. ekstensor dan abduktor
B. abduktor dan depresor
C. depresor dan fleksor
D. ekstensor dan fleksor
E. abduktor dan elevator

19. Sendi lutut merupakan

A. sendi peluru
B. sendi engsel
C. sendi putar
D. sendi pelana
E. sendi geser

20. Perasaan lelah merupakan akibat dari penimbunan yang berlebihan dari suatu zat dalam otot, zat itu adalah
- A. glikogen
 - B. asam laktat
 - C. glukosa
 - D. asam klorida
 - E. zat lemak

B. Jawab pertanyaan berikut ini dengan benar.

1. Hal-hal apa saja yang diperlukan agar hewan/manusia dapat bergerak?
2. Sebutkan perbedaan antara tulang rawan dan tulang keras.
3. Apabila seseorang telah melakukan kegiatan fisik yang berat, timbul rasa lelah/pegal pada otot. Bagaimana rasa lelah/pegal-pegal pada otot tersebut bisa terjadi dan usaha apa yang harus dilakukan? Jelaskan.
4. Apakah perbedaan antara otot jantung dan otot rangka?
5. Dalam percobaan kontraksi otot, bagian otot yang dirangsang dengan interval waktu yang lama daya kontraksinya lebih kuat daripada yang dirangsang dengan interval waktu singkat. Faktor apa yang menyebabkan hal ini terjadi? Jelaskan!



Bab IV

Sistem Peredaran Darah Manusia



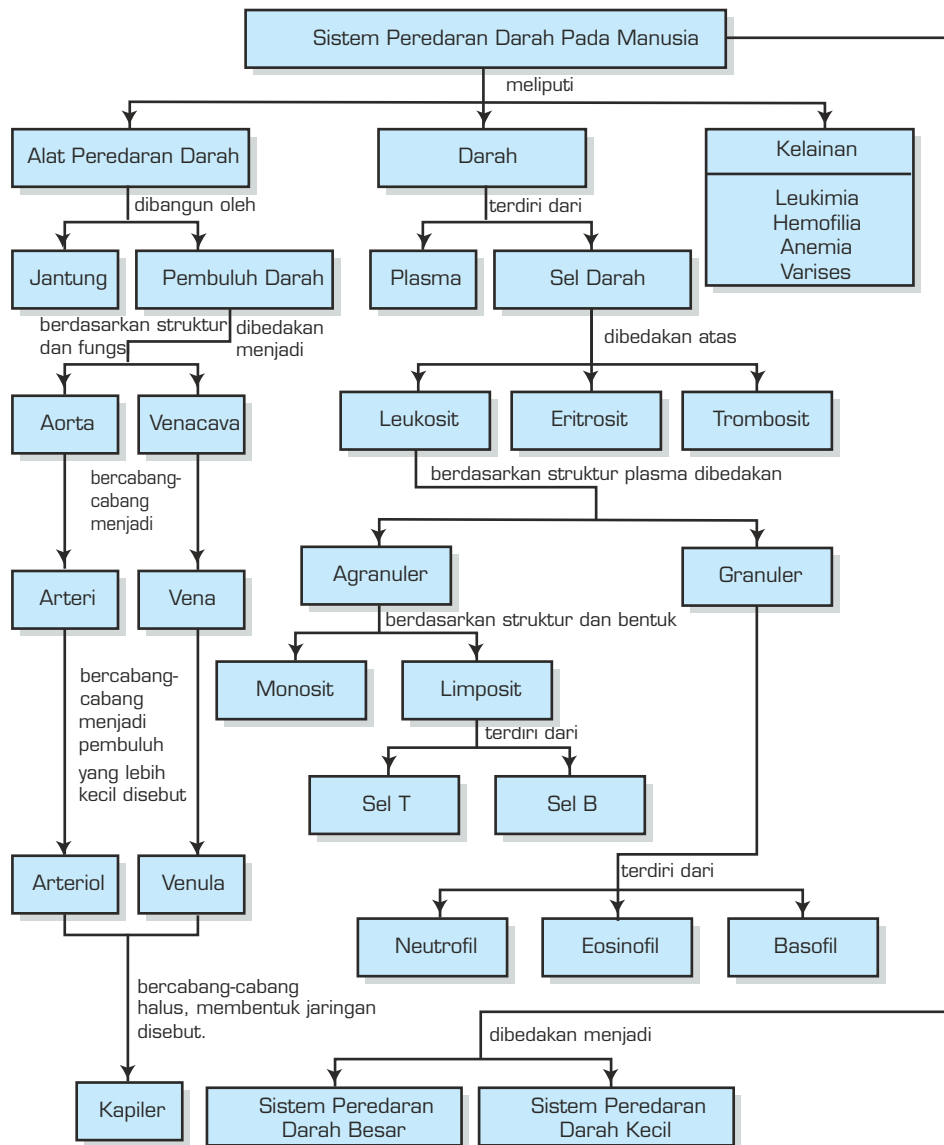
Sumber: *Biology for You*

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini, siswa dapat:

1. menjelaskan struktur darah, jantung, dan pembuluh darah (arteri dan vena);
2. menjelaskan fungsi darah, jantung, dan pembuluh darah (arteri dan vena);
3. menentukan golongan darahnya sendiri;
4. menjelaskan kemungkinan penyebab terjadinya penyakit/kelainan pada sistem peredaran darah;
5. membuat laporan tentang pemanfaatan teknologi yang dipakai dalam membantu sistem peredaran darah.

PETA KONSEP



Darah sebagai sistem transportasi tubuh secara fungsional menghubungkan organ-organ pertukaran dengan sel-sel tubuh, mengangkut bahan-bahan yang dibutuhkan, seperti O_2 dan zat makanan atau bahan-bahan sisa metabolisme, seperti CO_2 dan urea.

Pada manusia dan hewan yang lebih kompleks, difusi saja tidak mencukupi untuk pengangkutan bahan-bahan kimia dengan jarak makroskopis, hal ini disebabkan oleh kecepatan zat-zat untuk berdifusi tidak seimbang dengan kebutuhan.

Dengan mengangkut cairan ke seluruh tubuh, secara fungsional sistem tersebut menghubungkan lingkungan berair sel-sel tubuh dengan organ-organ yang mempertukarkan gas, menyerap nutrisi, dan membuang zat-zat sisa. Pada vertebrata, termasuk manusia sistem peredaran darah meliputi darah, getah bening, dan alat-alat peredaran darah.

A. Darah

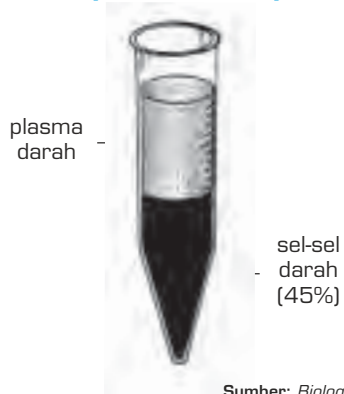
Kita semua sudah tahu bahwa darah manusia berwarna merah, padahal warna merah ini berubah-ubah. Kadang-kadang berwarna merah tua, suatu saat merah cerah, hal ini bergantung pada kadar O_2 dan CO_2 yang terlarut. Darah pada arteri (pembuluh nadi) berwarna merah cerah, sedangkan darah pada vena (pembuluh balik) berwarna merah tua banyak mengandung CO_2 . Pada orang sehat volume darah manusia diperkirakan $1/13$ atau 8% dari berat tubuh atau sekitar 5 liter.

1. Fungsi Darah

Darah berfungsi antara lain, sebagai berikut.

- Mengangkut bahan-bahan yang diperlukan oleh tubuh, yaitu O_2 , nutrisi (sari makanan), hormon, dan sebaliknya mengangkut sisa metabolisme dari jaringan tubuh ke alat-alat ekskresi.
- Mengendalikan stabilitas suhu tubuh.
- Sebagai alat pertahanan tubuh untuk melawan infeksi, dengan antibodi dan leukosit.
- Mengatur keseimbangan pH untuk menghindari kerusakan jaringan karena adanya senyawa buffer berupa hemoglobin, oksihemoglobin, bikarbonat, fosfat, dan protein plasma.
- Berperan dalam pembekuan darah jika terjadi luka.

2. Komponen-Komponen Darah



Sumber: *Biology*, Barrett

Apabila darah kita tempatkan dalam tabung reaksi lalu kita diamkan untuk beberapa saat, tinggallah cairan yang berwarna kekuningan, sedangkan warna merah akan mengendap seperti pada gambar di samping.

Gambar 4.1 Perbandingan plasma dan sel-sel darah manusia

a. Plasma Darah

Plasma darah merupakan bagian cair yang berwarna kekuningan, terdiri atas:

- 1) hampir 90% air yang di dalamnya terlarut berbagai macam zat, sari makanan, garam mineral, hormon, enzim, protein, dan zat sisa metabolisme;
- 2) garam-garam mineral, misalnya NaCl, KCl dan garam-garam fosfat. Adanya garam menyebabkan tekanan darah dalam pembuluh darah kapiler lebih besar daripada tekanan darah dalam jaringan sehingga darah yang terdapat di dalam pembuluh kapiler dapat masuk dalam jaringan. Sebaliknya tekanan darah dalam jaringan lebih besar daripada tekanan darah pada vena sehingga darah dari jaringan dapat masuk ke vena. Hal ini menyebabkan adanya keseimbangan pada tekanan darah;
- 3) protein plasma. Protein tidak hanya terdapat pada sel-sel darah, tetapi juga pada plasma darah yang terdiri atas:
 - a) *globulin* berfungsi untuk membentuk zat antibodi dan protrombin;
 - b) *fibrinogen* berfungsi dalam proses pembelahan;
 - c) *albumin* berfungsi untuk menjaga tekanan osmotik darah, yaitu dengan adanya albumin di dalam plasma maka tekanan osmotik di dalam sel darah dengan plasma darah kira-kira sama sehingga cairan plasma tidak dapat ke dalam sel darah.
 - d) *serum* plasma darah yang tidak mengandung fibrinogen dan berisi antibodi.
 - e) *antitoksin*, berfungsi menetralkan racun;
 - f) *opisimin* berfungsi memacu sifat fagosit pada leukosit.

KEGIATAN 4.1

Sel Darah

Tujuan: Mengamati bentuk sel darah merah, sel darah putih, dan sel darah pembeku.

Alat dan Bahan

1. Mikroskop
2. Preparat awetan apusan darah
3. Carta macam-macam sel darah

Cara Kerja

1. Amatilah preparat apusan darah dengan mikroskop.
2. Gunakan pembesaran lemah, setelah mendapat gambaran secara keseluruhan gunakan pembesaran kuat.
3. Amati dengan saksama, gambar dalam buku catatanmu.
4. Bandingkan dengan gambar pada carta.

b. Sel-Sel Darah

Sel darah adalah sel-sel yang hidup, terdiri atas sel darah merah (eritrosit), sel darah putih (leukosit), dan keping darah pembeku (trombosit).

1) Sel darah merah (eritrosit)

Pada vertebrata umumnya sel darah merah berbentuk lonjong, bikonvek, dengan inti lonjong kecuali pada mamalia berbentuk bundar bikonkaf (cekung di kedua sisi), tidak berinti dan warnanya merah karena mengandung hemoglobin (Hb), yaitu protein rangkap yang mengandung Fe terdiri atas hemin dan globin, berdiameter 7–8 μm . Setiap 1 mm^3 darah mengandung 4–6 juta, banyaknya sel darah merah pada laki-laki dewasa 5 juta/ mm^3 , sedangkan wanita dewasa 4,5 juta mm^3 . Orang-orang yang tinggal di dataran tinggi umumnya memiliki eritrosit lebih banyak, contoh orang hidup di Peru, pada ketinggian 6.000 m dari permukaan laut memiliki sel darah merah kurang lebih 8 juta/ mm^3 .

Tugas 4.1

Diskusikan dengan temanmu.

1. Mengapa laki-laki dewasa mempunyai jumlah eritrosit lebih banyak daripada wanita?
2. Mengapa orang yang hidup di dataran tinggi cenderung mempunyai jumlah eritrosit lebih banyak?

Kadar hemoglobin pada laki-laki sehat 14-16%, sedangkan pada wanita sehat 12-14%. Jika kadar Hb seseorang 14%, artinya dalam 100 mm³ darah terdapat 14gr Hb. Kadar hemoglobin ini dapat diukur dengan alat spektrofotometer.

Kadar hemoglobin seseorang dapat berkurang dan disebut anemia. Hal ini terjadi karena seseorang menderita penyakit, antara lain malaria, cacung tambang, kanker darah, TBC yang kronis atau karena kecelakaan. Hemoglobin berfungsi mengangkut O₂ ke seluruh tubuh dan mengangkut CO₂ dari sel-sel tubuh ke paru. Hemoglobin mengangkut O₂ dalam bentuk oksihemoglobin dan mengikat CO₂ dalam bentuk karboksihemoglobin.



Eritrosit pada orang dewasa dibentuk di dalam sumsum merah tulang, sedangkan pada embrio dibentuk di dalam hati dan limpa. Usia eritrosit ± 120 hari, sel yang sudah tua akan mati dan dirombak di dalam hati dan limpa oleh sel-sel histiosit. Hemoglobin dilepas, Fe diambil dan disimpan di hati selanjutnya dikirim ke sumsum merah tulang untuk membentuk hemoglobin kembali. Globin digunakan lagi untuk membentuk hemoglobin baru. Hemin diubah menjadi bilirubin dan biliverdin (zat warna empedu) kemudian dikeluarkan di usus, seterusnya keluar tubuh bersama feses.

2) Sel darah putih (leukosit)

Leukosit berukuran lebih besar daripada eritrosit, bentuknya tidak tetap (ameboid). Besarnya bervariasi 8-15 µ, jumlahnya 6.000-11.000 tiap mm³ serta memiliki inti sel. Leukosit dapat dibedakan menjadi dua tipe, yaitu:

a) Granulosit

Jumlahnya hampir 75% dari seluruh leukosit, plasmanya mengandung granula (butir-butir halus), dibuat di dalam sumsum merah oleh jaringan retikulo endotelium. Granulosit merupakan sel fagosit, memakan benda asing, terutama bakteri. Oleh karena itu, granulosit dapat menembus dinding kapiler, disebut diapedesis serta masuk ke jaringan-jaringan. Apabila terjadi luka, granulosit akan berkumpul pada luka untuk memakan bakteri yang masuk ke dalam tubuh. Granulosit yang mati akan berkumpul berupa nanah. Granulosit dibedakan berdasarkan reaksi granulanya terhadap zat pewarna, yaitu :

- 1) eosinofil, menyerap zat warna yang bersifat asam (eosin) granulanya berwarna merah jumlahnya ± 4%;
- 2) basofil, menyerap zat warna yang bersifat basa (methylen biru) granulanya berwarna biru, jumlahnya ± 1%;
- 3) neutrofil, menyerap zat warna baik yang bersifat asam maupun basa, granulanya berwarna merah kebiruan, jumlahnya ± 70% merupakan fagosit.

b) Agranulosit

Plasma agranulosit tidak mengandung granula (butiran), intinya relatif besar, jumlahnya $\pm 25\%$. Agranulosit dibedakan menjadi dua yaitu:

- (1) Limfosit, jumlahnya $\pm 23\%$. Dibentuk dalam sumsum merah, limpa, dan kelenjar limfa. Fungsi limfosit tidak sebagai fagosit tetapi untuk membentuk antibodi. Terdapat dua bentuk utama limfosit, yaitu T limfosit dan B limfosit. T limfosit akan bergerak menuju kelenjar timus, sedangkan B limfosit tetap pada sumsum tulang.
- (2) Monosit, ukuran selnya besar $\pm 9-12 \mu\text{m}$ dan jumlahnya hanya sedikit. Dibentuk di hati dan limpa. Fungsi monosit sama dengan granulosit, memakan bakteri dan benda asing lainnya. Monosit dapat berpindah dari aliran darah ke jaringan. Pada jaringan, monosit membesar dan bersifat fagosit menjadi makrofag. Makrofag dan netrofil merupakan fagosit utama paling efektif. Berbagai bentuk sel darah perhatikan Gambar 4.2.



Sumber: *General Zoology*, Storer

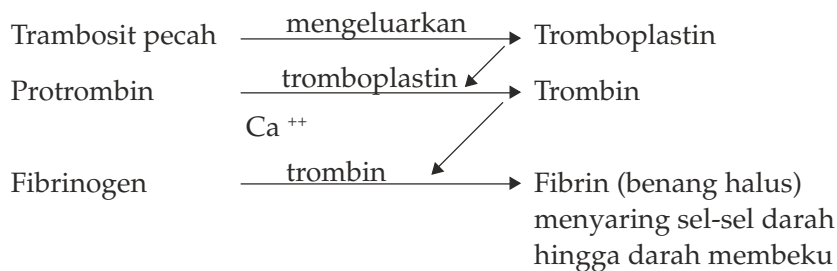
Gambar 4.2 Berbagai macam bentuk sel darah

3) *Keping darah pembeku (Trombosit)*

Trombosit bentuknya tidak beraturan, berukuran kecil $\pm 3 \mu$ dan tidak memiliki inti. Jumlahnya $\pm 200.000 - 450.000/\text{mm}^3$ darah. Trombosit dibuat dalam sumsum merah dari megakariosit. Megakariosit merupakan trombosit yang sangat besar dalam sumsum tulang. Trombosit berfungsi dalam proses pembekuan darah jika terjadi luka. Sifatnya rapuh, jika terkena benturan pada bidang yang besar atau berhubungan dengan udara akan pecah dan akan mengeluarkan zat yang disebut trombokinase atau tromboplastin.

Apabila terjadi luka dan darah keluar, trombosit akan bersentuhan dengan permukaan luka yang kasar, akan pecah dan mengeluarkan tromboplastin/trombokinase. Trombokinase bersama-sama ion Ca^{++} akan mengubah protrombin menjadi trombin. Protrombin adalah senyawa globulin yang larut dalam plasma darah. Protrombin dibuat di dalam hati dengan bantuan vitamin K.

Trombin akan mengubah fibrinogen menjadi fibrin yang akan menghalangi keluarnya sel-sel darah hingga terjadi pembekuan darah dalam waktu ± 5 menit. Agar lebih mengerti pelajari bagan pembekuan darah berikut ini.



Dari uraian tersebut, secara ringkas dapat disimpulkan bahwa untuk proses pembekuan darah diperlukan tromboplastin, Ca^{++} , vitamin K, protrombin. Jika salah satu komponen tidak ada, proses pembekuan darah akan terhambat. Hemofili merupakan penyakit bawaan, yaitu seseorang tidak mampu menghasilkan zat antihemofili, sehingga darahnya sukar membeku jika terjadi luka. Penyakit itu merupakan warisan yang diturunkan dari kedua orang tua.

Sebaliknya pada pengambilan darah, agar pembekuan darah dapat dicegah dilakukan hal-hal berikut.

- 1) Memberikan garam natrium sitrat atau natrium oksalat, dengan tujuan mengikat ion Ca^{++} hingga pembentukan trombin terhambat.
- 2) Mencegah terjadinya luka yang besar, misalnya menggunakan jarum yang tajam.
- 3) Darah yang sudah diambil disimpan di tempat yang dingin, pada suhu 0°C , hingga enzim pembekuan tidak aktif.
- 4) Memberikan bahan antikoagulasi, seperti hirudin, heparin yang menghalangi reaksi fibrinogen dengan trombin.

INFO BIOLOGI

Revolusi Penanganan Pendarahan dengan Larutan Peptide

Belum lama ini tim yang terdiri atas para ahli dari Amerika dan Hongkong, berhasil mengembangkan teknik biodegradasi yang sanggup menyembuhkan luka terbuka hanya dalam hitungan detik. Hal tersebut selanjutnya diharapkan dapat membawa kemajuan di dunia kedokteran terutama dalam upaya pengontrol pendarahan. Penemuan baru tersebut dapat membantu menstabilkan kondisi pasien yang mengalami luka-luka serius bahkan pendarahan. Mekanismenya serupa dengan ketika menggunakan obat merah, larutan tersebut

dioleskan ke bagian yang luka, dan selanjutnya dengan cepat akan menutup luka. Begitu peptide (salah satu bagian protein) dioleskan, dia lalu melebar menjadi larutan yang menutup luka tanpa merusak sel tubuh. Kepala peneliti, Dr. Rutledge dari Massachusetts Institut of Technology, mengatakan penemuan itu akan mampu mencegah pendarahan kurang dari 15 detik.

Sumber: *Republika*, Oktober 2006

3. Golongan Darah

Mengetahui golongan darah seseorang mempunyai arti penting terutama jika harus melakukan transfusi. Darah yang diberikan harus sesuai dengan golongan darah penerima karena darah manusia tidak semuanya sama. Sekarang telah ditemukan sistem penggolongan darah.

a. Sistem A - B - O

Pada tahun 1901, Dr. Karl Landsteiner dan Donath menemukan penyebab plasma darah seseorang mampu menggumpalkan eritrosit orang lain. Landsteiner menemukan senyawa dalam eritrosit dan memberi nama aglutinogen A dan B. Eritrosit seseorang ada yang mengandung aglutinogen A, ada yang mengandung aglutinogen B, atau mengandung keduanya, bahkan ada yang tidak memiliki kedua aglutinogen tersebut.

Kekeliruan pada tranfusi darah menimbulkan akibat fatal karena di dalam plasma darah resipien yaitu orang yang menerima transfusi darah, terbentuk aglutinin. Aglutinin adalah zat antibodi yang akan menggumpalkan antimorgen donor (pemberi), dan pada akhirnya gumpalan itu akan menyumbat pembuluh darah yang berakibat fatal. Atas dasar ini, Landsteiner membagi darah manusia menjadi empat golongan, yaitu:

- 1) Golongan A memiliki aglutinogen A dan aglutinin β .
- 2) Golongan B memiliki aglutinogen B dan aglutinin α .
- 3) Golongan AB memiliki aglutinogen AB dan aglutinogen tidak memiliki aglutinin.
- 4) Golongan O tidak memiliki aglutinogen, tetapi memiliki agutinin α dan β .

T u g a s 4.2

Periksa golongan darahmu di labotarium klinis, apa golongan darahmu. Perhatikan cara kerja petugas yang memeriksa. Bahan-bahan apa saja yang digunakan dan apakah fungsinya?

Catatlah semua informasi yang kamu dapat. Buat laporan.

b. Tranfusi Darah

Apabila karena sesuatu hal (luka parah, operasi atau melahirkan) seseorang kehilangan darah terlalu banyak, untuk menolongnya diberikan tambahan darah. Peristiwa ini disebut tranfusi darah, orang yang memberi disebut donor dan yang menerima disebut resipien. Pada tranfusi darah golongan darah donor harus sama dengan resipien, tetapi dalam keadaan darurat dapat dilakukan dengan memerhatikan aglutinogen dan aglutininnya. Jika aglutinogen donor tidak digumpalkan aglutinogen resipien, tranfusi darah dapat dilakukan.

Agar kamu lebih memahami tentang transfusi darah, salin dan kerjakan di buku tugasmu dengan mengisi kolom-kolom yang tersedia. Beri tanda (+) jika terjadi penggumpalan dan beri tanda (–) jika tidak terjadi penggumpalan.

Tabel 4.1 Kemungkinan dilakukannya transfusi

Golongan Darah Resipien	Golongan Darah Donor			
	A	B	AB	O
A β				
B α				
AB –				
O $\alpha \beta$				

Dari data dalam tabel buatlah kesimpulannya. Lalu, mengapa golongan darah O disebut donor universal? Mengapa pula golongan darah AB disebut resipien universal?

T u g a s 4.3

Buat catatan dari hasil observasi tentang golongan darah.

1. Tuliskan golongan darahmu.
2. Tuliskan golongan darah kedua orangtuamu dan saudara-saudara kandungmu, adakah golongan darah yang sama satu dengan yang lainnya? Mengapa demikian?
3. Kumpulkan data tentang golongan darah yang dimiliki oleh teman-temanmu di kelas. Golongan darah manakah yang paling banyak dan paling sedikit? Buat tabelnya.
4. Golongan darah apakah yang paling banyak dimiliki oleh teman laki-laki, demikian pula golongan darah apakah yang dimiliki oleh teman perempuan?

c. Sistem Rhesus

Sistem penggolongan darah yang lain adalah berdasarkan *faktor Rhesus*. Sistem rhesus ditemukan oleh Lionel dan Weiner pada tahun 1940 dengan menyuntikkan darah kera *Macacus rhesus* ke tubuh kelinci, ternyata darah kera tersebut digumpalkan oleh aglutinin yang dihasilkan plasma darah kelinci. Aglutinin yang berasal dari kelinci itu juga menggumpalkan darah manusia walaupun tidak pada semua orang.

Orang yang darahnya dapat digumpalkan oleh aglutinin dari kelinci dikelompokkan sebagai golongan Rhesus positif (Rh^+), sedangkan yang darahnya tidak dapat digumpalkan oleh aglutinin kelinci tadi dikelompokkan ke dalam Rhesus negatif (Rh^-). Secara singkat dapat diterangkan:

- 1) Golongan darah Rh^+ , dalam eritrositnya mengandung antigen Rhesus, pada plasmanya tidak dibentuk antibodi terhadap antigen Rhesus.
- 2) Golongan darah Rh^- , dalam eritrositnya tidak ada antigen Rhesus, pada plasmanya dapat dibentuk antibodi terhadap antigen Rhesus.

Golongan darah Rhesus negatif banyak dimiliki oleh orang Eropa $\pm 85\%$ dari jumlah penduduk, sedangkan orang Asia terutama Indonesia golongan Rhesus negatif hanya $\pm 0,013\%$.

B. Struktur Alat Peredaran Darah

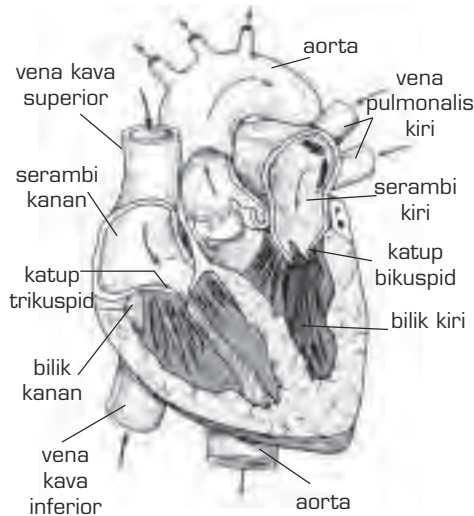
Alat peredaran darah pada manusia sama dengan alat peredaran darah pada mamalia, terdiri atas jantung dan pembuluh darah. Untuk lebih jelasnya, berikut akan dijelaskan mengenai alat peredaran darah.

1. Jantung

Seperti halnya pada mamalia yang lain, jantung manusia berada di dalam rongga dada agak sedikit ke sebelah kiri. Rata-rata berat jantung sekitar 340 gram untuk laki-laki dan 255 gram untuk perempuan. Jantung tersusun atas tiga lapisan, yaitu: perikardium, miokardium, dan endokardium.

- a. Perikardium, merupakan selaput pembungkus jantung berupa kantung rangkap yang di dalamnya berisi cairan untuk melindungi jantung dari gesekan organ lain.
- b. Miokardium, merupakan lapisan otot jantung yang terdiri atas berkas-berkas otot yang mempunyai kemampuan berkontraksi sehingga jantung dapat berdenyut seumur hidup.
- c. Endokardium, merupakan selaput yang membatasi ruang jantung. Lapisan ini mengandung pembuluh darah dan saraf.

Jantung manusia terdiri atas 4 ruang, 2 serambi (atrium) yaitu serambi kiri dan kanan dan 2 bilik (ventrikel) yaitu bilik kiri dan bilik kanan. Sekat yang memisahkan jantung menjadi bagian kiri dan kanan disebut *Septum Cordi* dan sekat yang memisahkan atrium dan ventrikel disebut *Septum atrio ventriculorum*. Sekat antara serambi kiri dan serambi kanan pada fetus masih terdapat lubang yang disebut *foramen ovale* dan akan tertutup dengan sendirinya kurang lebih 10 hari setelah kelahiran.



Sumber: *Biology*, Barrett

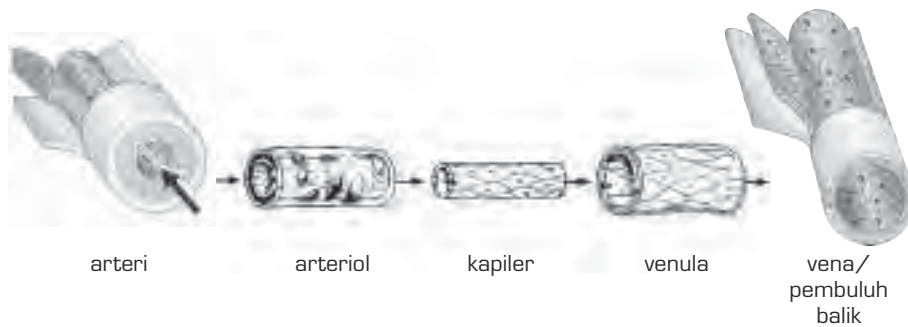
Gambar 4.3 Jantung dan bagian-bagiannya

Antara serambi kiri dan bilik kiri dihubungkan oleh katup berkelopak dua (valvula bikuspidalis), antara serambi kanan dan bilik kanan dihubungkan oleh katup berkelopak tiga (valvula trikuspidalis). Katup-katup tersebut diperkuat oleh korda tendinae. Katup-katup tersebut mencegah darah dari bilik tidak dapat kembali ke atrium. Pada pangkal aorta dan pangkal arteri pulmonalis (pembuluh nadi paru-paru) terdapat katup berbentuk bulan sabit (valvula semilunaris) yang mencegah darah tidak kembali ke jantung. Agar lebih memahami tentang struktur jantung pelajari Gambar 4.3.

2. Pembuluh Darah

Seluruh pembuluh darah yang mengalirkan darah dari jantung disebut arteri atau pembuluh nadi. Diameter arteri bervariasi mulai dari yang paling besar, yaitu aorta (± 20 mm) sampai ke cabang-cabang yang paling kecil, yaitu arteriol ($\pm 0,2$ mm). Dinding arteri yang bersifat elastis (kenyal) dan mampu berkontraksi ini terdiri atas tiga macam jaringan, yaitu jaringan ikat di lapisan paling luar, jaringan otot yang tebal, dan jaringan endotel yang melapisi permukaan dalam arteri. Penimbunan senyawa-senyawa lemak pada dinding arteri menyebabkan penyempitan pembuluh dan hilangnya kekenyalan dinding arteri, keadaan ini disebut *arteriosklerosis*.

Cabang-cabang halus dari arteriol yang tersebar di seluruh jaringan tubuh adalah pembuluh kapiler, diameternya kurang lebih 7 mikron (1 mikron = 0,001 mm) sehingga hanya satu per satu sel darah yang dapat melewatinya. Dinding kapiler tersusun dari selapis sel endotel yang memungkinkan terjadinya pertukaran zat antara darah dan cairan jaringan secara difusi. Perhatikan struktur pembuluh darah pada Gambar 4.4.



Sumber: *Biology for You*

Gambar 4.4 Struktur pembuluh darah

Darah dari kapiler dikumpulkan ke dalam vena-vena kecil yang disebut venula dengan diameter $\pm 0,2$ mm. Selanjutnya darah masuk ke dalam vena atau pembuluh balik yang diameternya lebih besar dan akan mengalirkan darah ke jantung. Vena paling besar ialah vena kava superior dan vena kava inferior yang diameternya kurang lebih 20 mm. Seperti halnya arteri, dinding vena juga tersusun dari tiga macam jaringan, tetapi jaringan otot sangat tipis sehingga secara keseluruhan dinding vena lebih tipis dan kurang kenyal dibandingkan dengan dinding arteri.

Pengaruh kontraksi jantung terhadap aliran darah vena sangat kecil sehingga aliran di dalam vena sebagian besar disebabkan oleh kontraksi otot-otot di sekitarnya yang dibantu oleh katup-katup pencegah arus balik di sepanjang pembuluh.

KEGIATAN 4.2

Menghitung Denyut Jantung

Alat dan Bahan

1. Stopwatch/jam
2. Tally Counter

Cara Kerja



1. Rabalah nadi pada pergelangan tangan temanmu dengan menggunakan jari telunjuk dan jari tengah. Seperti terlihat dalam gambar, sampai kamu rasakan ada denyut.

2. Hitung jumlah denyutannya selama 1 menit dan catat dalam tabel. Ulangi kegiatan tersebut selama tiga kali.
3. Suruh temanmu lari-lari di tempat selama lima menit. Kemudian lakukan kegiatan seperti kegiatan pertama. Catat hasilnya dalam bentuk tabel seperti berikut.

Sebelum Kegiatan					Sesudah Kegiatan				
Nama	Jumlah Denyutan				Nama	Jumlah Denyutan			
	1	2	3	rata-		1	2	3	rata-rata

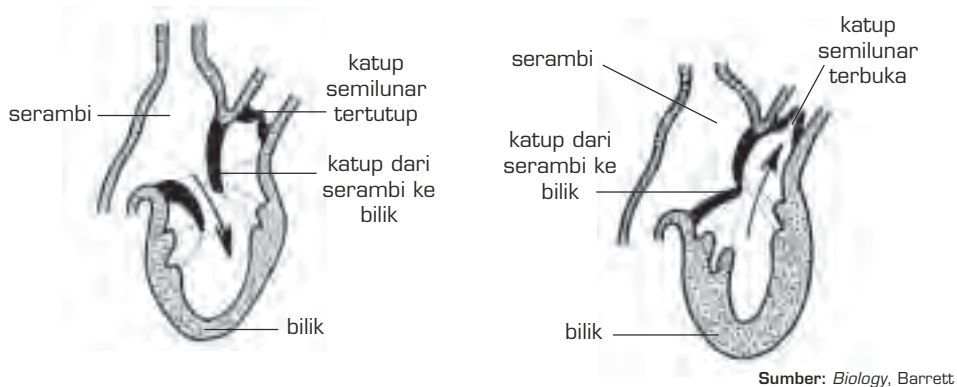
4. Lakukan kegiatan satu, dua, dan tiga bergantian dengan temanmu.
Pertanyaan
 1. Samakah jumlah denyut nadi sebelum dan sesudah kegiatan?
 2. Bagaimanakah kecepatan denyut nadimu dibandingkan dengan teman lain?
 3. Bandingkan pula denyut nadi temanmu yang bertubuh kurus dan gemuk.
 4. Menurut pendapatmu faktor-faktor apa saja yang memengaruhi denyut nadi seseorang?

C. Proses Peredaran darah

Darah mengalir ke setiap bagian tubuh, di dalam suatu sistem pembuluh darah yang rumit yang membentuk sistem peredaran darah. Peredaran darah pada manusia merupakan peredaran darah tertutup karena darah mengalir dalam pembuluh darah. Darah mengalir melewati jantung dua kali sehingga disebut pembuluh darah ganda, yang terdiri atas peredaran darah besar atau peredaran darah sistemik dan sistem peredaran darah kecil atau peredaran darah paru.

Pada peredaran darah kecil, darah mengalir dari jantung melalui ventrikel kanan ke paru-paru dan kembali menuju jantung melalui atrium kiri. Sebaliknya pada sistem peredaran darah besar, darah mengalir dari jantung melalui ventrikel kiri menuju ke seluruh tubuh kecuali paru-paru, kemudian darah kembali menuju ke jantung melalui atrium kanan.

Secara lengkap proses peredaran darah pada manusia dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6.



- a. Darah mengalir dari serambi ke bilik b. Darah meninggalkan bilik

Gambar 4.5 Peredaran darah pada jantung

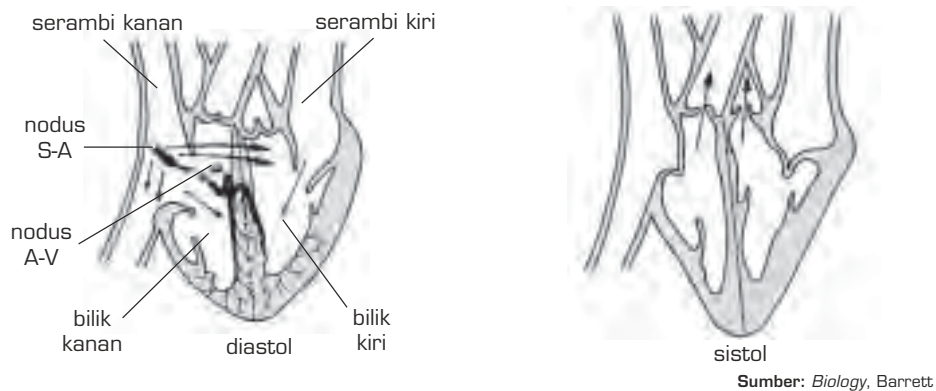
Kemampuan jantung untuk berdenyut dipicu oleh suatu jaringan tertentu pada jantung itu sendiri yang disebut *nodus sinoatrial* (nodus S-A) pada dinding atas serambi kanan. Impuls yang ditimbulkan nodus S-A disebarkan ke seluruh otot serambi sehingga otot-otot serambi berkontraksi yang menyebabkan darah dari serambi masuk ke bilik.

Sementara itu, impuls dari nodus S-A merambat mencapai *nodus atrioventrikular* (nodus A-V) yang terletak di bagian bawah sekat serambi kemudian diteruskan melalui *berkas His* yang bercabang dua, satu cabang menuju otot bilik kiri dan cabang yang lain menuju otot bilik kanan, tiap-tiap cabang tersebut membentuk ranting-ranting ke seluruh otot bilik. Impuls tersebut menyebabkan otot-otot bilik berkontraksi, peristiwa ini disebut *sistol* sehingga tekanan di dalam bilik meningkat dan darah mendesak katup trikuspidalis dan katup bikuspidalis menutup, sedangkan desakan dari bilik kiri ke aorta dan bilik kanan ke arteri pulmonalis menyebabkan katup-katup semilunar terbuka.

Ketika darah keluar dari bilik kiri melewati katup semilunar, di dalam aorta masih terdapat sebagian darah yang belum dialirkan sehingga tekanan darah di dalam aorta meningkat dan tekanan ini dinamakan *tekanan sistol* yang dalam keadaan normal besarnya kurang lebih 120 mm Hg.

Setelah pengosongan bilik, otot-otot bilik mengalami relaksasi atau biasa pula disebut *diastol*, tekanan di dalam bilik saat itu lebih rendah daripada tekanan di dalam aorta sehingga darah dari aorta mendesak kembali ke jantung yang mengakibatkan katup semilunar menutup. Sementara itu, darah di dalam aorta sebagian dialirkan ke berbagai arteri, maka tekanannya menurun sampai 80 mmHg pada keadaan normal dan disebut sebagai *tekanan*

diastol. Selama jantung mengalami diastol, darah dari vena pulmonalis masuk ke dalam serambi kiri dan darah dari vena kava memasuki serambi kanan selanjutnya otot-otot serambi akan berkontraksi lagi setelah memperoleh impuls dari nodus S-A.



Gambar 4.6 Diagram diastol dan sistol pada jantung

Dari uraian di atas, jelaslah bahwa selama satu denyut jantung, terjadi perubahan tekanan darah terhadap dinding aorta, pada orang dewasa dalam keadaan normal tekanan yang tertinggi, yaitu tekanan sistol besarnya kurang dari 120 mmHg dan tekanan diastol besarnya kurang dari 80 mmHg. Tekanan darah ini dapat diukur dengan tensimeter atau sphygmomanometer seperti yang tampak pada Gambar 4.7 dan hasilnya biasa dituliskan sistol/diastol: 120/80 mmHg. Tekanan darah umumnya cenderung meningkat dengan bertambahnya umur, untuk orang dewasa dikatakan bertekanan darah tinggi (hipertensi) jika sistol/diastol melebihi 160/100 mmHg, dan hal ini dapat berakhir dengan pecahnya pembuluh darah di sekitar otak. Beberapa faktor yang memengaruhi besarnya tekanan darah, antara lain kekuatan kontraksi otot-otot bilik, volume darah keseluruhan, dan kekenyalan dinding arteri.



Sumber: *Biology for You*

Waktu yang diperlukan otot-otot jantung selama sistol dalam keadaan istirahat kurang lebih 0,27 detik dan diastol 0,53 detik sehingga satu denyut jantung memerlukan kira-kira 0,80 detik berarti frekuensi denyut jantung dalam keadaan istirahat kurang lebih 70 sampai 75 kali per menit. Frekuensi denyut jantung ini dikendalikan oleh saraf simpatetik dan saraf parasimpatetik.

Gambar 4.7 Pengukuran tekanan darah

D. Sistem Limfatis

Sistem limfatis terdiri atas cairan limfa atau cairan getah bening, pembuluh limfa, dan kelenjar limfa. Berbeda dengan sistem peredaran darah yang bersifat tertutup, sistem peredaran getah bening bersifat terbuka. Sistem limfatis berperan pada pengangkutan lemak dan melumpuhkan kuman penyakit.

Cairan limfa berasal dari plasma darah yang keluar dari dinding kapiler mengisi ruang-ruang antarsel sebagai cairan jaringan. Walaupun demikian, cairan ini berbeda dengan plasma darah karena ada penambahan dan pengambilan zat-zat oleh sel.

Cairan limfa yang berasal dari jaringan di daerah kepala, leher, dada bagian kanan, dan lengan kanan masuk ke dalam pembuluh limfa yang kecil lalu berkumpul pada pembuluh yang lebih besar, yaitu *pembuluh limfa kanan (duktus limfatikus delister)*. Pembuluh limfa kanan bermuara pada *vena subklavia kanan*. Sementara itu limfa yang berasal dari bagian tubuh lainnya berkumpul ke dalam pembuluh limfa dada (*duktus torasikus*) yang bermuara pada vena subklavia kiri. Asam lemak yang diserap usus diangkut oleh pembuluh kil (pembuluh limfa usus) bermuara pada pembuluh limfa dada.



Sumber: Advanced Biology

Gambar 4.8 Sistem limfatik

Aliran di dalam pembuluh limfa sama halnya dengan aliran darah pada vena, yaitu disebabkan oleh kontraksi dan relaksasi otot-otot yang ada di sekitarnya. Di dalam pembuluh limfa yang besar terdapat juga katup-katup untuk menjaga agar aliran limfe tetap searah. Kelenjar lainnya ditemukan hampir di sepanjang pembuluh limfa. Pada kelenjar limfa terdapat sel-sel yang menghasilkan limfosit.

Limfosit menghasilkan antibodi untuk membunuh kuman atau benda-benda asing yang berasal dari luar tubuh atau yang sudah berkembang pada jaringan tubuh sehingga cairan limfa yang masuk ke dalam vena sudah tersaring dari kuman dan benda asing lainnya.

Beberapa kelenjar limfa yang besar antara lain terdapat di ketiak, lipatan siku, leher, dan lipatan paha. Jika terjadi infeksi, kelenjar limfa mengalami peradangan serta membengkak yang menimbulkan rasa sakit. Keadaan ini di kenal dengan sekelen (bahasa sunda) atau mlanjer (bahasa Jawa).

INFO BIOLOGI

Mahasiswa ITB Temukan Senyawa Penyembuh Leukemia

Tiga senyawa baru yang selama ini sama sekali belum ditemukan oleh pakar manapun di dunia, berhasil ditemukan oleh mahasiswa Program Studi Kimia FMIPA Pasca Sarjana-S3. ITB, Dr. Sahidin Sutriadi, MSi. Tiga senyawa yang ditemukan diberi nama *diptoindonesin D*, *diptoindonesin G*, dan *hopeafenol*.

Senyawa tersebut, ditemukan pada tumbuh-tumbuhan *merawan* atau *hopea* yang sejenis dengan pohon meranti. Berdasarkan penelitian, senyawa tersebut dapat membunuh sel tumor leukemia lebih dari 50%, karena senyawa *diptoindonesin G* tergolong sangat aktif dan *diptoindonesin D* tergolong aktif.

Sumber: *Republika*, 10 November 2006

E. Kelainan pada Sistem Peredaran Darah

Sistem peredaran darah termasuk bagian tubuh yang sering mengalami kerusakan, kegagalan fungsi, dan kelainan lainnya. Berikut ini contoh-contoh kelainan sistem peredaran darah pada manusia.

1. Leukemia

Leukemia ditandai dengan meningkatnya jumlah leukosit secara tajam, mencapai 1 juta per mm^3 darah atau lebih. Keadaan ini sangat berbahaya karena sel-sel pada sumsum tulang yang menghasilkan eritrosit digantikan oleh leukosit sehingga menghambat pembentukan eritrosit. Untuk mengatasi leukemia, selain pemberian obat-obatan, pasien diberi transfusi darah atau dilakukan transplantasi sumsum tulang belakang.

2. Hemofili

Hemofili adalah kelainan yang bersifat genetis. Penderita tidak mampu melakukan proses pembekuan darah pada saat luka atau pembuluh darahnya pecah, atau proses pembekuannya sangat lama sehingga darah terus mengalir. Hal ini terjadi karena tubuh tidak memiliki faktor pembeku darah, seperti AHG (Anti Hemophilic Globulin) atau PTC (Plasma Thromboplastin Component). Hemofili dapat diatasi dengan cara transfusi darah selama penderita mengalami pendarahan

3. Anemia

Anemia adalah rendahnya kadar hemoglobin dalam darah. Hal ini akan mengganggu lancarnya pengangkutan oksigen. Anemia disebabkan oleh beberapa hal di antaranya:

- a. kehilangan banyak darah, misalnya karena pendarahan hebat, luka bakar, infeksi cacing tambang;
- b. gangguan pembentukan darah, misalnya karena kekurangan vitamin dan zat-zat makanan tertentu;
- c. ada gangguan dan kerusakan pada sumsum tulang sehingga pembentukan sel darah merah (eritrosit) terhambat;
- d. penghancuran sel-sel darah merah yang terlalu cepat dan banyak, misalnya karena penyakit malaria.

Untuk mengatasi anemia maka dilakukan transfusi darah.

4. Varises

Varises adalah pelebaran pembuluh darah balik (vena). Dapat terjadi di bagian bawah kaki dan di sekitar lutut. Varises di sekitar dubur disebut hemoroid. Hal ini terjadi karena katup-katup pada pembuluh balik tidak dapat menutup dengan sempurna dan lemahnya dinding pembuluh darah.

5. Thalasemia

Thalasemia merupakan penyakit hereditas yang dikendalikan gen dominan, bersifat subletal. Bentuk sel darah tidak normal (berbentuk agregat) sehingga afinitas terhadap oksigen rendah. Penderita Thalasemia tidak mampu menyintesis rantai polipeptida alfa (α) dan rantai polipeptida beta (β) yang cukup. Rantai polipeptida dibutuhkan untuk membentuk hemoglobin.

6. Aterosklerosis

Aterosklerosis, yaitu penyakit yang disebabkan oleh pengerasan pembuluh darah akibat endapan lemak yang menyebabkan pembuluh darah tidak elastis.

7. Kolesterol

Jumlah kolesterol normal > 200 mg%, jumlah kolesterol dalam darah meningkat jika makan makanan yang mengandung lemak, produksi kolesterol tubuh meningkat, pembuangan kolesterol di usus berkurang. Kolesterol tinggi dapat menyebabkan jantung koroner, stroke, batu empedu, pembesaran hati dan gangguan ginjal.

8. Diabetes Mellitus

Seseorang dikatakan kencing manis jika kadar gula darah puasa > 120 mg % dan sesudah makan > 140 mg%.

9. Stroke

Stroke merupakan ketidakstabilan denyut jantung secara mendadak. Dengan cepat kontraksi jantung pada saat sistol meningkat tajam sehingga tekanan darah meningkat drastis. Pembuluh-pembuluh kapiler di otak dan organ-organ tubuh lainnya pecah akibat tekanan yang kuat. Sel-sel otak tergenang oleh darah sehingga fungsi otak hilang. Stroke terjadi karena otot jantung kekurangan protein khusus untuk kontraksi otot normal. Zat ini disebut tPA (tissue Plasminogen Activator).

Kini melalui bioteknologi dapat diproduksi tPA secara pabrikan, dikemas seperti obat biasa untuk mengurangi jumlah penderita stroke yang mematikan itu. Gen pembentuk tPA dapat diisolasi, disisipkan ke dalam susunan benang DNA pada sapi atau kambing. Dengan demikian, tPA akan diproduksi bersama keluarnya air susu pada sapi dan kambing. Kedua hewan tersebut dinamakan hewan transgenik.

10. Jantung Koroner

Jantung koroner disebut juga *infark miokard*. Jantung koroner merupakan penyempitan atau penyumbatan pada arteri jantung (arteri koronaria), menyebabkan kerja otot jantung akan terganggu atau bahkan terhenti. Jantung koroner dapat menyebabkan kematian mendadak. Jantung koroner dapat diatasi dengan memasukkan “cincin” pada pembuluh arteri sehingga aliran darah ke otot jantung lancar kembali.

11. Lemah Jantung

Kemampuan jantung berdenyut dipicu oleh suatu jaringan tertentu yang disebut Nodus Sinortrial (nodus S – A). Nodus S – A terletak pada dinding atas serambi kanan jantung. Jika Nodus S – A rusak, jantung berhenti berdenyut, atau denyutnya lemah sehingga tidak mampu memompa darah secara optimal. Lemah jantung dapat diatasi dengan cangkok alat pacu jantung buatan.

12. Hipertensi dan Hipotensi

Hipertensi (tekanan darah tinggi) dan hipotensi (tekanan darah rendah) merupakan kelainan pada tekanan darah. Hal ini disebabkan oleh kekentalan darah di atas normal atau di bawah normal. Kekentalan darah dipengaruhi oleh kandungan garam dan gula dalam darah. Jika darah terlalu kental, alirannya lambat sehingga jantung harus memompa lebih kuat. Oleh karena itu, terjadi tekanan darah tinggi. Keadaan ini dapat diperbaiki dengan cara mengurangi asupan garam dan gula ke dalam tubuh.

INFO BIOLOGI

Jantung

Penggunaan narkotika dan obat-obatan terlarang dapat menyebabkan gangguan pada katup jantung. Jantung tidak mampu memompa. Hal ini menyebabkan sindrom kegagalan jantung dengan gejala bengkak di hati, kaki, dan organ tubuh lainnya.

Katup jantung dapat diganti dengan katup buatan. Di Rumah Sakit Harapan Kita Jakarta, katup termurah harganya Rp12 juta, dan termahal – Rp42,5 juta.

Sumber: Kompas

F. Teknologi yang Berkaitan dengan Sistem Peredaran Darah

Perkembangan ilmu dan teknologi yang pesat dewasa ini khususnya di bidang medis, memberi peluang bagi manusia untuk hidup normal lebih lama.

Berbagai penyakit dan kelainan yang dulu tidak dapat ditangani, kini dapat dicegah atau disembuhkan seiring dengan meningkatnya pengetahuan tentang gizi, perawatan kesehatan, serta ditemukannya berbagai alat medis yang modern dan canggih. Untuk menambah pengetahuanmu tentang penanganan kelainan serta penyakit pada sistem peredaran darah serta alat-alat yang digunakan kerjakan tugas 4.4 berikut.

Tugas 4.4

Carilah informasi dengan mengunjungi rumah sakit, PMI, dinas kesehatan kota, media cetak atau media elektronik tentang:

1. Alat pacu jantung.
2. Alat hemodialisis (cuci darah).
3. Proses penyimpanan darah donor di Bank darah.
4. Proses transfusi.

Lakukan secara berkelompok dan buatlah laporannya.

Saran: Buku sumber yang dapat kamu baca.

1. Ilmu pengetahuan populer jilid 8: PT Widyadara
2. Biology for You: Gareth William.

Rangkuman

1. Sistem sirkulasi pada manusia berperan dalam pengangkutan dan peredaran makanan, oksigen, hormon, dan sisa-sisa metabolisme.
2. Seperti halnya pada mamalia yang lain, jantung manusia terdiri atas 4 ruang yang masing-masing berhubungan dengan pembuluh-pembuluh darah.
3. Arteri atau pembuluh nadi mengalirkan darah dari jantung, memiliki diameter yang bervariasi mulai dari yang paling besar aorta (± 20 mm) sampai ke cabang-cabang paling kecil, yaitu arteriol ($\pm 0,2$ mm).
4. Volume darah di dalam tubuh manusia kurang lebih seperempat dari berat badan.
5. Darah berfungsi sebagai alat pengangkut zat-zat makan, sisa-sisa metabolisme dan hormon, serta mengatur keseimbangan asam basa cairan tubuh.

6. Darah terdiri atas plasma darah dan sel-sel darah. Plasma darah mengandung 90% air, selebihnya adalah protein-protein darah (albumin, globulin, dan fibrinogen) garam, sisa metabolisme, hormon, dan gas-gas terlarut.
7. Sistem limfalis terdiri atas limfa atau cairan getah bening, pembuluh limfa, dan kelenjar limfa. Sistem ini berperan pada pengangkutan lemak dan melumpuhkan mikroorganisme yang dapat menimbulkan penyakit.
8. Gangguan atau kerusakan pada sistem peredaran darah dapat menyebabkan kegagalan fungsi atau kelainan.

Kata Kunci

aglutinin

aglutinogen

arteriosklerosis

diastol

donor

fagosit

hemoglobin

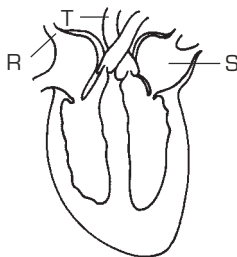
leukositosis

resipien

sistol

Evaluasi Akhir Bab

A. Pilih jawaban yang paling tepat.



Untuk soal no 1 sampai dengan 3 perhatikan gambar jantung di samping ini.

1. Pembuluh R adalah

A. aorta

B. vena

C. vena kava

D. vena pulmonalis

E. arteri pulmonalis

2. Ruang S berfungsi . . .
 - A. mengumpulkan darah dari seluruh tubuh
 - B. memompa darah dari ventrikel kanan
 - C. mengumpulkan darah dari paru-paru
 - D. memompa darah ke atrium kiri
 - E. memompa darah ke seluruh tubuh
3. Pembuluh T membawa . . .
 - A. darah yang kaya oksigen dari jantung
 - B. darah yang sedikit mengandung oksigen ke paru-paru
 - C. darah yang kaya oksigen dari paru-paru
 - D. darah yang kaya karbon dioksida ke paru-paru
 - E. darah yang kaya karbon dioksida ke seluruh tubuh
4. Pernyataan yang menunjukkan perbedaan antara eritrosit dan leukosit pada manusia yang benar berdasarkan data di bawah ini adalah . . .

Perbedaan	Eritrosit	Leukosit
A. Bentuk	Tidak teratur	Bikonkaf
B. Perbandingan	500	1
C. Inti	Ada	Tidak ada
D. Fungsi	Pertahanan	Transpor oksigen
E. Tempat dibentuk	Kelenjar limfa	Tulang spons

5. Natrium sitrat selalu dibutuhkan dalam darah yang digunakan untuk transfusi darah karena . . .
 - A. Na sitrat mencegah pembentukan fibrin dari fibrinogen
 - B. Na sitrat dapat melarutkan vitamin K yang penting untuk pembekuan darah
 - C. Na sitrat mencegah pertumbuhan bakteri
 - D. Na sitrat dapat mengikat Ca
 - E. Na sitrat penting untuk membunuh kuman yang mungkin terdapat dalam darah
6. Jika seseorang memerlukan transfusi darah, perlu diketahui dahulu golongan darah orang tersebut untuk menghindari adanya penggumpalan. Reaksi penggumpalan ini disebabkan oleh . . .
 - A. masuknya sel-sel darah merah
 - B. adanya reaksi antigen antibodi
 - C. masuknya serum darah
 - D. masuknya hemoglobin
 - E. masuknya trombosit

B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.

1. Bilamanakah jantung mengalami sistol dan diastol, serta jelaskan hal-hal yang berhubungan dengan kedua peristiwa tersebut!!
2. Jelaskan perbedaan antara keempat golongan darah manusia serta kemungkinan transfusinya!
3. Apakah hubungan antara fungsi leukosit dengan sifat ameboid dan fagosit yang dimilikinya? Jelaskan!
4. Uraikanlah secara singkat tentang proses pembekuan darah dan faktor-faktor yang dapat menghalangi kelangsungan proses tersebut!
5. Menurut pendapatmu, mengapa seseorang harus melakukan cuci darah?

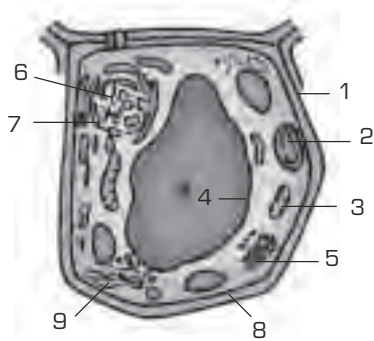
Evaluasi Akhir Semester

A. Pilih Jawaban yang paling tepat.

- Organel ini hanya terdapat dalam sel hewan fungsinya sebagai komponen yang aktif dalam pembelahan sel
 - kromosom
 - mikrotubulus
 - lisosom
 - sentrosom
 - nukleus
- Retikulum endoplasma dibedakan menjadi retikulum endoplasma halus dan kasar berdasarkan
 - fungsi retikulum endoplasma
 - struktur membran pembentuk retikulum endoplasma
 - ada tidaknya ribosom yang menempel pada ribosom
 - letaknya terhadap inti di dalam sitoplasma
 - panjang pendeknya saluran retikulum endoplasma
- Manakah dari pernyataan berikut yang benar?
 - Sel tumbuhan tidak memiliki membran plasma
 - Sel tumbuhan memiliki dinding sel
 - Sel tumbuhan memiliki setrosom
 - Sel tumbuhan tidak memiliki membran sel
 - Sel tumbuhan tidak memiliki lisosom
- Setiap sel hidup mempunyai bagian-bagian yang berperan menjalankan fungsi tertentu. Bagian sel yang terletak di luar inti sel, *kecuali*
 - nukleoplasma
 - ribosom
 - plastida
 - sitoplasma
 - lisosom
- Pasangan manakah yang benar dari tabel di bawah ini?

Organel Sel	Fungsi
A. Sentrosom	Pengatur aktivitas di dalam sel
B. Vakuola	Pembelahan sel
C. Ribosom	Penghasil antibodi
D. Badan Golgi	Sintesis protein
E. Mitokondria	Respirasi sel/Oksidasi zat makanan

6.



Pada gambar di samping yang diberi no. 2,3, dan 4 adalah

- A. RE, inti sel, mitokondria
- B. mitokondria, mikrotubul, inti sel
- C. vakuola, RE, Ribosom
- D. kloroplas, mitokondria, Vakuola
- E. inti sel, dinding sel, mitokondria

7.

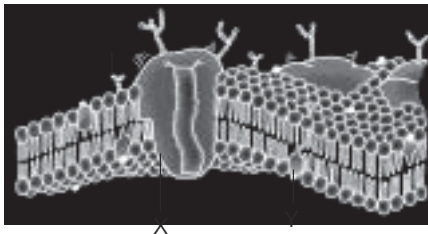


?

Perhatikan gambar organel mitokondria di atas! Bagian yang ditunjuk pada gambar tersebut adalah . . .

- A. membran luar
- B. ribosom
- C. krista
- D. matris
- E. DNA

8.



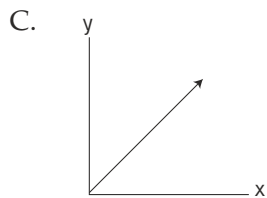
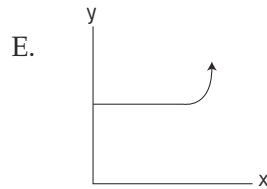
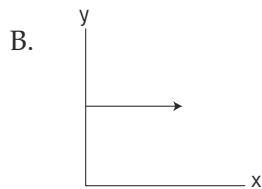
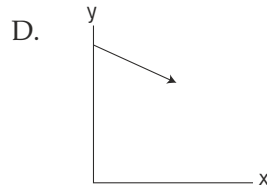
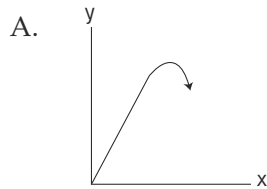
Berdasarkan gambar struktur membran plasma tersebut, tanda X bersifat hidrofilik dinamakan

- A. protein
- B. protein perifer/ekstrinsik
- C. protein integral
- D. fosfolipid
- E. glikolipid

9. Manakah dari Grafik berikut yang menunjukkan pengaruh suhu terhadap kecepatan reaksi yang dibantu enzim?

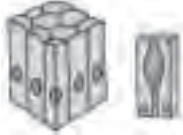
Ket: Sumbu X = Kecepatan reaksi

Sumbu Y = Temperatur



10. Jaringan mana yang paling banyak berperan dalam proses fotosintesis?
- A. Jaringan bunga karang
 - B. Jaringan epidermis
 - C. Mulut daun
 - D. Kambium
 - E. Jaringan palisade
11. Di antara jaringan di bawah ini yang tidak termasuk jaringan tumbuhan adalah . . .
- A. floem
 - B. xilem
 - C. parenkim
 - D. epitel
 - E. kolenkim

12. Sel-sel yang dapat membelah terdapat pada
- A. buah yang masak D. batang
B. jaringan permanen E. bunga
C. ujung akar
13. Pada epidermis dan rongga mulut terdapat epitel pipih berlapis banyak yang berfungsi sebagai
- A. eksresi D. absorpsi
B. proteksi E. filtrasi
C. sekresi
14. Perhatikan tabel di bawah ini!

Nama Jaringan Epitel	Gambar
I. Pipih selapis	
II. Silindris selapis	
III. Silindris berlapis banyak	
IV. Kubus berlapis banyak	

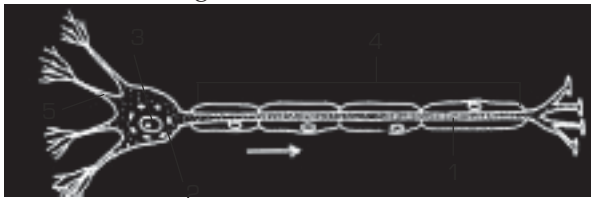
Pasangan yang benar adalah

- A. I dan II D. II dan IV
B. I dan III E. II dan III
C. I dan IV

15. Pada tumbuhan terdapat bermacam-macam jaringan dan fungsi khusus. Di bawah ini macam jaringan dan fungsi yang tidak benar adalah

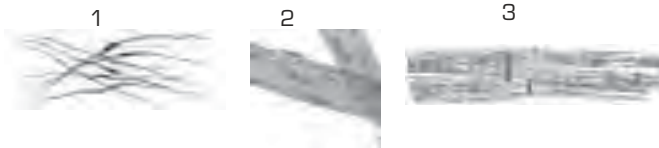
	Macam Jaringan	Fungsi
A.	Epidermis	Proteksi
B.	Kolenkim	Penyokong
C.	Kolenkim	Penyokong
D.	Xilem, Floem	Pembuluh
E.	Parenkim	Penyokong

16. Berdasarkan gambar saraf berikut Akson ditunjukkan oleh nomor



- A. 1
B. 2
C. 3
D. 4
E. 5

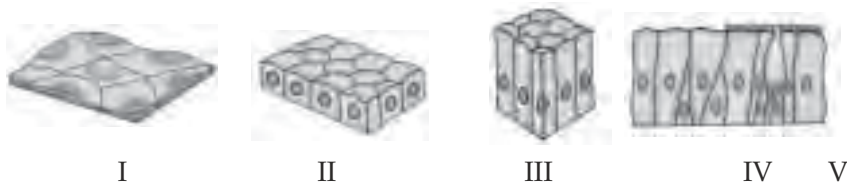
17. Perhatikan gambar di bawah ini!



Yang termasuk otot involunter adalah

- A. 1 dan 2
B. 1 saja
C. 1 dan 3
D. 2 saja
E. 3 saja

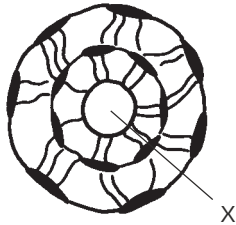
18. Gambar berikut memperlihatkan berbagai macam jaringan epitel.



Tipe jaringan mana yang menyusun pembuluh limfe, pembuluh darah, dan jantung, glomerulus, serta elveolus?

- A. III dan IV
- B. I
- C. II
- D. III
- E. IV

19. Perhatikan jaringan tulang berikut.



Bagian yang bertanda X adalah . . .

- A. Saluran Havers
- B. Lakuna
- C. Kanalikuli
- D. Lamela
- E. Matriks

20. Berikut ini adalah beberapa fungsi rangka . . .

- A. tempat melekatnya otot
- B. tempat pembentukan sel darah
- C. pelindung alat tubuh yang vital
- D. tempat penimbunan mineral Ca dan P
- E. merupakan alat gerak aktif

21. Manusia dan hewan vertebrata mempunyai rangka endoskeleton, hal ini karena . . .

- A. tersusun atas tulang rawan dan sejati
- B. rangka terletak diluar tubuh
- C. tersusun oleh beberapa jenis tulang
- D. letak rangka dalam tubuh dibalut otot dan kulit
- E. mempunyai ruas-ruas tulang belakang

22. Salah satu contoh skeleton aksial adalah . . .

- A. telapak kaki
- B. tulang bahu
- C. tulang tengkorak
- D. tulang lengan
- E. tulang pinggang

23.

Jenis Otot	Keadaan Sel	Sifat
A. Otot polos	D. Inti banyak	G.. Tidak disadari
B. Otot Lurik	E. Inti Satu	H. Cepat lelah
C. Otot bahu	F. Garis interkalar	I. Gerak teratur

Berdasarkan tabel di atas, pernyataan yang benar adalah . . .

- A. A, E, H
- B. B, D, H
- C. B, D, G
- D. C, E, H
- E. A, F, G

24. Sendi pada lutut merupakan . . .

- A. sendi engsel
- B. sendi peluru
- C. sendi Putar
- D. sendi pelana
- E. sendi geser

25. Perasaan lelah merupakan akibat dari penimbunan yang berlebihan dari suatu zat dalam otot, zat itu adalah . . .

- A. glikogen
- B. glukosa
- C. asam Klorida
- D. zat lemak
- E. asam laktat

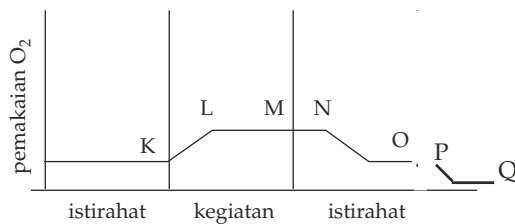
26. Otot-otot yang berantagonis adalah

- A. ekstensor dan abduktor
- B. abduktor dan depressor
- C. depresor dan fleksor
- D. ekstensor dan fleksor
- E. abduktor dan elevator

27. Seorang ibu yang selalu membawa dagangannya dengan cara digendong di pinggang, kemungkinan akan menderita kelainan tulang belakang yang disebut . . .

- A. lordosis
- B. kifosis
- C. skolosis
- D. artritis
- E. rakhitis

28. Posisi tangan menekuk dan otot berubah menjadi keras disebabkan oleh
- otot bisep dan trisep berkontraksi
 - otot bisep berkontraksi dan trisep relaksasi
 - otot bisep dan trisep berelaksasi
 - otot bisep relaksasi dan trisep berkontraksi
 - otot bisep memendek dan trisep memanjang
29. Berikut ini adalah grafik pemakaian oksigen otot sebelum, selama, dan setelah melakukan kegiatan fisik yang keras



Bagian yang menunjukkan kekurangan oksigen adalah

- M
 - N
 - O
 - P
 - Q
30. Keadaan tulang kurang keras karena kekurangan hormon kelamin sehingga tulang menjadi mudah patah dan rapuh, ini disebut
- osteoarthritis
 - makrosephalus
 - rakhitis
 - atrofi
 - osteoporosis
31. Pernyataan yang benar tentang perbedaan antara tulang rawan pada anak-anak dan tulang rawan pada orang dewasa adalah
- pada anak-anak berasal dari mesenkim, pada orang dewasa berasal dari sumsum tulang
 - pada anak-anak berasal dari mesenkrim, pada orang dewasa berasal dari mesenkim
 - pada anak-anak berasal dari mesenkim, pada orang dewasa berasal dari kardioblas
 - pada anak-anak berasal dari mesenkim, pada orang dewasa berasal dari perikondum
 - pada anak-anak berasal dari limpa, pada orang dewasa berasal dari sumsum tulang

32. Bagian otot yang melekat pada tulang yang bergerak disebut
- A. urat otot
 - B. tendon
 - C. insersi
 - D. fascia profia
 - E. origo
33. Gerakan di bawah ini yang merupakan contoh gerak abduksi adalah
- A. menggelengkan kepala
 - B. merentangkan tangan ke samping
 - C. mengepalkan jari-jari
 - D. mengangkat Tumit
 - E. mengangkat lutut
34. Jaringan tulang rawan elastin terdapat pada
- A. batang tenggorokan
 - B. permukaan tulang sendi
 - C. ujung-ujung tulang rusuk
 - D. daun telinga
 - E. tulang pipa
35. Apabila otot lurik dilihat di bawah mikroskop akan tampak
- A. berinti satu di tengah
 - B. mempunyai benang-benang fibril yang bergaris terang dan gelap
 - C. membentuk otot jantung
 - D. mengandung sedikit protein
 - E. bekerja di bawah kesadaran
36. Sehabis berolahraga orang mengalami napas yang terengah-engah karena
- A. kelebihan O_2
 - B. laktosidogen tak terurai
 - C. kelebihan asam laktat
 - D. kekurangan O_2
 - E. menghasilkan asam piruvat
37. Tulang spons atau tulang kompak dibedakan berdasarkan
- A. kelenturan matriknya
 - B. banyak tulangnya
 - C. kecepatan matriknya
 - D. kekerasan matriksnya
 - E. kelenturan geraknya

38. Pergerakan otot ada yang searah dengan otot lain, tetapi ada juga yang berlawanan. Gerak yang terjadi antara otot bisep dan trisep adalah . . .
- sinergis
 - antagonis
 - fleksor
 - ekstensor
 - rotasi
39. Tulang tengkorak manusia terdiri atas tulang-tulang berikut, *kecuali* . . .
- tulang belikat
 - tulang dahi
 - tulang rahang
 - tulang pelipis
 - tulang pipi
40. Sendi antara ibu jari tangan dengan telapak tangan disebut . . .
- sendi peluru
 - sendi engsel
 - sendi putar
 - sendi geser
 - sendi pelana

II. Jawab pertanyaan berikut ini dengan benar.

41. Sebutkan yang dimaksud dengan jaringan meristem.
42. Salin dan lengkapi tabel di bawah ini pada buku tulismu.

Ciri-ciri	Otot Lurik	Otot Polos	Otot Jantung
Inti Sel			
Bentuk sel			
Garis Melintang (Serabut otot)			
Lokasi			

43. Gambarkan sebuah sel hewan lengkap dengan keterangan dan fungsinya.
44. Gambarkan penampang melintang daun, lengkap dengan keterangannya.
45. Jelaskan proses pembentukan tulang (osifikasi) pada tulang pipa.

Bab V

Sistem Pencernaan



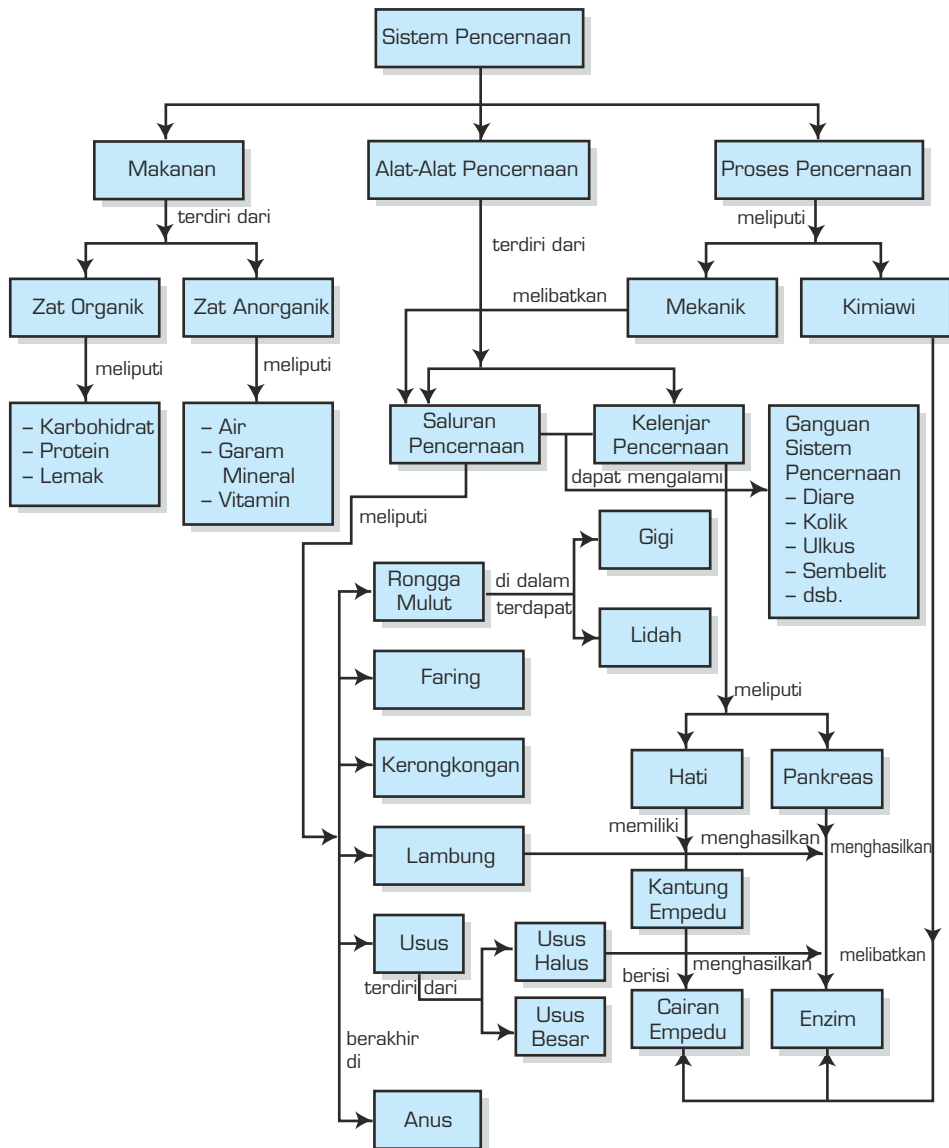
Sumber: *Biology*, Prentice Hall

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini, siswa dapat:

1. mengidentifikasi nilai gizi asupan makanan siswa;
2. memperkirakan kemungkinan yang terjadi jika kekurangan/kelebihan salah satu zat makanan;
3. menjelaskan struktur dan fungsi alat pencernaan makanan;
4. menjelaskan proses pencernaan makanan;
5. mengidentifikasi struktur, fungsi, dan proses pencernaan hewan ruminansia;
6. membedakan sistem pencernaan makanan manusia dan hewan ruminansia;
7. menjelaskan kemungkinan penyakit yang dapat terjadi pada sistem pencernaan manusia.

PETA KONSEP



Ingatkah kamu saat memakan sesuatu? Apakah makanan yang kita makan ditelan langsung? Apabila jawabanmu tidak, apakah yang kita lakukan di dalam mulut kita, apa pula yang terjadi setelah makanan kita telan?

Sel-sel tubuh kita memerlukan zat makanan secara terus-menerus yang diperoleh dari makanan yang kita makan. Molekul-molekul makanan pada umumnya berukuran terlalu besar untuk diserap, maka makanan harus dicerna menjadi halus sehingga dapat melewati membran sel, masuk ke dalam pembuluh darah lalu disebarkan ke sel-sel tubuh.

Dengan demikian, makanan yang kita makan akan mengalami proses pencernaan, yaitu suatu proses pengubahan makanan dari yang berukuran besar menjadi halus (*pencernaan mekanik*) dengan bantuan alat-alat pencernaan. Zat makanan yang terkandung pada makanan pun akan mengalami perubahan dari zat makanan yang asalnya berupa senyawa kompleks menjadi sederhana (*pencernaan kimiawi*) dengan adanya bantuan berbagai enzim pencernaan sehingga pada akhirnya dapat diserap oleh usus halus.

Sistem pencernaan memiliki fungsi dasar sebagai berikut.

1. Mencerna secara mekanik.
2. Mencerna secara kimiawi.
3. Menggerakkan makanan melalui saluran pencernaan.
4. Menyerap zat-zat makanan ke dalam darah.
5. Mengeluarkan bahan-bahan makanan yang tidak dapat dicerna.

A. Makanan

Setiap makhluk hidup memerlukan makanan baik untuk mempertahankan hidup maupun untuk melakukan berbagai aktivitas. Makanan memiliki beberapa fungsi, di antaranya:

1. untuk pertumbuhan;
2. sebagai sumber energi berbagai aktivitas;
3. mengganti sel-sel yang rusak atau mati;
4. untuk pertahanan tubuh dari berbagai hal.

Makanan yang baik bagi tubuh adalah makanan yang sehat dan bergizi artinya makanan yang tidak membahayakan tubuh dan memiliki komposisi kandungan zat yang baik. Berdasarkan komposisi kimianya, zat makanan terdiri atas karbohidrat, protein, lemak, vitamin, mineral, dan air. Berdasarkan fungsinya zat makanan dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok.

1. Sebagai penghasil energi: karbohidrat dan lemak.
2. Sebagai pengatur: vitamin dan mineral.
3. Sebagai pembangun: protein, mineral, air, dan hormon.

Tugas 5.1

Buatlah data makanan yang dikonsumsi setiap hari selama seminggu meliputi: jenis, jumlah dan komposisi makanan. Dengan demikian, siswa dapat mengetahui apakah makanan yang mereka konsumsi sudah sesuai dengan komposisi makanan yang sehat atau belum.

1. Karbohidrat

Karbohidrat tersusun atas unsur-unsur C, H, dan O. Karbohidrat merupakan penghasil energi utama bagi tubuh, dan setiap 1 gram menghasilkan 4 kalori. Karbohidrat dapat dibedakan menjadi:

- 1) monosakarida, karbohidrat yang terdiri atas satu molekul gula, contohnya: glukosa, galaktosa, dan fruktosa;
- 2) disakarida, karbohidrat yang terdiri atas dua molekul gula, contohnya: sakarosa, maltosa, dan laktosa;
- 3) polisakarida, karbohidrat yang terdiri atas tiga atau lebih molekul gula, contohnya: glikogen, selulosa, hemiselulosa, dan amilum (tepung).

2. Protein

Protein merupakan molekul besar yang tersusun atas unsur-unsur C, H, O, dan N. Kadang-kadang mengandung unsur P dan S. Protein terdiri atas polimer asam amino. Satu molekul protein terdiri atas 20 macam asam amino yang berbeda.

Asam amino yang dibutuhkan kebanyakan dapat dibuat di dalam tubuh, disebut *asam amino nonesensial*, yaitu alanin, asparagin, asam aspartat, sistein, asam glutamat, glutamin, glisin, serin, prolin, dan trirosin. Asam amino yang tidak dapat disintesis di dalam tubuh disebut *asam amino esensial*, misalnya arginin, histidin, leusin, isoleusin, lisin, metionin, fenilalanin, treonin, valin, dan triptofan. Asam amino-asam amino tersebut harus didapatkan dari luar. Sumber protein yang mengandung asam amino esensial adalah telur, susu, daging, ikan, biji-bijian atau kacang-kacangan, dan lain-lain.

3. Lemak

Lemak tersusun atas unsur-unsur C, H, dan O. Lemak merupakan cadangan makanan terbesar dalam tubuh dibandingkan dengan karbohidrat. Lemak adalah lipida sederhana yang terdiri atas 3 molekul asam lemak dan satu molekul gliserol. Ada dua macam lemak, yaitu lemak jenuh dan lemak tak jenuh berdasarkan asam lemaknya.

Asam lemak jenuh adalah jenis asam lemak yang dapat disenyawakan sendiri di dalam tubuh berwujud padat. Lemak jenis ini dapat dijumpai pada daging merah. *Lemak tidak jenuh* harus didatangkan dari luar tubuh. Lemak semacam ini dapat dijumpai pada tumbuhan, seperti minyak jagung, bunga matahari, biji-bijian, dan ikan.

4. Vitamin

Vitamin adalah zat makanan yang mutlak diperlukan oleh tubuh, walaupun dalam jumlah yang sedikit karena vitamin berfungsi sebagai koenzim dalam metabolisme, pertumbuhan, dan pengaturan fungsi-fungsi tubuh.

Beberapa vitamin dapat larut dalam air, seperti vitamin B dan C, ada juga yang larut dalam lemak, yaitu vitamin A, D, E dan K. Tabel di bawah ini menunjukkan vitamin, sumber, dan fungsi serta akibat defisiensi.

Tabel 5.1 **Vitamin, sumber, dan fungsi serta akibat defisiensi**

Macam	Sumber	Fungsi	Akibat Defisiensi
1. Vitamin A (Aseroptol)	Mentega, ginjal, susu, hati, bayam, wortel, ubi merah.	Pertumbuhan tulang memengaruhi kerja rodopsin dalam penglihatan.	Rabun senja, kornea mengering, kulit kering, pertumbuhan tulang terganggu.
2. Vitamin B1 (Aneurin atau Tiamin)	Hati, jantung, ginjal, otak, susu, kuning telur, kulit ari beras, ragi, wortel.	Pembentukan koenzim TPP sebagai koenzim keseimbangan air, metabolisme karbohidrat dan penyerapan lemak.	Beri-beri, gangguan tranpor cairan tubuh, neuritis.
3. Vitamin B ₂ (Riboflavin)	ragi, telur, otak, jantung, ginjal, hati.	memindahkan rangsang sinar ke saraf mata,	Katarak, skoliosis, terganggu proses

		dan sebagai pembentuk koenzim FAD dalam metabolisme makanan.	pertumbuhan, fotofobia.
4. Vitamin B ₆ (piridoksin)	Hati, daging, sayuran.	Membentuk koenzim A, pembentukan eritrosit, pekerjaan urat saraf, pertumbuhan tulang	anemia, kejang-kejang, terhambatnya pertumbuhan, penyakit kulit, terganggu saraf.
5. Asam pantotenat	Hati, daging, beras, ragi.	Membentuk koenzim A.	Gangguan pada saraf motorik dan pembuluh darah jantung
6. Paraamino/ asam bensoat	Ragi dan hati.	Mencegah timbulnya uban.	Tumbuhnya uban.
7. Vitamin B ₁₁ (asam folin)	Hati, tomat, kentang, ragi, buah-buahan.	Pembentukan eritrosit.	Anemia.
8. Vitamin B ₁₂	Hati, ikan, susu.	Pembentukan eritrosit.	Anemia.
9. Niasin (asam nikotin)	Hati, susu, kol, ragi, bayam, tomat, kedelai.	Pertumbuhan sel, pembentukan koenzim NAD dan NADP dalam transpor hidrogen, perombakan karbohidrat dan mencegah pelagra.	Diare, pelagra.

10. Vitamin C (asam karbonat)	Sayuran, buah-buahan, hati, dan ginjal.	Oksidasi dan dehidrasi dalam sel, pembentukan trombosit, aktifator macam-macam fermen perombak protein dan lemak.	Kerusakan sel endotelium skorbut, kerusakan sumsum tulang dan sendi, menurunnya permeabilitas sel darah.
11. Vitamin D	Susu, keju, mentega, ikan, dan provitamin D pada kulit.	Mengatur kadar kapur dan fosfor, mempercepat penulangan dan memengaruhi kerja kelenjar endokrin.	Richesta penyakit rachitis, gangguan metabolisme zat kapur dan fosfor.
12. Vitamin E (tokoferol)	Kecambah, susu, hati, ginjal, kuning telur.	mencegah pendarahan ibu hamil dan membantu proses pembelahan sel.	keguguran, sterilitas (kemandulan), layuh otot.
13. Vitamin K	Dalam tubuh dapat dibentuk oleh <i>Escherichia coli</i> , bayam, kol, daging, susu, keju, mentega.	Pembekuan darah, pembentukan protombin.	darah sukar membeku.

5. Garam-Garam Mineral

Garam mineral diperlukan tubuh dalam jumlah sedikit. Dalam tubuh tidak mengalami proses pencernaan, tetapi langsung diserap oleh jonjot usus karena mudah larut. Terdapat kurang lebih 14 unsur yang diperlukan oleh tubuh untuk membangun sel, melaksanakan reaksi kimia di dalam sel, mengirim impuls saraf, dan mengangkut oksigen.

Dalam tabel berikut ini akan dibahas beberapa unsur saja.

Tabel 5.2 Unsur-unsur beserta fungsi dan sumber bahannya

Unsur	Fungsinya dalam Tubuh	Sumber Bahannya
Calcium (Ca)	Bahan pembentuk tulang dan gigi, dalam proses pembekuan darah, kontraksi dan pelepasan otot-otot (jantung dan sebagainya).	Susu, sayuran, dan daun-daunan, ikan kecil-kecil yang dimakan seluruhnya.
Besi (Fe)	Penting dalam sel-sel jaringan, hemoglobin darah, sebagai pengangkut oksigen dalam tubuh.	Hati, daging, kacang-kacangan, padi-padian, dan sayur-sayuran.
Tembaga (Cu)	Dalam peristiwa oksidasi tertentu, dalam pembuatan hemoglobin.	Hati, daging, kacang-kacangan, padi-padian, dan sayur-sayuran.
Natrium (Na)	Mengatur tekanan osmosis, kenetralan cairan tubuh, pengerutan otot jantung.	Garam dapur, bahan makanan dari laut, bahan makanan berasal dari hewan.
Kalium (K)	Diperlukan dalam semua sel, mengatur tekanan osmosis, dan kenetralan cairan tubuh.	Sayur-sayuran, padi-padian dan kacang-kacangan.
Chlor (Cl)	Pembentukan asam chlorida yang dikeluarkan oleh getah lambung, keseimbangan elektrolit.	Garam dapur, bahan makanan dari laut, bahan makanan dari hewan.
Fluor (F)	Mencegah kerusakan gigi.	Dalam berbagai bahan makanan dari laut, bahan makanan dari hewan.
Belerang (S)	Diperlukan oleh semua sel.	Bahan-bahan makanan yang mengandung banyak protein.

Iodium (I)	Pembuatan hormon thyroxin.	Bahan makanan berasal dari laut, tumbuh-tumbuhan yang hidup dekat pantai dan garam dapur.
Fosfor (P)	Bahan pembentuk tulang dan gigi, bagian penting inti sel dalam proses oksidasi, mengatur keseimbangan asam basa cairan darah.	Susu, daging, ikan, dan kacang-kacangan.

KEGIATAN 5.1

Menyusun Menu Makanan Seimbang

Carilah informasi dari media massa, media elektronik atau kunjungan ke klinik gizi mengenai:

1. kandungan energi dari macam-macam jenis makanan;
2. kebutuhan energi secara umum/kg berat badan;
3. makanan seimbang.

Sesudah mendapatkan informasi tentang hal-hal di atas, susunlah menu makanan seimbang untuk katagori aktivas normal untuk tiga hari.

6. Air

Air merupakan komponen terbesar penyusun protoplasma sel, dan merupakan kebutuhan yang sangat vital untuk kelangsungan hidup makhluk hidup. Di dalam jaringan, air berfungsi untuk:

- 1) zat pelarut berbagai zat;
- 2) bahan pengangkut dari sel ke sel;
- 3) untuk menjaga stabilitas suhu tubuh.

Zat makanan, seperti telah dijelaskan sebelumnya sangat berguna bagi tubuh. Namun, selain itu ada juga yang dapat mengganggu kesehatan. Adapun zat-zat makanan yang dapat mengganggu kesehatan, di antaranya sebagai berikut.

- a. Makanan yang memakai zat warna sintetik.
- b. Makanan yang mengandung bahan pengawet.
- c. Makanan yang banyak mengandung kolesterol.

Untuk menghindari zat yang dapat mengganggu kesehatan, dianjurkan zat pewarna yang kita gunakan merupakan zat warna alami, misalnya warna kuning kita gunakan kunyit, merah kita gunakan lombok atau tomat, dan hijau kita gunakan pandan atau daun suji.

KEGIATAN 5.2

Uji Makanan

Tujuan: Menguji kandungan amilum, glukosa, protein, dan lemak pada berbagai makanan.

Alat dan Bahan

1. Tabung reaksi
2. Rak tabung reaksi
3. Plat tetes
4. Pembakar spiritus
5. Penjepit tabung reaksi
6. Gelas kimia
7. Larutan lugol
8. Larutan fehling A dan B
9. Larutan biuret (campuran CuSO_4 1% dan NaOH 10%)
10. Air kran
11. Bahan makanan (roti, sari buah, kue)
12. Larutan tepung, glukosa, dan putih telur

Cara Kerja

1. Amati demonstrasi yang dilakukan gurumu dan jawablah pertanyaan berikut ini!
 - a. Apakah warna larutan lugol?
 - b. Apakah warna campuran fehling A dan fehling B?
 - c. Apakah warna campuran CuSO_4 dan NaOH ?
 - d. Apakah warna bahan makanan (putih telur, larutan glukosa dan putih telur)?
2. Setelah gurumu menguji ketiga bahan makanan (lihat tabel di bawah, amati perubahan warna pada bahan tersebut, catat hasilnya pada tabel seperti di bawah ini!

Bahan Makanan	Reaksi Perubahan Warna setelah ditambahkan zat penguji		
	Lugol	Fehing A + B (dipanaskan)	Biuret ($\text{CuSO}_4 + \text{NaOH}$)
Larutan tepung			
Putih telur			
Larutan glukosa			

3. Berdasarkan hasil pengamatan, bahan makanan apakah yang mengubah larutan lugol, fehling A + B, dan biuret?
 - a. Lugol diubah oleh warnanya menjadi
 - b. Fehling A + B diubah oleh warnanya menjadi
 - c. Biuret diubah oleh warnanya menjadi
4. Berdasarkan jawaban di atas, untuk apa fungsi setiap reagen tersebut.
5. Hancurkan zat makanan yang akan diuji (roti, kue mari, buah-buahan dan lain-lain), beri sedikit air, aduklah hingga berbentuk larutan!
6. Isilah tabung reaksi, masing-masing dengan larutan bahan makanan setinggi 1 cm.
7. Selidikilah dengan menggunakan indikator lugol, Fehling A + B, dan Biuret. Apakah bahan makanan tersebut mengandung amilum, glukosa, dan protein?
Catatlah hasilnya pada tabel yang telah disediakan.
Catatan: Pada uji amilum dan protein dapat digunakan plat tetes, cukup dengan 3 tetes larutan indikator.

Bahan Makanan	Reaksi Perubahan Warna			Noda pada Kertas	Hasil Uji Makanan			
	Lugol	Fehling A + B	Biuret		Amilum	Glukosa	Lemak	Protein

Keterangan: beri tanda (+) jika hasilnya positif dan tanda (-) jika hasilnya negatif.

Noda pada kertas (+) jika transparan dan (-) jika tidak transparan

8. Untuk menguji kandungan lemak pada bahan makanan tersebut, dapat pula dilakukan dengan cara mengoleskannya pada kertas HVS lalu keringkan. Bagaimanakah kamu dapat memperkirakan bahwa bahan makanan tersebut mengandung lemak?

Pertanyaan

1. Dari hasil kegiatan di atas, bahan makanan apakah yang lengkap kandungan makanannya?
2. Makanan manakah yang dianggap sebagai sumber:
 - a. Karbohidrat b. Protein
3. Bahan makanan manakah yang baik untuk anak dalam masa pertumbuhan?

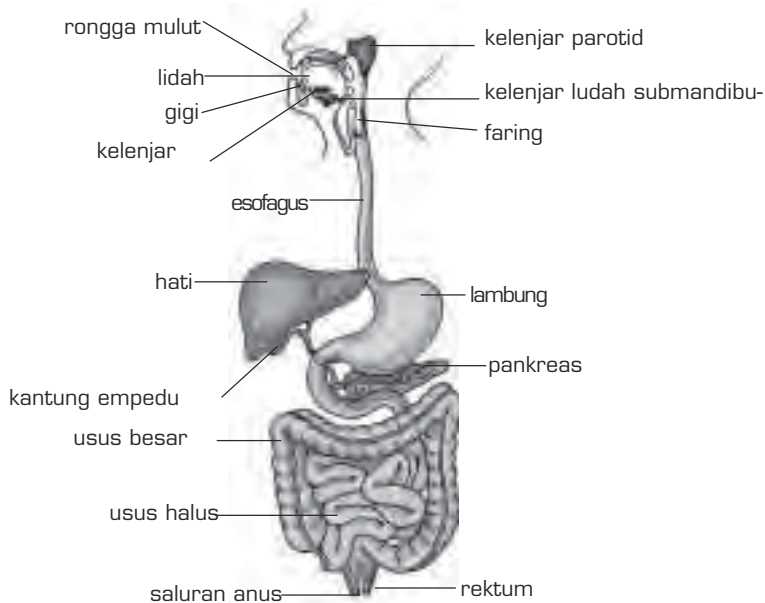
B. Struktur dan Fungsi Organ Sistem Pencernaan pada Manusia

Sistem pencernaan melibatkan beberapa organ yang membentuk saluran pencernaan yang saling berhubungan dengan ukuran panjang kira-kira 9 meter, serta beberapa kelenjar pencernaan untuk membantu proses pencernaan. Saluran pencernaan terdiri atas beberapa organ seperti diuraikan pada tabel berikut.

Tabel 5.3 Beberapa organ pencernaan dan fungsinya

No.	Nama Organ	Fungsi
1.	Mulut	Makan, mengunyah, menelan, dan tempat dimulainya pencernaan kimiawi zat tepung.
2.	Pangkal kerongkongan (faring)	Membawa makanan ke kerongkongan.
3.	Kerongkongan (esofagus)	Membawa makanan ke lambung dengan gerak peristaltik.
4.	Lambung (ventrikulus)	Menghasilkan asam lambung, mengubah makanan menjadi bentuk chyme (seperti bubur), tempat pencernaan protein dimulai.
5.	Usus halus (intestine)	Mencampur chyme dengan cairan empedu, dengan enzim yang dihasilkan di usus halus dan pankreas.
6.	Usus besar (colon)	Membusukkan sisa makanan yang tidak tercerna, dibantu oleh bakteri, penyerapan kembali air dari kotoran (feses).
7.	Anus	Defekasi (pembuangan sisa-sisa makanan).

Untuk memahami dan mengenal tempat, kedudukan alat dan kelenjar pencernaan, pelajari Gambar 5.1 berikut:



Gambar 5.1 Sistem pencernaan

Sumber: *Biology*, Barrett

KEGIATAN 5.3

Mengenal Proses Pencernaan Makanan

Setiap makhluk hidup memerlukan makanan yang akan digunakan untuk memperoleh energi, pertumbuhan, dan memperbaiki jaringan atau sel-sel yang rusak.

Tahukah kamu, sebelum digunakan untuk keperluan-keperluan tersebut, makanan mengalami berbagai proses? Cobalah kamu ingat-ingat dan rasakan apa yang terjadi saat kamu makan dan organ-organ apa yang terlibat di dalam proses pencernaan makanan.

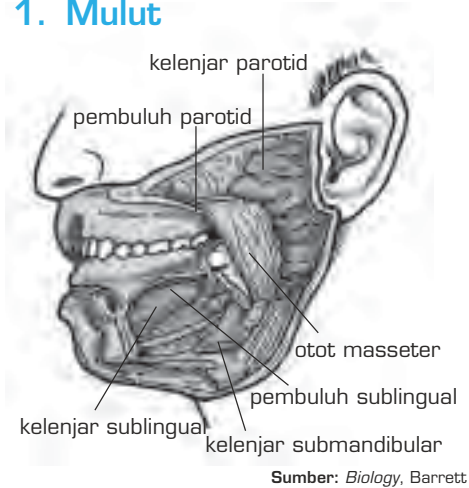
Pertanyaan

1. Apakah makanan yang kita makan langsung ditelan?
2. Jika tidak, apa yang terjadi pada makanan tersebut?
3. Proses pencernaan mekanik melibatkan beberapa alat pencernaan. Alat pencernaan apa saja yang terlibat?
4. Pencernaan mekanik juga terjadi di bagian lain tubuh kita. Di samping pencernaan mekanik, makanan pun mengalami proses pencernaan secara kimiawi. Organ-organ tubuh apakah yang terlibat pencernaan kimiawi?
5. Selain alat-alat pencernaan yang terlibat pencernaan secara kimiawi, alat-alat apalagi yang terlibat dalam sistem pencernaan?

Tugas 5.2

Terangkan proses pencernaan karbohidrat, protein, lemak mulai dari mulut sampai anus, mencakup enzim serta zat makanan hasil penguraian buat dalam bentuk tabel.

1. Mulut



Sumber: Biology, Barrett.

Gambar 5.2 Kelenjar ludah

Di dalam mulut terdapat sejumlah alat yang membantu proses pencernaan baik secara mekanik maupun kimiawi. Pencernaan mekanik terjadi pada saat makanan berukuran besar dihaluskan dengan bantuan gigi, makanan digigit, dipotong, dikunyah hingga berukuran kecil, dibantu lidah dan otot pipi. Saat mengunyah, makanan lalu dicampur air ludah sehingga menyebabkan makanan terdorong ke pangkal kerongkongan. Di atas permukaan lidah terdapat sejumlah bintil-bintil perasa.

Pencernaan kimiawi dapat terjadi karena pada rongga mulut terdapat kelenjar pencernaan penghasil enzim. Kelenjar pencernaan di dalam rongga mulut terdiri atas tiga pasang, yaitu:

1. kelenjar *ludah*, menghasilkan air ludah (saliva) ke dalam rongga mulut;
2. kelenjar *parotid*, terletak di depan dan sedikit ke bawah dari telinga;
3. kelenjar *sublingual*, terletak di bagian depan mulut di bawah lidah dan kelenjar *submandibularis* terletak di belakang sublingualis.

Langit-langit mulut dibentuk dari langit-langit keras pada bagian depan dan langit-langit lembut pada bagian belakang yang memisahkan rongga mulut dengan saluran hidung. Pada bagian sisi belakang terdapat perpanjangan ke arah bawah langit-langit lembut membentuk uvula. Pada setiap sisi di belakang rongga mulut terdapat sepasang *tonsil palatin*. Kelenjar ini tidak berhubungan dengan pencernaan, tetapi jika terjadi peradangan yang kronis harus diambil.

a. Gigi

Terdapat empat macam gigi, yaitu gigi seri (insisor = I), gigi taring (caninus = C), geraham depan (premolar = Pm), dan geraham belakang (molar = M). Makanan dipotong dengan gigi seri, dirobek gigi dengan taring dan dikunyah dengan gigi geraham. Pada orang dewasa, gigi yang lengkap terdiri atas 32

buah. Biasanya jumlah gigi dihitung pada satu rahang atas dan satu rahang bawah dengan rumus:

Kiri	M	P	C	I	I	C	P	M	Kanan
Rahang atas	3	2	1	2	2	1	2	3	Rahang atas
Rahang bawah	3	2	1	2	2	1	2	3	Rahang bawah

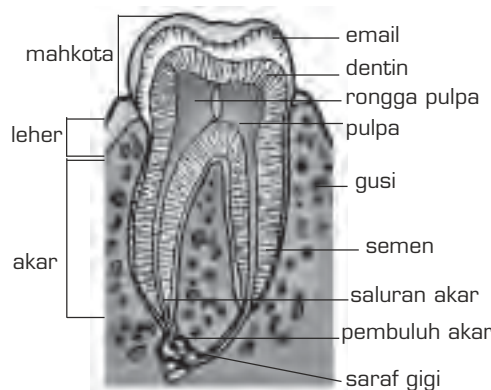
Pada anak-anak belum terdapat geraham belakang atau molar sehingga rumusnya sebagai berikut.

P	C	I	I	C	P
2	1	2	2	1	2
2	1	2	2	1	2

Angka yang di atas menunjukkan gigi pada rahang atas, dan angka yang di bawah menunjukkan gigi pada rahang bawah. Jumlah gigi pada kedua rahang tersebut masing-masing 16 buah meliputi insisor: 4 buah, caninus 2 buah, premolar 4 buah, molar 6 buah. Jadi, seluruh gigi orang dewasa = $2 \times 16 = 32$ buah

Pada mamalia, tiap famili mempunyai susunan gigi yang berbeda, misalnya tikus rumus giginya sebagai berikut.

M	P	C	I	I	C	P	M
3	0	0	1	1	0	0	3
3	0	0	1	1	0	0	3



Sumber: *Biology for You*, Garreth

Gambar 5.3 Gigi manusia

Gigi memiliki tiga bagian utama meliputi:

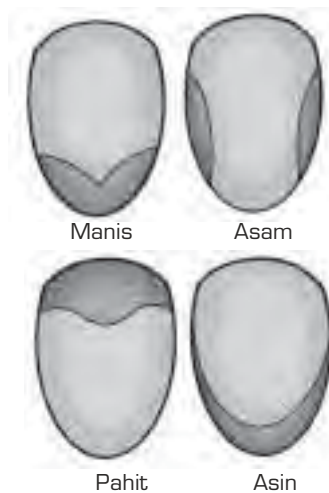
1. mahkota gigi yang terletak menonjol di atas tulang;
2. leher gigi;
3. akar gigi, tertanam di dalam tulang rahang.

Sebagian besar gigi tersusun atas dentin, yaitu suatu zat yang keras, tetapi mahkota gigi dilapisi email yang sangat keras. Rongga pada gigi (pulpa) berisi pembuluh darah dan pembuluh saraf. Bagian yang menutup dan mengelilingi leher gigi disebut gusi, perhatikan Gambar 5.3.

Tugas 5.3

1. Perhatikan susunan gigi temanmu atau gigimu sendiri.
2. Bagaimanakah kesimpulan tentang rumusan gigi temanmu?
3. Apakah fungsi tiap-tiap jenis gigi tersebut?
 - a. gigi seri;
 - b. gigi taring;
 - c. gigi geraham depan;
 - d. gigi geraham belakang.

b. Lidah



Sumber: *Biology*, Barrett

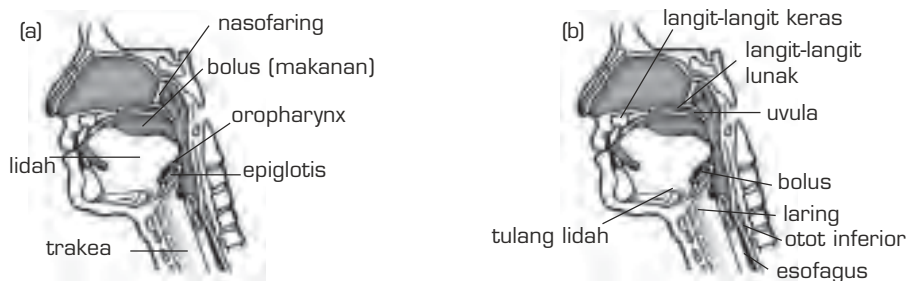
Lidah membantu mengaduk atau membolak-balikkan makanan serta membantu proses menelan. Selain itu, juga membantu membentuk suara. Pada permukaan lidah terdapat tonjolan-tonjolan papila yang berfungsi sebagai pengecap yang dapat membedakan rasa.

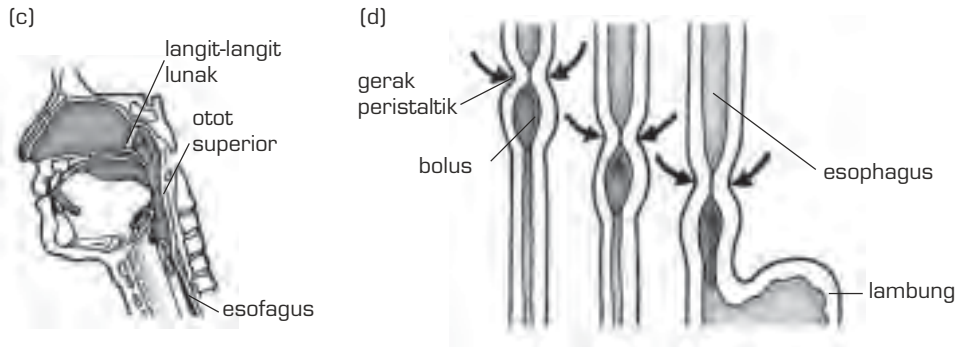
Perhatikan letak papil-papil pengecap pada Gambar 5.4.

Gambar 5.4 Daerah pengecapan pada lidah

2. Kerongkongan

Kerongkongan merupakan saluran penghubung antara mulut dan lambung. Satu pertiga bagian atasnya tersusun atas otot lurik, dua pertiga bagian bawahnya terdiri atas otot polos. Makanan bergerak melalui saluran pencernaan oleh adanya *gerak peristaltik*, suatu kontraksi otot menyerupai gelombang di dalam saluran pencernaan. Kerongkongan menyalurkan makanan dari pangkal kerongkongan (faring) ke lambung dalam waktu 6 detik. Proses menelan makanan dapat kamu lihat pada Gambar 5.5.





Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 5.5 Proses menelan makanan (a, b, c), gerak peristaltik (d)

INFO BIOLOGI

Menghindari Peristiwa Tersedak

Saluran pencernaan bersimpangan dengan saluran pernapasan di daerah pangkal kerongkongan, untuk menghindari kesalahan masuknya makanan ke rongga hidung. Secara otomatis lubang menuju rongga hidung akan tertutup, tetapi jika kita makan sambil bercakap-cakap akan terjadi peristiwa “tersedak”. Tahukah kamu apa sebabnya? Itulah sebabnya, selain untuk menjaga etika, makan sambil bercakap-cakap perlu dihindarkan.

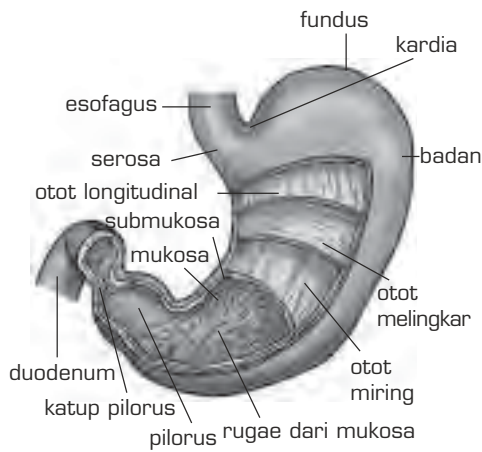
Sumber: *Media Elektronik*, TV

3. Lambung

Lambung, selain merupakan tempat menyimpan sementara makanan, juga merupakan tempat mencerna makanan secara mekanik dan kimiawi. Dengan adanya otot yang melingkar (*sirkular*), menyerong (*obliquus*), dan memanjang (*longitudinal*), makanan dihancurkan, dihaluskan sehingga berbentuk seperti bubur (*chymus*). Dengan berbagai getah lambung (*sakus gastrikus*) yang dihasilkan 2-3 liter/hari, zat makanan yang kompleks disederhanakan. Pengeluaran getah lambung ini dipengaruhi oleh banyaknya makanan yang masuk ke dalam lambung.

Lambung merupakan organ pencernaan yang terletak di sebelah kiri rongga perut bagian atas dan tepat di bawah diafragma. Lambung memiliki tiga bagian meliputi:

- kardiak* pada bagian awal yang berhubungan dengan kerongkongan;
 - fundus* bagian tengah lambung yang membulat penghasil HCl dan musin;
 - pylorus* bagian ujung bawah lambung yang berhubungan dengan usus halus, dan usus 12 jari (*duodenum*) serta menghasilkan cairan alkali.
- Untuk lebih jelasnya, perhatikan Gambar 5.6.



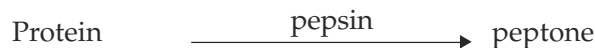
Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 5.6 Lambung dengan bagian-bagiannya

Katup kardiak pada lambung terbuka sehingga makanan masuk ke lambung dan menutup untuk mencegah dimuntahkan kembali. Setelah makanan diubah ke dalam bentuk setengah cair (chymus), kemudian menuju usus halus di bawah kontrol *katup pylorus*. Kedua katup pada lambung tersusun atas otot melingkar yang disebut otot *sphincter*. Otot ini akan mengendur jika terkena asam dan mengerut jika terkena basa. Hal ini bertolak belakang dengan otot pylorus yang terdapat di pangkal usus halus sehingga terjadi pengaturan pengeluaran makanan dari lambung ke usus halus.

Pada dinding lambung terdapat kelenjar yang menghasilkan getah lambung (sekret) yang mengandung:

1. Hormon gastrin, berfungsi untuk merangsang pengeluaran getah lambung.
2. Asam lambung (HCl), berfungsi mengaktifkan enzim pepsinogen menjadi pepsin yang dapat memecah protein menjadi peptone, membunuh kuman-kuman dalam makanan karena pH 1,0 – 1,5 menyebabkan situasi lambung asam.



3. Enzim Renin, berfungsi menggumpalkan protein susu (kasein).



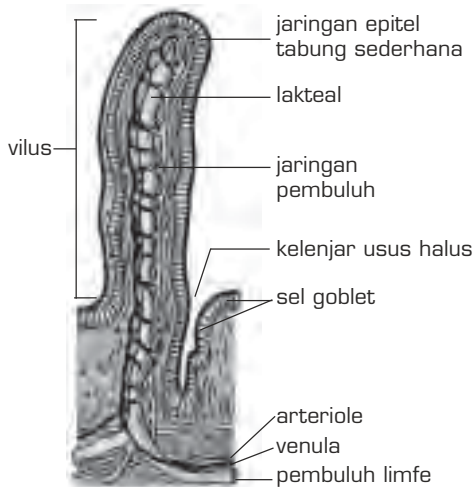
4. Enzim lipase, berfungsi untuk menguraikan lemak menjadi asam lemak dan gliserol



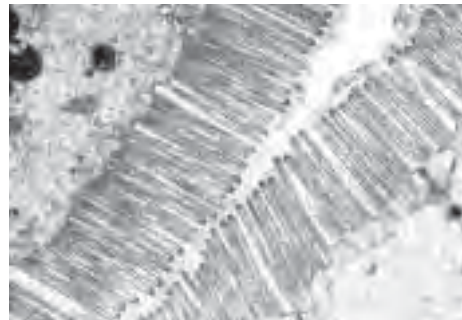
4. Usus Halus

Usus halus terdiri dari tiga bagian meliputi:

- Usus dua belas jari (*duodenum*), panjangnya $\pm 0,25$ meter
- Usus kosong (*yeyenum*), panjangnya ± 7 meter
- Usus penyerapan (*ileum*), panjangnya ± 1 meter



Sumber: *Biology*, Barrett



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 5.7 Bagian-bagian penyusun usus halus

Gambar 5.8 Struktur mikroskopis usus 12 jari (*duodenum*). Pembatas yang menyerupai sikat memperlihatkan mikrovili pada permukaan dua buah tonjolan villi.

Lapisan dalam dinding usus *yeyenum* dan *ileum* mempunyai tonjolan-tonjolan halus yang disebut *villus* atau *villi* (jamak) yang berfungsi memperluas bidang penyerapan sari makanan. Di dalam usus halus, *chymus* bercampur dengan cairan empedu yang dihasilkan kantung empedu, getah pankreas, dan getah usus halus. Getah pankreas dihasilkan pankreas. Getah usus halus dihasilkan dinding sebelah dalam dari usus halus. Untuk lebih jelasnya perhatikan Gambar 5.7 dan Gambar 5.8.

Getah usus (*sucus enterikus*) dihasilkan oleh dua macam kelenjar sebagai berikut:

- kelenjar *Brunner*, berada di *duodenum* menghasilkan musin dan enzim proteolisis (pemecah protein);
- kelenjar *Lieberkuhn*, berada di sepanjang usus halus, bermuara di celah-celah villi menghasilkan getah usus.

Getah usus mengandung bahan organik dan anorganik. Bahan organik terdiri atas enzim-enzim sebagai berikut.

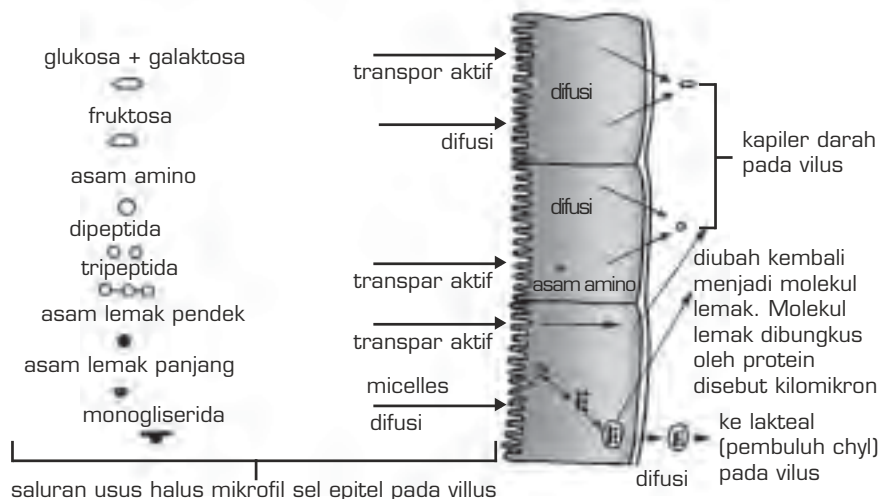
- Amilase, memecah amilum menjadi disakarida.
- Enterokinase, mengubah tripsinogen dari pankreas menjadi tripsin.

- c. Tripsinogen $\xrightarrow{\text{enterokinase}}$ tripsin.
 Tripsin memecah protein menjadi polipeptida (peptida)
- d. Erepsin, memecah peptida menjadi asam amino.
- e. Lipase, memecah lemak menjadi asam lemak dan gliserol.
- f. Disakarase, memecah disakarida menjadi monosakarida.

Pada usus halus terjadi proses pencernaan mekanik ataupun kimiawi yang diikuti proses penyerapan sari makanan yang terjadi di usus halus bagian ileum (usus penyerapan). Karbohidrat diserap dalam bentuk glukosa, sedangkan protein diserap dalam bentuk asam amino. Glukosa dibawa oleh darah ke hati melalui vena porta *hepatika* dan dalam hati glukosa berlebihan diubah menjadi glikogen dengan bantuan hormon *insulin*. Glikogen disimpan dalam otot dan hati, sedangkan glukosa yang diperlukan dari hati dialirkan ke jantung melalui vena kava inferior.

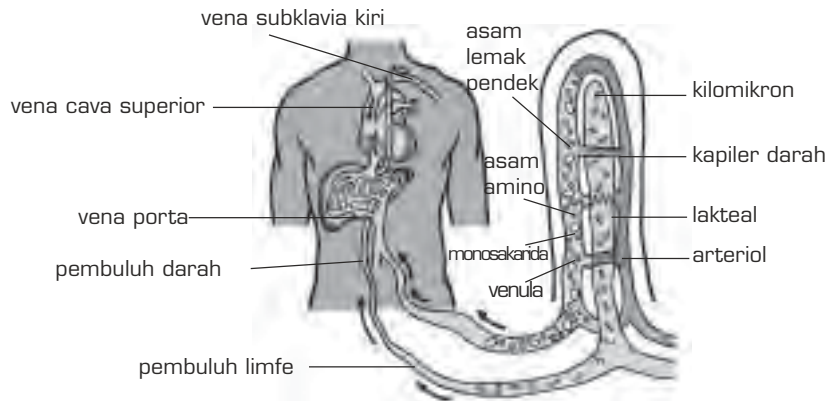
Lemak dicerna menjadi asam lemak dan gliserol. Sebelum diserap oleh usus halus, asam lemak diemulsikan terlebih dahulu oleh garam empedu, yang kemudian dicerna oleh enzim lipase menjadi asam lemak dan gliserol. Penyerapan dilakukan melalui proses difusi, osmosis, dan transpor aktif. Di dalam villus, asam lemak dan gliserol dibawa oleh *pembuluh chyl* (pembuluh limfatikus) atau pembuluh getah bening. Selanjutnya oleh pembuluh *limfatikus* yang bermuara pada vena kava dibawa ke jantung, sedangkan garam empedu akan masuk ke dalam darah, ke hati untuk dijadikan empedu kembali. Vitamin dan garam-garam empedu tidak mengalami pencernaan.

Proses penyerapan sari-sari makanan pada usus halus, dapat juga secara ringkas kamu lihat pada Gambar 5.9 berikut ini.



Sumber: *Advanced Biology*, Clegg

Gambar 5.9 Bagan proses penyerapan sari-sari makanan pada usus halus



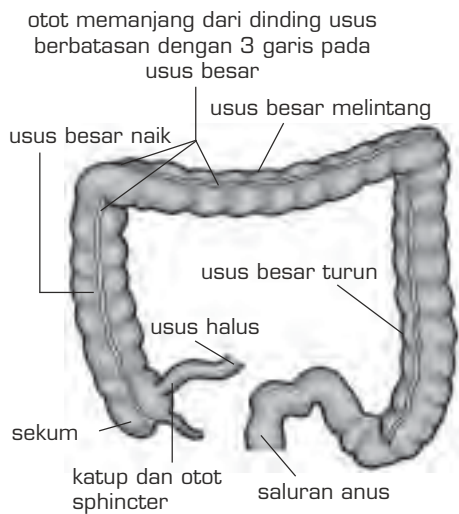
Sumber: Advanced Biology, Clegg

Gambar 5.10 Perjalanan zat makanan dari usus ke peredaran darah dan getah bening

5. Sekum (Caecum)

Pangkal usus besar disebut sekum. *Apendiks* atau umbai cacing sering disebut pula usus buntu, merupakan perpanjangan dari sekum. Sisa makanan yang tidak diserap diteruskan ke dalam usus besar melalui *katup ileoceccal* yang juga memiliki *otot sphincter*.

6. Usus Besar (Kolon)



Sumber: Advanced Biology, Clegg

Gambar 5.11 Skema usus besar

Usus besar pada umumnya terdiri atas usus besar *ascending* (menaik), *transvers* (melintang), *descending* (menurun), dan berakhir pada *rektum*, yaitu bagian berotot yang mengeluarkan kotoran melalui anus. Perhatikan skema usus besar di samping ini.

Usus besar tidak memiliki villi sehingga tidak terjadi penyerapan sari-sari makanan, tetapi terjadi penyerapan air sehingga feses menjadi lebih padat. Pada kolon juga terjadi proses pembusukan sisa pencernaan (yang tidak dapat diserap usus halus) oleh bakteri *Escherichia coli* yang menghasilkan gas H_2S , NH_4 , indole, skatole, dan vitamin K (berperan dalam proses pembekuan darah).

7. Anus

Pada kolon paling akhir terdapat bagian yang disebut *rektum* yang panjangnya 15 cm dan diakhiri dengan anus (dubur). Anus merupakan bagian akhir sistem pencernaan yang berfungsi untuk lubang pengeluaran sisa pencernaan. Pada anus terdapat *otot volunter* yang dikendalikan oleh kehendak kita.

INFO BIOLOGI

Apel Mencegah Kanker Kolon

Kanker kolon, sehari-hari disebut kanker usus, termasuk salah satu kanker yang sangat berbahaya, merupakan kanker nomor 2 terbanyak yang menyebabkan kematian. Faktor-faktor yang meningkatkan risiko kanker kolon adalah *Colateral polyyps* dan *ulcerative colitis*.

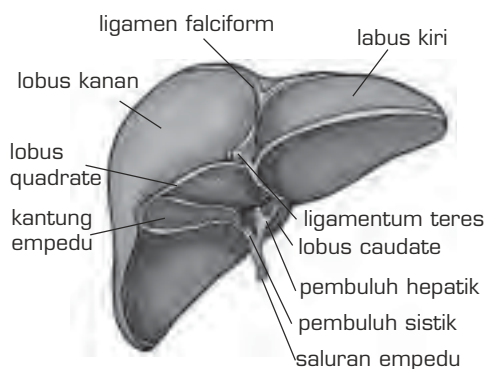
Para periset Prancis menemukan anti oksidan di dalam buah apel dapat membantu mencegah pengembangan kanker kolon. Untuk mendapatkan khasiat ini disarankan makan dua buah apel sehari. Namun apel termasuk salah satu buah yang banyak mengandung pestisida. Untuk menghindari bahaya cuci apel di bawah air mengalir.

Sumber: Media Elektronik, TV

8. Organ-Organ Kelenjar Pencernaan

Organ-organ kelenjar pencernaan yang berhubungan dengan sistem pencernaan, yaitu hati dan pankreas. Hati sebagai kelenjar pencernaan terbesar berhubungan erat dengan kantung empedu dan pankreas.

a. Hati (Hepar)



Sumber: Advanced Biology, Clegg

Gambar 5.12 Hati

Hati memiliki beberapa *lobus* (belahan) yang masing-masing mempunyai saluran empedu (*duktus hepaticus*). Pada lipatan hati terdapat kantung empedu (*vesica felea*) yang berfungsi untuk menyimpan sekresi hati. Kantung empedu mempunyai saluran (*duktus sistikus*) yang berhubungan dengan duktus hepaticus dan bermuara pada *duktus koledokus* dan mengalirkannya ke usus 12 jari (*duodenum*), perhatikan Gambar 2.15.

Hati mempunyai fungsi sebagai berikut:

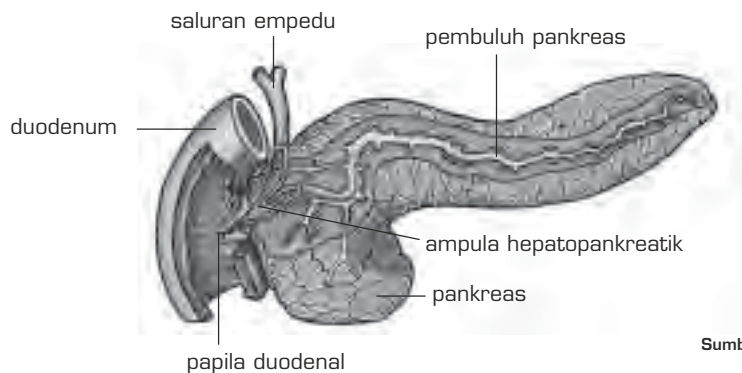
1. penawar racun;
2. tempat penyimpanan cadangan glukosa dalam bentuk glikogen;
3. penghasil cairan empedu;
4. perombak eritrosit yang sudah tua;
5. penyintesis protein, albumin, globulin, dan fibrinogen.

Empedu (*chole*) adalah suatu cairan setengah kental berwarna kuning keemasan (kehijauan) pH-nya 7,6 – 8,6 rasanya pahit sekali. Berasal dari hasil perombakan sel-sel darah merah yang sudah rusak atau tua. Bahan-bahan yang terkandung di dalam empedu, yaitu garam-garam (Na dari bahan asam glikolat dan asam taurokolat), pigmen (bilirubin, urobilin, dan biliverdin), kolesterol, dan garam-garam mineral (klorida dan bikarbonat).

Empedu berfungsi mengurangi tegangan permukaan dari lemak, mengaktifkan lipase dalam usus, memberi warna feses, menolong daya absorpsi lemak pada dinding usus dan menciptakan reaksi alkali pada usus (klorida dan bikarbonat). Pengeluaran empedu dikontrol oleh hormon *koleositokinin*

b. Pankreas

Prakreas berada dalam lipatan duodenum, berbentuk huruf U yang rebah (Gambar 5.13). Pada pankreas terdapat dua macam kelenjar, yaitu kelenjar endokrin menghasilkan hormon insulin, sedangkan kelenjar eksokrin menghasilkan getah pankreas (duktus pankreatikus) 1,5 liter per hari melalui dua saluran, yaitu duktus pankreatikus utama dan tambahan. Kedua saluran ini bermuara ke duodenum.



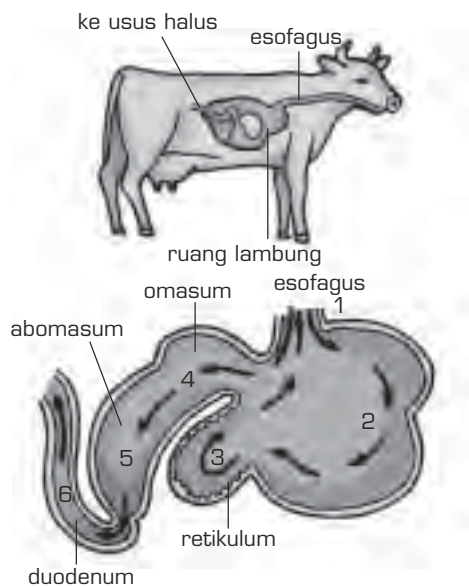
Sumber: *Biology*, Barrett.

Gambar 5.13 Pankreas

Getah pankreas memiliki pH 8, berfungsi menetralkan chymus yang bersifat asam dari lambung, serta mengandung NaHCO_3 (bersifat basa) dan enzim-enzim. Enzim tersebut adalah lipase pankreas, amilopsin, nuklease, disakarase, enterokinase, dan tripsin. Tiap-tiap enzim bekerja sebagai berikut:

1. Emulsi lemak $\xrightarrow{\text{lipase}}$ asam lemak dan gliserol
2. Amilum $\xrightarrow{\text{amilopsin}}$ maltosa
3. Asam nukleat $\xrightarrow{\text{nuklease}}$ nukleotida
4. Disakarida $\xrightarrow{\text{disakarase}}$ monosakarida
5. Tripsinogen $\xrightarrow{\text{enterokinase}}$ tripsin
6. Tripsin memecah protein menjadi polipeptida dan dipeptida (pepton)
7. Erepsin memecah pepton menjadi asam amino
8. Pepton $\xrightarrow{\text{erepsin}}$ asam amino
dengan bagian-bagian tertentu yang khusus dan berakhir pada anus.

C. Pencernaan pada Hewan Ruminansia



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 5.14 Sistem pencernaan pada mamalia

Hewan ruminansia atau memamah biak seperti sapi (Gambar 5.14), memiliki lambung yang terdiri atas beberapa bagian meliputi *rumen*, *retikulum*, *omasum*, dan *abomasum*. Dalam lambung memamah biak terdapat mikroorganisme (bakteri dan ciliata) yang menghasilkan enzim selulose.

Mula-mula makanan di kunyah dulu, dibentuk menjadi bulatan-bulatan (bolus) dicampur dengan ludah kemudian ditelan masuk ke rumen dan retikulum kemudian di aduk dan dicampur dengan enzim selulose. Selulose oleh mikroorganisme difermentasi menjadi CO_2 , CH_4 , dan asam-asam lemak. Zat hasil fermentasi sebagian digunakan oleh bakteri sehingga tumbuh dan berkembang. Asam lemak langsung diserap oleh dinding lambung, sedangkan CO_2 , CH_4 , akan dikeluarkan di mulut.

Makanan yang masih kasar akan dikembalikan ke mulut untuk dikunyah kembali, sedikit demi sedikit (memamah biak) ditelan kembali masuk ke omasum. Selanjutnya terjadi fermentasi lagi. Dari omasum bahan makanan

yang banyak mengandung mikroorganisme akan masuk ke abomasum, pada abomasum, mikroorganisme akan mati karena asam lambung.

Tubuh mikroorganisme yang mati merupakan sumber protein yang mengandung asam amino esensial yang lengkap dan akan dicerna pada lambung dan usus.

Selain itu, pada tubuh mikroorganisme terdapat pula vitamin dan lemak. Oleh karena itu, binatang memamah biak tidak memerlukan asam amino dari luar.

D. Kelainan pada Sistem Pencernaan

Kelainan pada sistem pencernaan meliputi beberapa hal sebagai berikut.

1. Diare (mencret/feses encer), penyerapan air di kolon terganggu sehingga kerja kolon dipercepat.
2. Apendiksitis, peradangan pada apendiks (umbai cacing) oleh bakteri.
3. Kolik, rasa sakit berulang-ulang karena kontraksi otot kuat.
4. Disfagia, kerusakan lambung yang disebabkan oleh alkohol/racun.
5. Enteritis, peradangan pada usus besar/usus halus oleh bakteri.
6. Konstipasi (sembelit), sulit buang air besar karena penyerapan air di kolon terlalu banyak.
7. Muntah-muntah, keluarnya makanan dan cairan karena kontraksi diafragma dan organ-organ pernapasan yang disebabkan oleh keracunan, gangguan peredaran darah, mabuk perjalanan, dan lain-lain.
8. Ulkus, peradangan pada lambung akibat produksi HCl lebih banyak daripada makanan yang masuk ke lambung.
9. Gondong, radang kelenjar parotis yang disebabkan oleh virus.
10. Peritonitis, yaitu radang pada peritoneum (selaput perut).

INFO BIOLOGI

Minyak Jelantah

Minyak yang telah digunakan untuk menggoreng atau dipanaskan akan mengalami perubahan kimiawi yang tampak dengan munculnya peroksida. Kadar peroksida menggambarkan tingkat perubahan kimiawi minyak. Bila pemanasan dilakukan berulang-ulang pada suhu tinggi, seperti umumnya minyak jelantah, proses perubahan minyak akan bertambah cepat.

Ketika pertama kali digunakan untuk menggoreng, kadar peroksida minyak adalah 12. Angka ini akan naik menjadi 12,3 pada penggunaan kedua dan 25,9 pada penggunaan keempat. Produk

oksidasi minyak goreng selain menghasilkan perubahan fisik minyak yang ditandai dengan warna, rasa dan bau, juga dapat merugikan kesehatan. Untuk mengetahui kandungan lemak pada minyak jelantah bisa dilakukan antara penelitian dengan menggunakan minyak kedelai. Ukuran yang dipakai adalah tingkat iodium. Semakin tinggi angka iodium semakin rendah kandungan lemak. Angka iodium minyak kedelai sebelum dipanaskan adalah 127. Setelah minyak digunakan 2 kali untuk menggoreng ayam selama 60 menit pada suhu 180 ternyata angka iodiumnya turun menjadi 116. Angka iodium akan menurun hingga mencapai 96 ketika minyak telah digunakan untuk keempat kalinya. Penentuan suhu setinggi 180 derajat tersebut berdasarkan kebiasaan yang dilakukan rumah tangga dalam menggoreng ayam. Bila digoreng pada suhu di atas 180 derajat, ayam akan gosong.

Pemanasan pada suhu tinggi juga merusak minyak goreng yang banyak mengandung asam lemak tak jenuh ganda. Ketika berkali-kali digunakan dalam suhu tinggi, asam lemak tak jenuh ganda juga akan teroksidasi sehingga membentuk lipid peroksida yang dapat merusak sel tubuh. Selain dapat menurunkan kadar kolesterol dalam darah, asam lemak tak jenuh juga mengandung vitamin E yang bisa berfungsi sebagai antioksidan. Pemanasan dalam suhu tinggi, menyebabkan vitamin E yang ada bisa rusak atau cenderung berkurang.

Sumber: Media Elektronik

Rangkuman

1. Makhluk hidup membutuhkan makanan untuk kelangsungan hidupnya, yaitu untuk pertumbuhan dan menggantikan sel-sel yang rusak.
2. Berdasarkan komposisi kimianya, makanan dapat digolongkan menjadi protein, karbohidrat, lemak, vitamin, air, dan garam mineral.
3. Asam amino dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu asam amino esensial, asam amino yang sangat diperlukan oleh tubuh dan harus didatangkan dari luar serta asam amino nonesensial, asam amino yang dapat disintesis sendiri oleh tubuh.
4. Karbohidrat merupakan sumber energi utama.
5. Lemak adalah lipida sederhana yang terdiri atas asam lemak dan gliserol.

6. Vitamin adalah suatu senyawa organik sebagai pelengkap makanan yang diperlukan kesehatan. Vitamin dapat digolongkan menjadi vitamin yang larut dalam air yaitu vitamin B dan C serta vitamin yang larut dalam lemak (minyak) meliputi vitamin A, D, E, dan K.
7. Alat-alat pencernaan terdiri atas saluran pencernaan dan kelenjar pencernaan. Saluran pencernaan terdiri atas rongga mulut, tekak, kerongkongan, lambung, usus halus, sekum, usus besar, dan anus.
8. Kelenjar pencernaan yang berhubungan dengan saluran pencernaan, yaitu pankreas, hati, dan kantung empedu.
9. Pencernaan dibedakan menjadi pencernaan mekanik dan pencernaan kimiawi.
10. Enzim pada pencernaan kimiawi berfungsi sebagai zat untuk mempercepat terjadinya reaksi kimia.
11. Pada hewan memamah biak lambungnya terdiri atas rumen, retikulum, omasum, dan abomasum sehingga terjadi pencernaan berulang. Proses pencernaannya dibantu bakteri aerob dan protozoa ciliata.
12. Hewan invertebrata umumnya belum memiliki alat khusus untuk pencernaan.

Kata Kunci

<i>colon</i>	<i>otot pylorus</i>
<i>defekasi</i>	<i>papila</i>
<i>defisiensi</i>	<i>pencernaan mekanik</i>
<i>empedu</i>	<i>pencernaan kimiawi</i>
<i>esofagus</i>	<i>sektum</i>
<i>faring</i>	<i>sekum</i>
<i>intestine</i>	<i>ventrikulus</i>
<i>otot sphincter</i>	<i>vitamin</i>

Evaluasi Akhir Bab

A. Pilih jawaban yang paling tepat.

1. Dalam air liur manusia terdapat enzim ptialin yang bertugas untuk
 - A. memecahkan protein menjadi peptida
 - B. merombak peptida menjadi asam amino
 - C. menguraikan lemak menjadi asam lemak dan gliserol
 - D. memecahkan protein menjadi asam amino
 - E. menghidrolisis polisakarida menjadi maltosa

2. Getah lambung yang mengubah protein menjadi pepton adalah . . .
 - A. lipase
 - B. klimase
 - C. asam klorida
 - D. pepsin
 - E. gastrin
3. Fungsi empedu adalah untuk . . .
 - A. mengemulsikan zat lemak dan memengaruhi penyerapan vitamin K
 - B. mengatur distribusi makanan dan memengaruhi penyerapan vitamin B
 - C. desinfektans bagi tubuh dan memengaruhi kerja hati
 - D. mengatur suhu tubuh dan memengaruhi penyerapan vitamin K
 - E. mengatur kadar glukosa agar tetap stabil dan memengaruhi penyerapan garam-garam mineral
4. Walaupun pencernaan makanan berakhir di usus, tidak semua sari makanan diserap oleh darah yang mengalir dalam venaporta hepatica atau pembuluh darah hati, di antaranya ada yang diserap melalui pembuluh getah bening. Sari makanan itu adalah . . .
 - A. glukosa
 - B. asam lemak dan gliserol
 - C. asam amino
 - D. vitamin
 - E. garam mineral
5. Pankreas mengeluarkan protase ke dalam usus halus. Baik pankreas maupun usus halus *tidak* tecerna oleh enzim ini. Dari pernyataan di bawah ini yang sifatnya *tidak* melindungi terjadinya pencernaan tersebut adalah . . .
 - A. protease (tripsin) dihasilkan pankreas dalam keadaan tidak aktif
 - B. protease berfungsi dalam suasana basa
 - C. lapisan lendir yang terdapat pada bagian dinding usus halus membantu melindungi kerja protease
 - D. vilus (jonjot) usus halus selalu dalam keadaan bergerak
 - E. pada permukaan usus halus terdapat lapisan mukus
6. Peristiwa konstipasi (sembelit) pada defekasi dapat terjadi karena . . .
 - A. terlalu banyak air diserap dinding kolon
 - B. infeksi pada dinding kolon
 - C. infeksi pada selaput dinding rongga perut
 - D. radang pada selaput dinding rongga perut
 - E. produksi getah lambung berlebihan
7. Penyakit Honger Oedem disebabkan kekurangan zat . . .
 - A. karbohidrat
 - B. lipida
 - C. protein
 - D. vitamin B₁
 - E. mineral-mineral

8. Pernyataan berikut yang bukan merupakan fungsi vitamin D bagi tubuh kita adalah
- A. mengatur kadar zat kapur dan fosfor dalam darah
 - B. memengaruhi kerja kelenjar endokrin
 - C. memengaruhi proses penulangan
 - D. memengaruhi proses pembelahan sel
 - E. memperbesar penyerapan zat kapur dan fosfor
9. Zat makanan pada proses metabolisme yang menghasilkan energi tertinggi untuk satuan berat yang sama, yaitu
- A. karbohidrat
 - B. lemak
 - C. protein
 - D. vitamin
 - E. serat
10. Manakah bahan di bawah ini yang akan mengubah warna larutan iodium menjadi biru kehitam-hitaman?
- A. Telur
 - B. Gula pasir
 - C. Jagung
 - D. Minyak ikan
 - E. Tomat
11. Sebelum amilum digunakan sebagai sumber energi oleh sel, amilum diubah terlebih dahulu menjadi. . . .
- A. maltosa
 - B. asam amino
 - C. glukosa
 - D. gliserol
 - E. kolesterol
12. Makanan sehari-hari yang tidak mengandung lemak tetap dapat menambah timbunan lemak dalam jaringan tubuh. Dari pernyataan berikut, manakah yang secara tepat menjelaskan hal tersebut?
- A. Lemak merupakan bahan cadangan yang paling berguna karena 1 gram lemak menghasilkan lebih banyak energi daripada 1 gram karbohidrat
 - B. Lemak merupakan bahan cadangan yang berguna karena melalui hidrolisis lemak diuraikan menjadi gliserol dan asam lemak
 - C. Karbohidrat diuraikan menjadi gula dan melalui proses tertentu kelebihan gula diubah menjadi lemak
 - D. Hanya sedikit karbohidrat disimpan sebagai glikogen
 - E. Amilum dapat berubah menjadi lemak

13. Garam mineral tidak perlu dicernakan oleh tubuh manusia karena
 - A. bukan bahan makanan
 - B. tidak dapat dicerna
 - C. dapat larut langsung menembus selaput plasma
 - D. tidak bereaksi dengan enzim
 - E. dapat larut bersama lemak

14. Untuk suatu eksperimen uji makanan, seorang siswa menggunakan reagen larutan lugol, larutan biuret, serta larutan fehling A dan B. Dia memperoleh perubahan warna kuning jingga waktu menguji amilum dengan larutan fehling A dan B. Penjelasan mana yang sesuai dengan hasil tersebut?
 - A. Siswa menggunakan larutan yang salah
 - B. Amilum tercemar glukosa
 - C. Amilum merupakan polisakarida yang terbentuk dari monosakarida
 - D. Siswa terlalu banyak menggunakan larutan fehling A dan B
 - E. Siswa menggunakan alat-alat yang tidak bersih

15. Pada tabel berikut tercantum vitamin dan penyakit akibat kekurangan vitamin tersebut. Manakah pernyataan yang benar?

	Nama Vitamin	Penyakit yang Ditimbulkan
A.	B ₁	rakhitis, osteomalasi
B.	B ₆	anemia, pelagra
C.	C	kemandulan, keguguran
D.	D	pendarahan kulit, skorbut
E.	E	pertumbuhan terhenti, beri-beri

B. Jawablah pertanyaan berikut ini dengan benar.

1. Sebutkan urutan bagian-bagian saluran pencernaan dari mulut sampai anus.
2. Terangkan pencernaan protein hingga dapat diserap usus.
3. Empedu penting pada pencernaan makanan, apakah fungsi empedu tersebut? Di manakah produksinya?
4. Apa yang akan terjadi jika tubuh kita kekurangan protein? Jelaskan!
5. Apakah fungsi HCl? Bagaimanakah jika sekresi HCl berlebihan, sedangkan makanan yang masuk sedikit?



Bab VI

Sistem Pernapasan



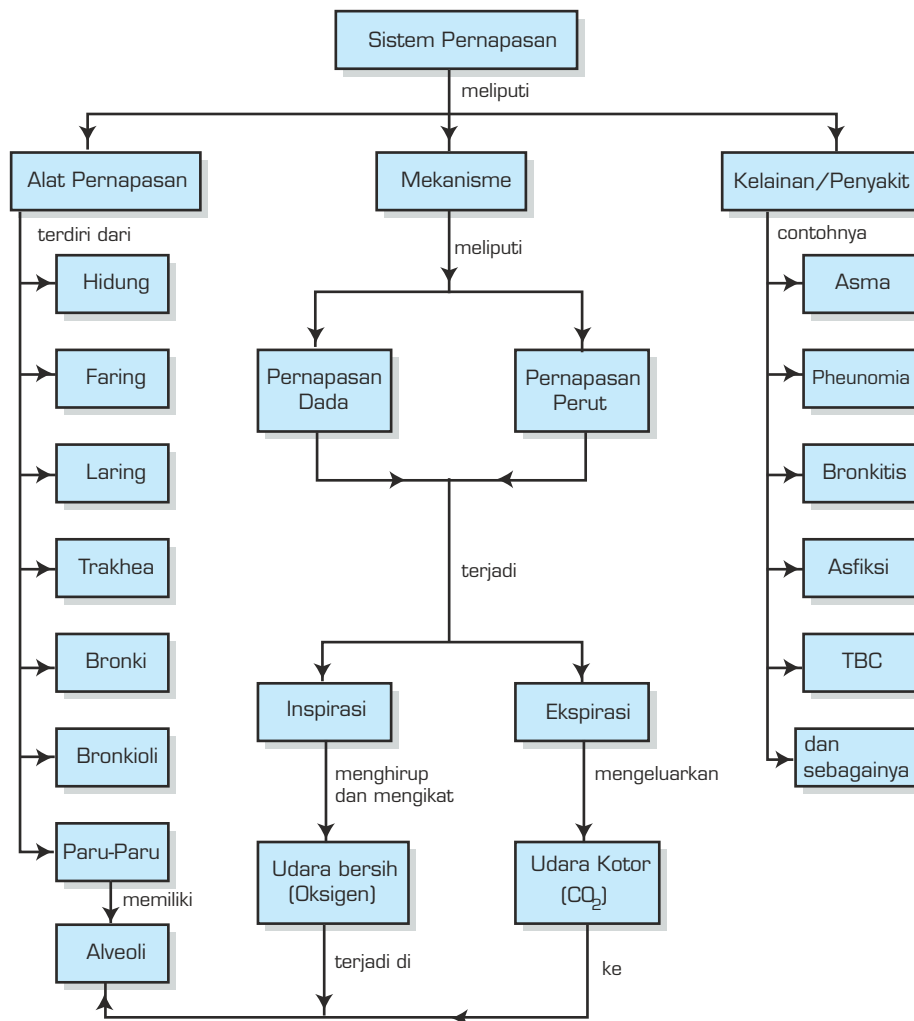
Sumber: *Biology*, Prentice-Hall

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini, siswa dapat:

1. menjelaskan struktur dan fungsi alat-alat pernapasan pada manusia;
2. menjelaskan mekanisme pernapasan pada manusia;
3. menjelaskan proses mekanisme pertukaran oksigen dan karbon dioksida dari alveolus ke kapiler darah;
4. mengidentifikasi struktur dan proses pernapasan burung;
5. membedakan pernapasan manusia dan burung;
6. menjelaskan kelainan/penyakit yang terjadi pada sistem pernapasan;
7. mendata pemanfaatan teknologi yang digunakan untuk pernapasan.

PETA KONSEP



Pernahkah kamu rasakan apa yang terjadi saat bernapas? Coba rasakan dengan mendekatkan jarimu atau cermin di depan hidungmu, atau rabalah dadamu saat melakukan pernapasan. Apa yang terjadi pada tubuh kita ketika bernapas? Untuk mendapatkan jawaban atas pertanyaan-pertanyaan tersebut, kita simak uraian selanjutnya.

A. Pengertian Pernapasan

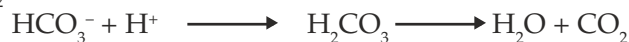
Respirasi atau Pernapasan dapat diartikan sebagai suatu proses pengambilan O_2 dari lingkungan luar ke dalam tubuh dan pelepasan CO_2 dari dalam tubuh ke lingkungan yang ditujukan untuk mendapatkan energi. Pernapasan pada hewan berlangsung dalam tiga tahap.

1. Respirasi luar (eksternal)

Respirasi luar merupakan proses pengikatan gas O_2 dari atmosfer ke kapiler di paru-paru oleh hemoglobin dan pelepasan CO_2 dari kapiler paru-paru ke atmosfer pada hewan darat atau pertukaran gas O_2 dan CO_2 dari medium air ke kapiler insang dan sebaliknya pada hewan yang hidup di air. Pengikatan O_2 :



Pelepasan CO_2 :



2. Respirasi dalam (Internal)

Respirasi dalam (internal) merupakan proses pengikatan O_2 dari kapiler darah ke jaringan, serta pelepasan CO_2 dari jaringan ke pembuluh vena.

3. Respirasi sel

Respirasi sel merupakan reaksi oksidasi-reduksi yang terjadi di dalam sel, O_2 digunakan sel-sel tubuh untuk proses pembakaran (oksidasi) untuk menghasilkan energi dan sebagai sisa metabolisme berupa CO_2 dan H_2O .

a) Pengangkutan O_2 dari kapiler paru-paru ke jaringan.

O_2 pada kapiler diikat oleh Hb pada eritrosit.

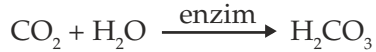
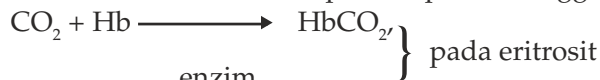
$O_2 + H \longrightarrow HbO_2$, masuk ke peredaran darah sampai di jaringan.

Pada kapiler jaringan:

$HbO_2 \longrightarrow Hb + O_2$, O_2 berdifusi ke jaringan untuk proses respirasi sel.

b) Pengangkutan CO_2 dari jaringan ke paru-paru.

Pada jaringan terjadi proses respirasi sel dan menghasilkan CO_2 . CO_2 berdifusi ke aliran darah pada kapiler sehingga terjadi reaksi:

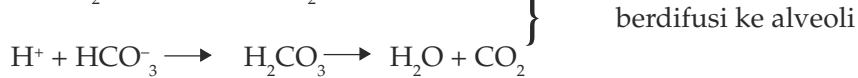


Sebagian kecil $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ pada plasma.

H_2CO_3 dari eritrosit ke luar masuk ke plasma darah.

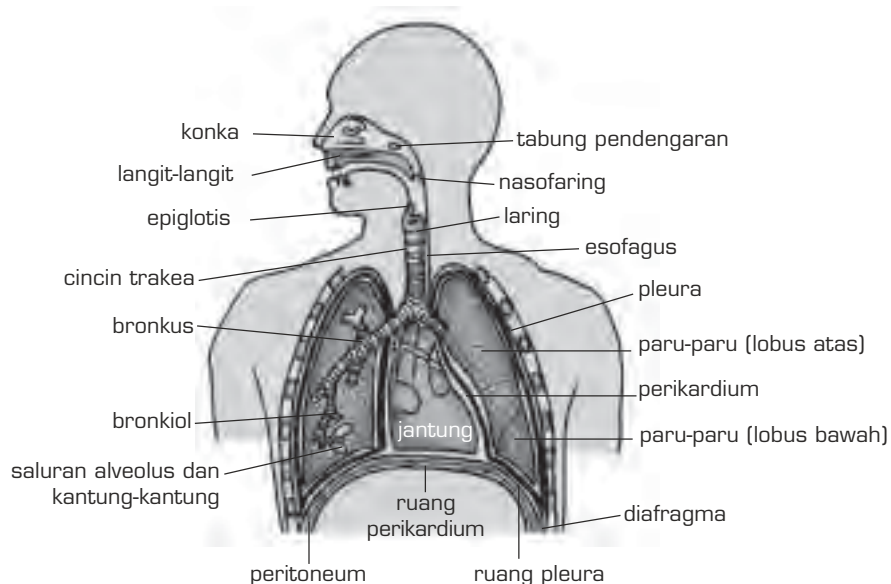


Pada kapiler alveoli



B. Pernapasan pada Manusia

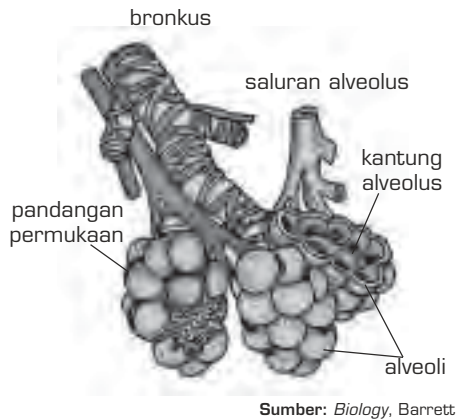
Sebagai anggota mamalia, manusia memiliki alat pernapasan mulai dari hidung, tenggorokan dengan cabang-cabangnya, sampai paru-paru yang memiliki gelembung-gelembung (*alveolus*) sebagai bagian utama tempat pertukaran gas antara tubuh dan atmosfer. Kamu dapat mengamati bagian-bagian sistem pernapasan manusia pada Gambar 6.1.



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 6.1 Sistem pernapasan manusia

Alveolus memiliki dinding tipis terbuat dari epitel selapis pipih yang membantu terjadinya proses difusi gas. Jumlah alveolus paru-paru 300 juta buah, dengan luas (jika dibentangkan) 70m². Dengan paru-paru seluas itu, maka pernapasan menjadi lebih efisien dan perolehan O₂ akan menjamin hidup manusia. Perhatikan Gambar 6.2.



Paru-paru manusia dibatasi oleh pleura yang sangat elastis. Demikian pula dengan dinding rongga dada bagian dalam dibatasi oleh pleura. Di antara pleura paru-paru dan pleura rongga dada terdapat cairan intrapleura. Tekanan *intrapleura* lebih rendah daripada tekanan udara luar. Hal ini memudahkan pemasukan volume udara ke rongga dada.

Gambar 6.2 Ujung saluran pernapasan pada paru-paru mamalia. Diameter 0,2 sampai 0,3 mm

KEGIATAN 6.1

Konsep Pernapasan

Pada saat kekurangan zat makanan untuk dioksidasi melalui proses pembakaran, tubuh kita akan terasa lemas dan kurang bertenaga. Tahukah kamu bahwa suatu proses yang menghasilkan energi bagi tubuh adalah melalui pernapasan? Apakah pernapasan itu?

Lengkapilah pertanyaan berikut sehingga ditemukan konsep pernapasan.

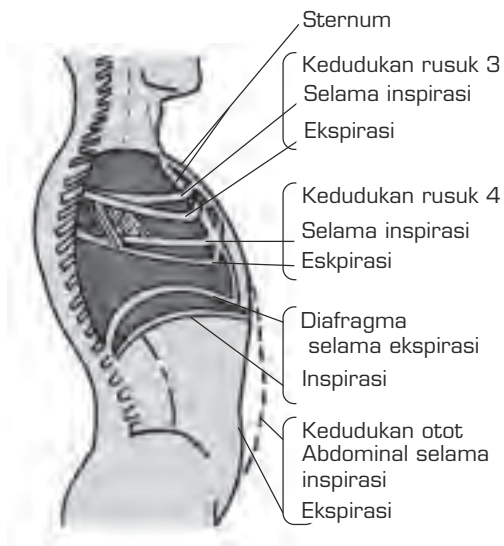
1. Pernapasan adalah proses pengambilan ... dari
ke ... dan proses pelepasan ... dari
ke ... untuk menghasilkan
2. Pernapasan dibedakan antara pernapasan ... dan pernapasan
3. Pada pernapasan luar terjadi pertukaran gas antara dan ...
sedangkan pada respirasi dalam pertukaran gas terjadi antara ... dan
4. a. Pada pernapasan eksternal terjadi:
 $\dots + \text{O}_2 \longrightarrow \text{HbO}_2$ (oksihaemoglobin)
b. Pelepasan CO₂ dengan reaksi kimia berikut
 $\text{HCO}_3^- + \dots \longrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \longrightarrow \dots + \text{CO}_2$

Setelah kamu dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut, apa kesimpulanmu tentang konsep pernapasan?

1. Struktur Alat Pernapasan dan Mekanisme Pernapasan pada Manusia

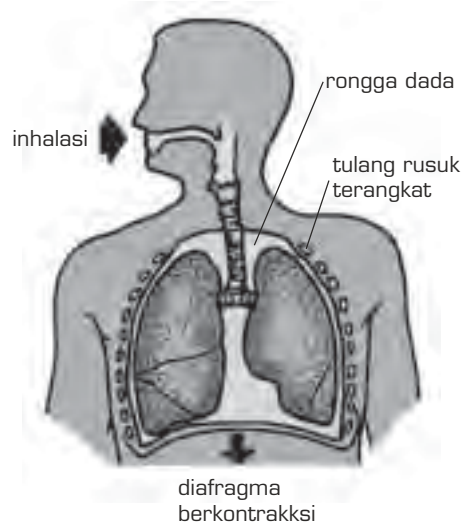
Pada pernapasan manusia terjadi dua peristiwa, yaitu pengambilan napas atau *inspirasi (inhalasi)* dan pengeluaran napas atau *ekspirasi (ekshalasi)*. Efisiensi pertukaran udara di paru-paru didukung oleh adanya *diaphragma*, yaitu suatu sekat berotot berbentuk kubah yang membatasi rongga dada dengan rongga perut.

a. Inspirasi (Inhalasi)



Sumber: *Biology for You*, Garreth William

Gambar 6.3 Mekanisme dan pengaturan pernapasan. Penaikan/elevasi tulang iga dan penurunan/depresi diafragma pada waktu inspirasi meningkatkan besarnya rongga dada yang ditandai dengan bagian yang dihitamkan

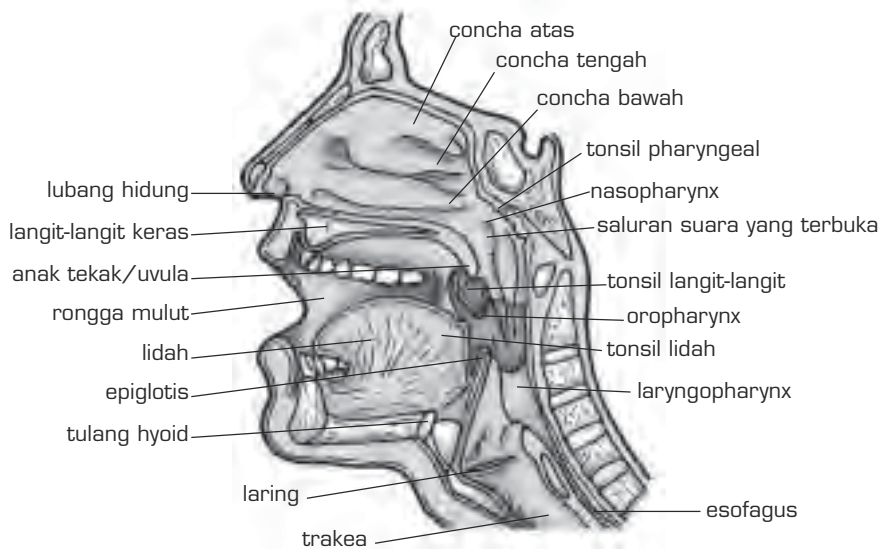


Sumber: *Biology for You*, Garreth William

Gambar 6.4 Fase inspirasi. Udara turun memasuki paru-paru akibat melebarnya rongga dada ketika rusuk terangkat

Inspirasi atau inhalasi dikenal sehari-hari sebagai proses menarik napas; memasukkan udara ke dalam paru-paru. Dalam proses bernapas, terhirupnya udara bukan karena aktivitas paru-paru sebab paru-paru tidak memiliki otot untuk berkontraksi, melainkan karena kontraksi sekat diafragma dan otot-otot dada. Pada inspirasi, otot diafragma turun $\pm 1,5$ cm dan otot-otot dada berkontraksi menyebabkan tulang-tulang rusuk terangkat. Hal ini menyebabkan rongga dada membesar, tetapi tekanannya menurun, dapat menyebabkan hampir 500 mililiter udara masuk pada sekali inspirasi, perhatikan Gambar 6.3 dan Gambar 6.4.

Pada saat menarik napas, sebelum memasuki rongga dada, udara masuk ke rongga hidung (Gambar 6.5). Selanjutnya dalam rongga hidung, rambut hidung menyaring partikel kotoran atau debu, atau serangga kecil. Lalu udara dihangatkan, dilembapkan agar oksigen larut dan dibersihkan sekali lagi oleh mukus (lendir) yang terdapat di permukaan dinding rongga hidung. Membran mukosa yang terdapat di sepanjang rongga hidung banyak mengandung serabut saraf dan pembuluh darah. Keadaan ini sekaligus untuk mendeteksi gas kimiawi yang berasal dari bau-bauan.



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 6.5 Rongga hidung dan alat-alat pernapasan

Selanjutnya udara yang telah hangat dan lembap memasuki *faring* (pangkal kerongkongan), sebuah saluran sepanjang kurang lebih 10 cm. Faring merupakan penghubung antara mulut dan kerongkongan, serta antara rongga hidung dan Laring. Laring disebut juga *kotak suara*. Faring seperti layaknya stasiun, dapat mempertemukan saluran dari mulut, hidung, paru-paru, bahkan telinga. Faring menjadi persilangan antara saluran makanan (*esofagus*) dari mulut ke lambung dan saluran udara atau tenggorokan (*trakea*) dari hidung ke paru-paru.

Walaupun demikian, tidak ada masalah yang menyebabkan makanan salah masuk ke tenggorokan atau udara masuk ke kerongkongan sebab ada mekanisme refleks yang mengatur penyalurannya. Jika kita menelan sesuatu, jalan masuk udara ke faring tertutup. Anak tekak atau *uvula* melipat ke belakang dan menutup bagian atas faring. Sebaliknya, jika menarik napas, *uvula* bergerak ke tempat semula.

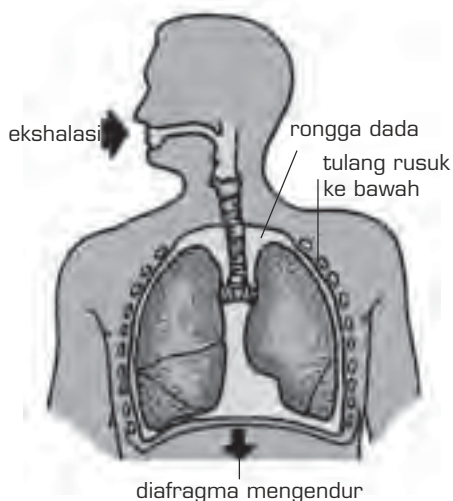
Saluran pernapasan berikutnya, yaitu laring memiliki penutup yang disebut *epiglottis*. Ketika menelan, epiglottis menutup, dan ketika bernapas epiglottis membuka. Oleh karena itu, sulit sekali seseorang yang sedang menelan sambil berbicara sebab jika hal itu terjadi, makanan akan masuk ke faring.

Laring juga menghasilkan suara pada saat udara diembuskan dari paru-paru. Suara yang merupakan getaran udara muncul dari getaran pita suara yang melintang pada lubang laring, dibantu oleh mulut dan lidah.

Dari laring udara masuk ke trakea (tenggorokan) yang tersusun atas cincin-cincin tulang rawan. Pada ujung, trakea bercabang dua menjadi bronki menuju paru-paru kanan dan paru-paru kiri. Pada bronki meskipun ukurannya kecil tetap mempunyai cincin tulang rawan. Bronki bercabang disebut bronkioli. Bronkiolus tidak mempunyai cincin tulang rawan. Pada ujung bronkiolus terbentuk gelembung-gelembung alveoli. Dari trakea sampai alveoli terdapat sekitar 23 kali percabangan. Pada alveolus terjadi pertukaran gas. Tiap alveolus diliputi kapiler dan dibungkus oleh lapisan epitel. Paru-paru manusia berisi kira-kira 3 juta alveolus, yang luasnya mencapai 70 m² atau 20 x luas permukaan tubuh.

Oksigen dengan mudah berdifusi keluar alveolus dan masuk ke dalam sel-sel darah merah di kapiler. Sebaliknya karbon dioksida berdifusi keluar kapiler dan masuk ke alveolus, yang selanjutnya dikeluarkan dari paru-paru pada waktu ekspirasi.

b. Ekspirasi atau Ekshalasi



Sumber: *Advanced Biology*, Clegg

Gambar 6.6 Fase ekspirasi. Udara terdorong ke luar dari paru-paru ketika otot mengendur

Ekspirasi atau ekshalasi sama dengan menghembuskan udara dari paru-paru ke udara luar. Pada saat ekspirasi sekat diafragma dan otot-otot dada melakukan relaksasi (pengenduran). Diafragma kembali naik, mengecilkan rongga dada, tetapi memperbesar rongga perut.

Rongga dada yang mengecil menyebabkan tekanan intrapleura dan tekanan udara paru-paru meningkat serta mendorong udara keluar melalui trakea, faring, dan keluar melalui rongga hidung. Demikian pula otot-otot dada yang mengendur menyebabkan tulang-tulang rusuk ke bawah dan melengkung dalam (Gambar 6.6).

KEGIATAN 6.2

Pernapasan Dada dan Pernapasan Perut

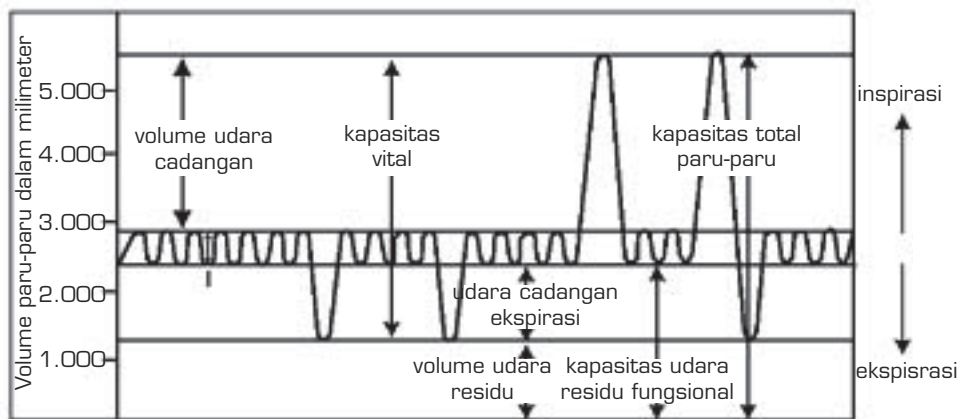
Jelaskan perbedaan yang terjadi pada tulang rusuk, otot-otot antartulang rusuk dan diafragma saat pernapasan dada dan pernapasan perut.

Cobalah lakukan kedua pernapasan tersebut, lalu tulis hasilnya pada buku tulismu dalam bentuk tabel seperti berikut.

Bagian Tubuh	Keadaan Bagian Tubuh Saat Pernapasan			
	Pernapasan Dada		Pernapasan Perut	
	Ekspirasi	Inspirasi	Ekspirasi	Inspirasi
1. Tulang rusuk 2. Otot-otot tulang rusuk 3. diafragma				

c. Volume Udara Pernapasan

Jumlah udara yang keluar masuk paru-paru bergantung pada cara kita bernapas. Dalam keadaan normal, jumlah udara yang keluar masuk pada sekali inspirasi dan sekali ekspirasi dinamakan *volume tidal*. Volume tidal kira-kira 500 mililiter. Perlu diingat bahwa tidak semua udara yang masuk ke paru-paru digunakan dalam pertukaran gas. Ada sekitar 150 mililiter udara yang menempati bagian-bagian saluran pernapasan di luar alveolus. Oleh karena itu, jika tiap menit kita bernapas 12 kali, udara segar yang mencapai alveolus bukan $500 \text{ ml} \times 12 = 6.000 \text{ ml}$, melainkan $(500-150) \text{ ml} \times 12 = 4.200 \text{ ml}$. Jumlah ini dinamakan *ventilasi alveolar*. Jika melebihi inspirasi normal, udaranya melebihi volume tidal dinamakan *volume cadangan inspirasi*.



Sumber: Biology for file, 1986

Gambar 6.7 Volume udara pernapasan

Jika ekspirasi aktif melebihi volume tidal, volume udara dinamakan *volume cadangan ekspirasi*. Udara yang tersisa setelah ekspirasi maksimal disebut volume residu. Kapasitas vital, yaitu jumlah udara paling banyak yang dapat diekspirasi setelah usaha inspirasi maksimal. Volume cadangan inspirasi kurang lebih 3 liter, dan volume cadangan ekspirasi besarnya kurang lebih 1 liter. Volume residu besarnya kurang lebih 1,2 liter.

Kapasitas vital merupakan jumlah volume seluruhnya (kecuali residu), besarnya kira-kira 4,8 liter. Jumlah ini diperoleh pada seorang laki-laki muda, dan dapat bertambah atau berkurang bergantung pada umur, jenis kelamin, kebiasaan hidup, dan kesehatan. Kecepatan bernapas pada manusia berbeda-beda.

KEGIATAN 6.3

Menghitung Frekuensi Bernapas

Alat dan bahan: Stop watch

Langkah kerja:

1. Hitunglah berapa kali kamu bernapas (inspirasi dan ekspirasi) dalam keadaan duduk selama waktu 1 menit. Ulangi sampai 3x, berapa rata-ratanya.
2. Hitunglah berapa kali kamu bernapas (inspirasi dan ekspirasi) setelah lari di tempat selama 5 menit. Ulangi sampai 3x, berapa rata-ratanya. Lalu tuliskan dalam tabel seperti berikut ini.

Waktu	Sebelum kegiatan	Setelah kegiatan
Menit ke 1		
Menit ke 2		
Menit ke 3		
Rata-rata		

Pertanyaan

1. Berdasarkan hasil data di atas, samakah frekuensi bernapas sebelum dan sesudah kegiatan?
2. Mengapa demikian, jelaskan jawabanmu.
3. Selain aktivitas, faktor apa lagi yang memengaruhi frekuensi bernapas pada kita?

2. Kelainan pada Sistem Pernapasan

Pernapasan merupakan proses kontak langsung antara tubuh bagian dalam dan udara luar sehingga banyak risiko yang menjadi beban saluran pernapasan. Terlebih jika udara sudah terkena polusi. Beberapa kelainan pada sistem respirasi adalah sebagai berikut.

- a. *Asma*, penyakit kronis dan menurun ini terjadi akibat menyempitnya bronki dan bronkiolus sehingga udara yang masuk di bawah batas minimal. Asma akan terpicu oleh alergi terhadap beberapa jenis makanan dan partikel di udara seperti serbuk sari dan debu.
- b. *Bronkitis*, merupakan radang tenggorokan (bronki) akibat infeksi bakteri yang menyerang selaput epitel bronki.
- c. *Pneumonia*, radang paru-paru menyerang dinding alveolus. Biasanya disebabkan oleh infeksi bakteri, jamur, dan virus.
- d. *TBC*, disebabkan oleh infeksi bakteri *Mycobacterium tuberculosis* pada jaringan paru-paru. Dapat menular melalui udara.
- e. *Kanker paru-paru*, kasus ini sebagian besar disebabkan oleh polusi, baik polusi tidak langsung yang berasal dari limbah teknologi ataupun polusi langsung bagi perokok. Polutan antara lain CO , CO_2 , H_2SO_4 , HCO , dan asbestos. Rokok menyimpan nikotin dan polutan lainnya.
- f. *Mimisan*, perdarahan di hidung akibat pecahnya kapiler sampai ke permukaan jaringan epitel rongga hidung.
- g. *Laringitis*, merupakan radang pada laring, berasal dari iritasi ataupun infeksi. Iritasi biasanya dari rokok. Jika radang sampai ke pita suara, penderita akan kehilangan suara. Perokok berat biasanya menderita serak berkepanjangan.

- h. *Pleuritis*, radang pleura di sekeliling paru-paru. Jika radang sangat parah, udara paru-paru akan keluar menuju rongga antarpleura.
- i. *Emfisema*, ditandai dengan hilangnya elastisitas paru-paru karena terendam cairan, dan terkikisnya sekat antarlveoli sehingga mengurangi luas permukaan membran pernapasan. Akibatnya udara yang dihirup sedikit sekali; bernapas terasa sulit dan sangat sakit. Emfisema akan terjadi pada tiap orang seiring makin bertambahnya usia, dan akan terjadi lebih dini pada perokok dan orang-orang yang bermukim di lingkungan polusi.
- j. *Emboli* adalah gumpalan darah yang menyumbat kapiler di paru-paru. Sumbatan akan menghambat aliran darah yang membawa oksigen dan karbon dioksida. Emboli paru-paru dapat terjadi jika terkena serangan jantung, keracunan, overdosis obat, dan tersengat listrik. Emboli sangat fatal bagi penderita.

KEGIATAN 6.4

Mengkaji Gangguan Pernapasan

Untuk mengetahui bahaya merokok bagi kesehatan dan menumbuhkan kepedulian lingkungan, kajilah pernyataan berikut berdasarkan pengetahuanmu tentang gangguan pada pernapasan.

1. “Merokok sama dengan bunuh diri secara perlahan-lahan.”
2. Oksigen sangat penting untuk memperoleh energi. Energi diperlukan oleh setiap bagian tubuh untuk menghasilkan aktivitas hidup baik setiap organ maupun secara keseluruhan dalam satu kesatuan membentuk aktivitas hidup tubuh manusia.

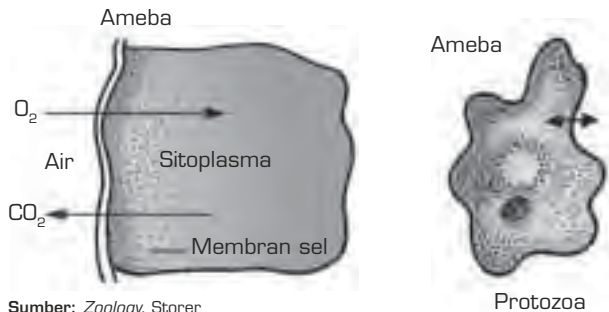
C. Respirasi pada Hewan

Hewan rendah seperti Protozoa, tidak memiliki alat-alat khusus pernapasan sehingga gas CO_2 cukup diperoleh dengan cara difusi melalui permukaan tubuhnya. Hewan yang lebih tinggi tingkatannya telah memiliki alat-alat khusus untuk pengambilan O_2 maupun pelepasan CO_2 . Alat-alat khusus ini dapat berupa paru-paru untuk hewan yang hidup di darat, insang untuk hewan yang hidup di air, atau alat lain seperti trakea pada insekta dan juga kulit pada hewan-hewan tertentu, seperti pada cacing.

1. Sistem Respirasi pada Invertebrata

Invertebrata air memiliki alat pernapasan yang berbeda dengan invertebrata daratan, misalnya pada Ameba pertukaran gas terjadi dengan menggunakan seluruh permukaan tubuhnya, gas berdifusi melalui sel

tubuhnya. Serangga air bernapas dengan insang trakea. Prinsip kerja insang trakea pada serangga air sama dengan trakea pada serangga darat. Bedanya, spirakel serangga air berhubungan dengan alat semacam insang di bagian luar tubuh untuk absorpsi O_2 dan membuang CO_2 dalam lingkungan air. Respirasi pada invertebrata dapat kamu lihat pada Gambar 6.8.

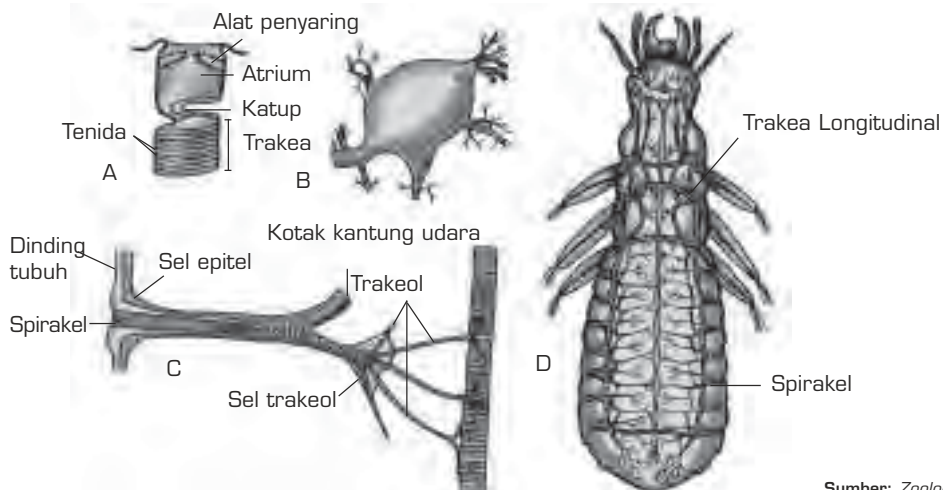


Sumber: Zoology, Storer

Gambar 6.8 Respirasi pada invertebrata

Cacing tanah tidak mempunyai alat khusus untuk bernapas. Kulitnya yang dilapisi lendir cukup untuk melarutkan udara luar yang selanjutnya berdifusi ke dalam tubuh melalui kulit, masuk ke pembuluh darah.

Perhatikan Gambar 6.9, serangga memiliki sistem pembuluh trakea untuk bernapas, trakea memiliki muara berupa spirakulum (spirakel). Spirakel atau stigma dapat kita lihat pada permukaan tubuh serangga berupa lubang-lubang kecil pada tiap ruas tubuh serangga. Pada belalang, spirakel terdapat di kedua sisi ruas pertama dan ruas ketiga dari dada, dan delapan pasang spirakel di ruas-ruas perut. Tiap spirakel memiliki katup yang membuka atau menutup saat keluarnya CO_2 dan masuknya O_2 . Organ pernapasan pada serangga dapat dilihat pada Gambar 6.9.



Sumber: Zoology

Gambar 6.9 A. Suatu spirakel dengan atrium, alat penyaring dan katup (menurut Snodgrass) B. Sebuah kantong udara (menurut Snodgrass) C. Diagram yang memperlihatkan hubungan spirakel dan trakeol dengan trakea (diubah dari Ross) D. Sistem trakea seekor insekta (menurut Ross)

Spirakel dalam tubuh serangga bercabang-cabang hingga yang terkecil terdapat pada hampir setiap sel tubuh dengan diameter hanya 0,1 μ m (milimikron). Pada ujung spirakel ini terdapat cairan agar O_2 yang masuk dari luar dilarutkan lebih dahulu, baru kemudian berdifusi ke dalam sel.

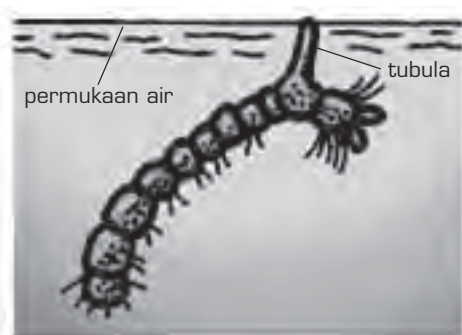
Secara garis besar pernapasan pada serangga terdiri atas tiga tahap (berlangsung kurang dari 3 detik), yaitu sebagai berikut.

1. Tahap inspirasi: spirakel empat pasang di daerah depan membuka menyebabkan udara yang mengandung O_2 masuk
2. Tahap pertukaran gas: terjadi antara trakeolus dan jaringan tubuh. Pada tahap ini spirakel menutup.
3. Tahap ekspirasi: enam pasang spirakel di abdomen membuka agar gas sisa keluar dari tubuh.

Hasil percobaan ahli serangga, Gottfried Fraenkel, menunjukkan bahwa belalang mengisap udara atmosfer melalui empat pasang spirakel terdepan dan mengembuskan udara kotor dari tubuh melalui enam pasang spirakel terakhir. Dengan demikian, kecil kemungkinan bercampurnya udara bersih dengan udara kotor.

Masuk dan keluarnya udara ke dalam spirakel diatur oleh kontraksi otot-otot di bagian perut. Ketika otot berkontraksi, alat-alat dalam tubuh serangga memipih dan mendesak udara keluar. Saat otot perut relaksasi, keadaan organ-organ dalam tubuh mengendur kembali sehingga udara luar masuk. Katup spirakel membuka dan menutup dikendalikan oleh sistem saraf. Lamanya membuka katup spirakel bergantung pada seberapa besar tekanan CO_2 dalam darah dan seberapa peka terhadap tekanan O_2 di atmosfer.

Beberapa jenis serangga, seperti lipas, belalang, kumbang, serta larva dan pupa kupu-kupu mempunyai kebiasaan membuang gas CO_2 pada saat-saat tertentu saja, sementara pengisapan O_2 terus-menerus tiap detik. Ada serangga tertentu yang membuang CO_2 satu kali dalam seminggu, jenis lainnya ada yang tiga jam satu kali. Frekuensi pembuangan CO_2 ini dipengaruhi oleh jenis spesies, suhu udara, dan kecepatan metabolismenya. Respirasi pada lipas dan kumbang ini disebut *respirasi siklik*.



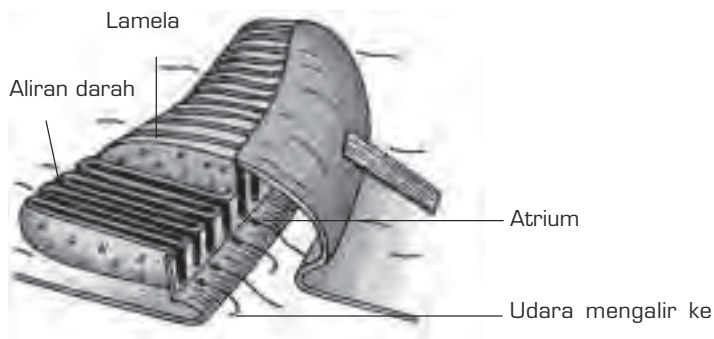
Sumber: Zoology

Larva serangga yang hidup di air sistem pernapasannya sama berupa sistem pembuluh trakea. Pada larva nyamuk, sistem pembuluh trakea berhubungan dengan corong di ujung abdomen, corong dipakai untuk mengambil udara atau melepaskannya pada permukaan air (Gambar 6.10).

Gambar 6.10 Corong atau tubula pada jentik nyamuk

Beberapa jenis serangga yang larvanya hidup di air mempunyai insang trakea. Insang mengambil udara dari air dan diedarkan melalui sistem pembuluh trakea. Pada beberapa serangga dewasa, sistem pembuluh trakea dihubungkan dengan alat napas berupa duri di ujung abdomen. Duri berupa tabung dapat mengambil udara dari tumbuhan, misalnya dari eceng dengan cara ditusukkan.

Alat pernapasan jenis lain, yaitu *paru-paru buku*. Alat ini terdapat pada kelompok laba-laba dan kelompok kalajengking. Paru-paru buku merupakan lipatan-lipatan hasil pelekukan ke dalam (invaginasi) dari epitelium permukaan tubuh. Hubungan paru-paru buku dengan udara luar melalui spirakel. Paru-paru ini terletak di abdomen bagian bawah (Gambar 6.11).



Sumber: *The Study of Biology*, Baker

Gambar 6.11 Sayatan paru-paru buku seekor laba-laba

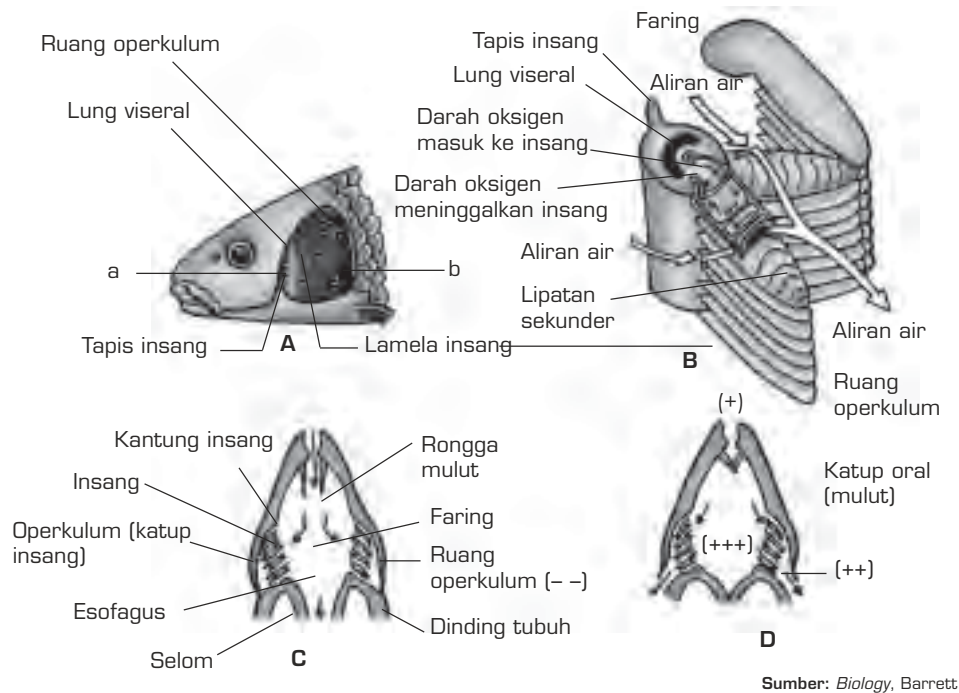
KEGIATAN 6.5

Respirasi pada Hewan

1. Buatlah kelompok maksimal 5 orang.
2. Tentukan pilihan respirasi pada hewan yang akan dipresentasikan atau dipaparkan oleh tiap-tiap kelompok (dapat diundi oleh guru)
Pilihan:
 - a. respirasi pada invertebrata
 - b. respirasi pada ikan
 - c. respirasi pada katak
 - d. respirasi pada kadal
 - e. respirasi pada burung
 - f. respirasi pada mamalia
3. Lengkapilah penjelasannya dengan gambar atau carta.
4. Bagilah tugas setiap anggota untuk menjadi pelaksana dalam mempresentasikan dan diskusi kelas.

2. Sistem Respirasi pada Vertebrata

Vertebrata merupakan kelompok hewan yang secara anatomis memiliki struktur tubuh paling kompleks, memiliki alat respirasi lebih lengkap. Dimulai dari yang sederhana pada ikan, sampai ke alat yang paling lengkap pada unggas dan mamalia. Perhatikan Gambar 6.12.



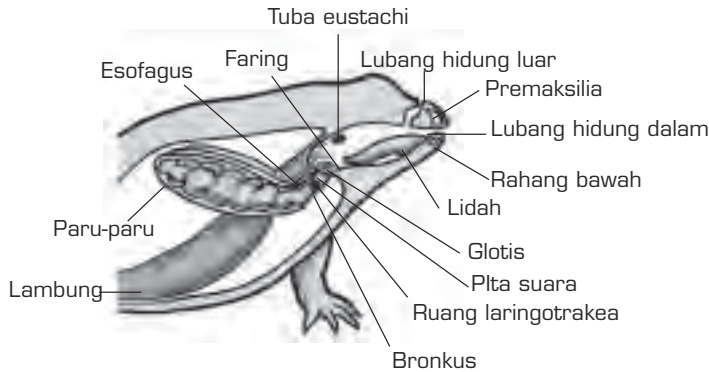
Gambar 6.12 Alat pernapasan pada ikan (insang ikan) (a) operkulum (b) Sebagian insang yang dibesarkan; (c dan d) Irisan frontal melalui mulut dan faring.

Sebagai hewan akuatik, ikan memiliki alat pernapasan yang disebut insang. Jumlah insang tiap sisi ada lima sampai tujuh buah. Insang memiliki pembuluh-pembuluh darah sehingga O_2 yang larut dalam air dan memasuki insang akan langsung masuk ke pembuluh darah, karbon dioksida di insang juga dikeluarkan. Pada ikan gurame, lele, sepat, gabus, insangnya mengalami pelebaran berlipat-lipat ke atas yang disebut labirin. Lipatan-lipatan labirin itu dapat menyimpan udara cadangan, mengingat ketiga jenis ikan tersebut hidup di daerah berlumpur dan kurang oksigen. Ikan jenis lain yang dinamakan Dipnoi (ikan pari) menyimpan cadangan oksigen dalam pulmoris, gelembung renang yang berfungsi sebagai paru-paru.

Vertebrata yang memiliki struktur tubuh lebih maju daripada ikan adalah katak. Hewan ini merupakan hewan transisi antara lingkungan akuatik pada masa larva dan lingkungan terestrial pada masa dewasa. Meskipun telah

menjadi hewan daratan, katak dewasa tidak sepenuhnya dapat meninggalkan air. Hal ini ada kaitannya dengan sistem pernapasannya yang sebagian harus dilakukan oleh kulit.

Telah dikatakan di atas bahwa kulit katak berperan penting dalam sistem pernapasan. Hal ini terjadi karena kulit katak mengandung banyak pembuluh darah, dan kulit tersebut tipis serta permeabel terhadap air dan gas. Akan tetapi, kulit akan berfungsi dalam pernapasan jika dalam keadaan basah sebab oksigen dari udara baru dapat berdifusi dalam bentuk larutan. Oleh karena itu, kulit katak dilapisi lendir untuk menghindari kekeringan.

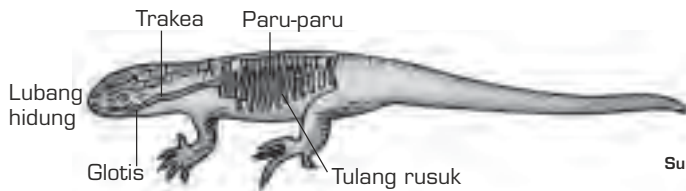


Sumber: Zoology

Gambar 6.13 Diagram sayatan memanjang (longitudinal) dari sistem pernapasan katak

Sebagai hewan daratan, katak menggunakan paru-paru untuk bernapas. Perhatikan Gambar 6.13, paru-parunya terdiri atas dua buah kantung berdinding tipis. Paru-paru menerima udara dari rongga mulut melalui glotis. Udara yang masuk akan larut dalam cairan sel-sel epitel paru-paru, baru kemudian berdifusi ke dalam kapiler darah paru-paru. Di dalam kapiler, oksigen diikat oleh hemoglobin (HbO) dalam eritrosit. Dalam bentuk HbO inilah oksigen diedarkan oleh darah ke seluruh jaringan tubuh.

Vertebrata berikut, yaitu kelompok reptilia. Perhatikan Gambar 6.14, organ pernapasan sepenuhnya dilakukan oleh paru-paru. Paru-paru reptilia jauh lebih besar daripada katak. Pada saat bernapas, paru-paru dibantu dengan kontraksi otot dada yang merenggangkan tulang-tulang rusuk sehingga menyempitkan rongga dada, menekan gas CO₂ keluar dari paru-paru. Kulit reptil tidak membantu proses pernapasan karena kering dan bersisik. Keadaan kulit seperti ini mencegah hilangnya cairan tubuh kulit.



Sumber: Biology for file, 1986

Gambar 6.14 Sistem respirasi kadal

Kelompok unggas atau burung memiliki perangkat pernapasan lebih baik daripada ketiga kelompok vertebrata yang telah dikemukakan sebelumnya. Sebagai hewan berdarah panas (homiothermis), burung harus mempertahankan suhu tubuhnya yang cukup tinggi (40°C). Untuk itu tentunya dibutuhkan energi yang banyak dan harus terpenuhi dengan perolehan oksigen cukup tinggi sebagai oksidatornya. Ukuran paru-paru burung lebih kecil dibandingkan dengan paru-paru pada reptil. Keistimewaan kelompok unggas adalah kebiasaan terbangnya. Hal ini menyebabkan struktur paru-paru paling berbeda dengan paru-paru vertebrata lain.

Kegiatan terbang dan mempertahankan suhu tubuh ini menyebabkan burung membutuhkan O_2 yang banyak. Oleh karena itu, paru-paru burung berkembang membentuk kantung-kantung hawa di sekitar organ-organ visera untuk membantu paru-paru memperbanyak perolehan oksigen. Secara anatomis kita perlu mengetahui asal mula perkembangan kantung hawa atau sakus pneumatikus ini.

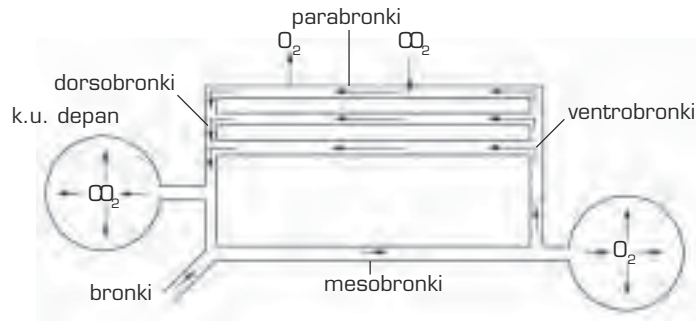
Mula-mula tenggorokan (bronkus primer) bercabang di daerah paru-paru menjadi mesobronkus. Mesobronkus bercabang-cabang lagi menjadi bronkus sekunder. Bronkus sekunder bercabang-cabang membentuk parabronki. Tiap parabronki membentuk kapiler-kapiler udara yang saling beranyaman. Kapiler udara ini mengandung banyak pembuluh darah. Pada kapiler-kapiler udara inilah terjadi proses pernapasan (tukar-menukar gas).

Paru-paru burung dilengkapi dengan kantung-kantung udara. Kantung udara pada sistem pernapasan burung dikelompokkan menjadi kantung udara depan dan kantung udara belakang. Kantung hawa juga mengisi beberapa rongga pada tulang, dengan demikian akan mengurangi bobot badan saat terbang.

Pada waktu inspirasi udara mengalir melalui lubang hidung faring, trakea, bronkus, mesobronki. Dari mesobronki sebagian udara bersih disimpan pada kantung udara abdomen (kantung udara belakang) dan sebagian lagi mengalir melalui bronki sekunder (ventro bronki), parabronki, bronki sekunder (dorsobronki) lalu masuk ke kantung udara depan (kumpulan dari beberapa kantung udara). Pada parabronki terjadi pertukaran O_2 dan CO_2 . Kantung udara depan berisi udara kotor (banyak mengandung CO_2). Pada waktu ekspirasi udara bersih dari kantung udara belakang mengalir melalui ventrobronki, parabronki (terjadi lagi pertukaran gas), dorso bronki, bronki, trakea dan ke luar. Udara kotor dari kantung udara depan langsung ke luar, melalui dorsobronki, bronki, dan trakea. Jadi, pada pernapasan burung terjadi pertukaran gas (pengambilan O_2 dan pelepasan CO_2) pada parabronki baik pada waktu inspirasi maupun waktu ekspirasi.

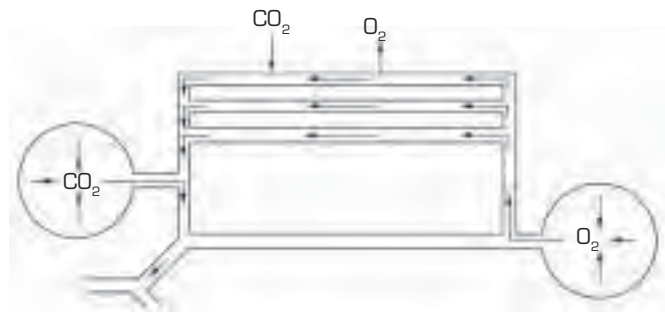
Bagan proses pernapasan pada burung

1. Inspirasi

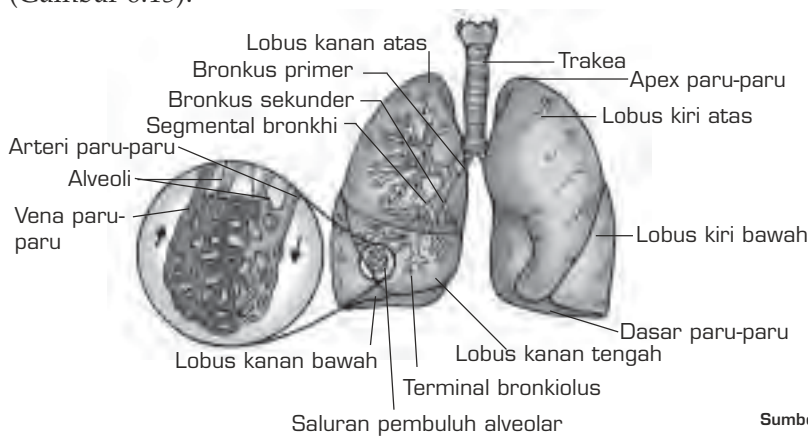


Pada waktu inspirasi udara dari bronki mengalir melalui mesobronki

2. Ekspirasi



Pada mamalia, paru-parunya sama seperti pada manusia, terdiri atas beberapa gelambir. Bronkus memasuki paru-paru kemudian bercabang-cabang sampai akhirnya ke bagian yang menggelembung berdinding tipis, disebut alveoli yang selalu basah dan banyak mengandung kapiler darah (Gambar 6.15).



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 6.15 Sistem pernapasan mamalia

Alveoli merupakan tempat tukar-menukar O_2 dengan CO_2 . Jumlah alveoli pada satu paru-paru sangat banyak; mencapai puluhan juta sampai ratusan juta. Dengan demikian, permukaan paru-paru sangat luas memungkinkan pengambilan O_2 dengan leluasa. Mamalia yang hidup di air, seperti ikan paus dan ikan duyung, bernapas dengan paru-paru. Untuk mencegah masuknya air ke paru-paru, trakea ikan paus dan duyung bersekat-sekat. Jika air masuk saat bernapas, air akan tertahan pada sekat trakea, kemudian disemprotkan melalui lubang di kepalanya.

Ikan paus dan mamalia air lainnya sering muncul ke permukaan untuk menghirup udara atmosfer. Hal ini dilakukan sebab O_2 yang terlarut tidak sebanyak O_2 di atmosfer. Cara lain yang diatasi oleh mamalia air untuk masalah O_2 ini, yaitu dengan menyimpan cadangan O_2 di otot yang terikat oleh mioglobin. Jika masuk ke permukaan air yang kandungan O_2 -nya sangat kurang, mioglobin akan membebaskan O_2 .

INFO BIOLOGI

Ketinggian di Atas Permukaan Laut

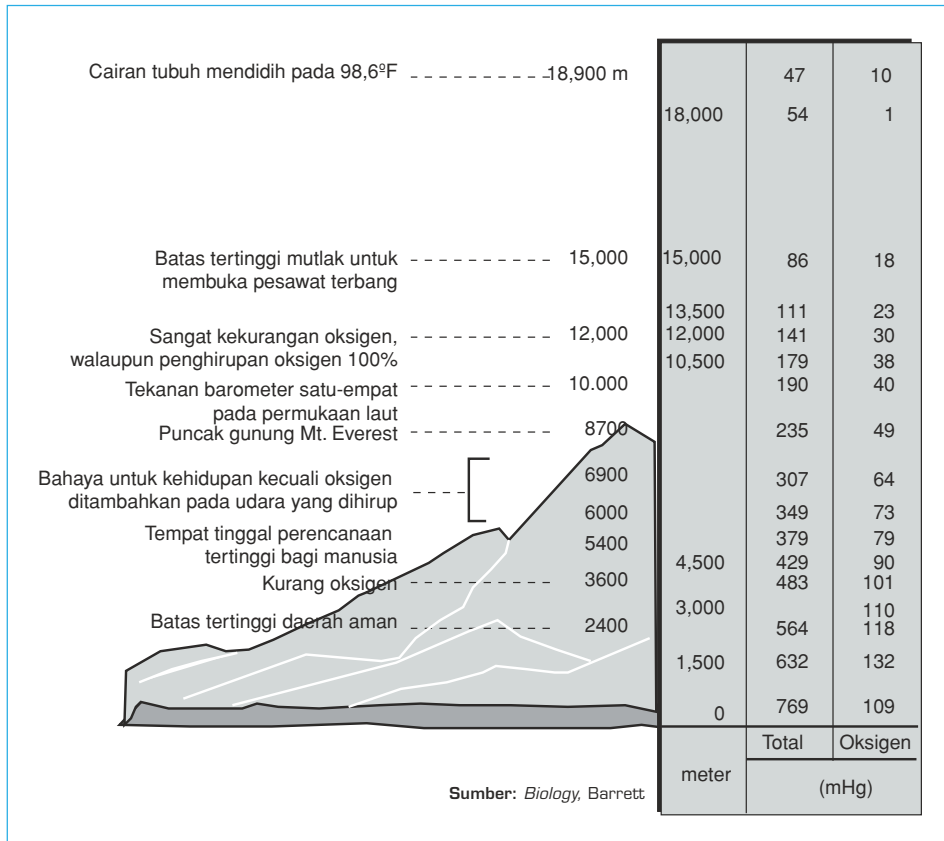
Tahukah kamu bahwa atmosfer pada ketinggian di atas permukaan laut (± 10.000 meter) biasanya di bawah tekanan gravitasi, sama dengan 760 mmHg. Sekitar 21% (160 mmHg) dari tekanan ini disebabkan oleh desakan atau tekanan gas oksigen dan sebagian besar sisanya oleh nitrogen.

Dalam campuran gas-gas, seperti udara, setiap gas menekan atau mendesak satu dengan lainnya. Jumlah tekanan yang disebabkan tekanan setiap gas tersebut disebut tekanan parsial gas.

Jika kita memanjat sebuah gunung yang tinggi atau saat dalam pesawat terbang, oksigen terus-menerus menurun, demikian pula tekanan parsial. Sebagai contoh suatu desa pada ketinggian 4,5 kilometer di atas permukaan laut, tekanan partial oksigen turun menjadi 85 mmHg, sedikit lebih dari setengahnya pada permukaan laut (760 mmHg). Tekanan yang disebabkan oleh kecilnya tekanan oksigen dapat menyebabkan “penyakit gunung” yang kronis dan menahun dengan gejala pusing-pusing, sakit kepala, lemah, mual dan kebodohan.

Gejala ini dapat menimpa siapa saja sekalipun orang-orang yang telah beradaptasi tinggi yang hidup di sana seperti di desa.

Untuk diketahui lebih jauh berikut tabel ketinggian, tekanan total dan tekanan oksigen pada ketinggian tertentu.



Rangkuman

1. Alat pernapasan pada manusia terdiri atas hidung, tenggorokan, bronkus, bronkiolus, paru-paru.
2. Respirasi atau pernapasan dapat diartikan sebagai suatu proses pengambilan O_2 dan pelepasan CO_2 yang ditujukan untuk mendapatkan energi.
3. Pernapasan dapat dibedakan berdasarkan tempat terjadinya pertukaran O_2 dan CO_2 menjadi pernapasan (respirasi) eksternal (pengikatan O_2 dari atmosfer ke kapiler darah di paru-paru, pelepasan CO_2 dari kapiler paru-paru ke atmosfer dan pernapasan (respirasi) internal (pelepasan O_2 dari kapiler darah ke jaringan dan pelepasan CO_2 jaringan ke pembuluh vena).
4. Berdasarkan bagian tubuh yang digunakan saat bernapas, dapat dibedakan antara pernapasan perut dan pernapasan dada.

5. Volume udara pernapasan dapat dibedakan menjadi volume udara tidal, volume udara residu, volume udara vital, volume udara cadangan, volume udara total, volume udara inspirasi, dan ekspirasi.
6. Berbagai kelainan dapat terjadi pada sistem pernapasan baik yang disebabkan bakteri, radang alat pernapasan, pendarahan, penyumbatan, kapiler darah di paru-paru.
7. Pernapasan pada hewan bervariasi, misalnya dengan paru-paru, insang, kulit dan trakea.

Kata Kunci

<i>alveolus</i>	<i>respirasi eksternal</i>
<i>diafragma</i>	<i>respirasi internal</i>
<i>epiglotis</i>	<i>trakea</i>
<i>ekspirasi</i>	<i>uvula</i>
<i>faring</i>	<i>volume tidal</i>
<i>inspirasi</i>	<i>volume cadangan ekspirasi</i>
<i>kapasitas vital</i>	<i>volume residu</i>
<i>laring</i>	

Evaluasi Akhir Bab

A. Pilih jawaban yang paling tepat.

1. Pengikatan oksigen dan pelepasan karbon dioksida pada pernapasan manusia terjadi pada
 - A. bronkus
 - B. bronkiolus
 - C. alveolus
 - D. trakea
 - E. hidung
2. Pada aktivitas pernapasan biasa, volume udara yang keluar masuk merupakan
 - A. udara tidal
 - B. udara kapasitas vital
 - C. udara residu
 - D. udara komplemen
 - E. udara kapasitas total

3. Seorang siswa mempunyai volume tidal 400 ml. Berapa ml volume alveolarnya?
- 6.500 ml
 - 10.400 ml
 - 3.900 ml
 - 900 ml
 - 16.500 ml
4. Berikut ini beberapa tahap dalam proses bernapas:
1. tulang rusuk terangkat ke atas dan ke depan;
 2. otot diafragma berkontraksi;
 3. otot-otot antartulang rusuk melakukan relaksasi;
 4. rongga intrapleura menurun;
 5. tekanan intrapleura menurun.
- Urutan fase inhalasi adalah nomor
- 1-2-3-4
 - 1-2-4-5
 - 1-3-4-5
 - 1-2-4-5
 - 1-2-3-5
5. Seorang perokok memiliki risiko gangguan pada saluran pernapasan berikut ini, *kecuali*
- emfisema
 - emboli paru
 - laringitis
 - kanker paru-paru
 - asma
6. Alat pernapasan yang dimiliki laba-laba adalah
- paru-paru
 - trakea
 - insang trakea
 - paru-paru buku
 - kulit
7. Insang trakea adalah alat pernapasan yang terdapat pada
- | | |
|-----------------|-------------|
| A. laba-laba | D. belalang |
| B. nyamuk | E. katak |
| C. serangga air | |

8. Alasan katak dewasa selalu membutuhkan air adalah . . .
 - A. secara evolusioner katak mengawali hidupnya di air
 - B. kulit basah melarutkan oksigen untuk diserap ke dalam tubuhnya
 - C. ada bagian tubuh katak yang tidak sesuai dengan lingkungan terestrial
 - D. masih tersisa insang yang tumbuh semasa berudu
 - E. kulit katak sangat tipis dan banyak pembuluh darah
9. Lipas melakukan respirasi siklik, yaitu . . .
 - A. menghirup CO_2 pada saat tertentu, dan menarik O_2 terus-menerus
 - B. menghirup CO_2 pada saat tertentu, dan membuang CO_2 terus-menerus
 - C. menghirup CO_2 dan menghirup O_2 terus-menerus
 - D. menghirup CO_2 terus-menerus dan membuang O_2 sekali seminggu
 - E. menghirup CO_2 dan membuang O_2 terus-menerus
10. Untuk mengatasi kebutuhan oksigen pada waktu terbang, burung mempunyai pelengkap pernapasan, yaitu . . .
 - A. labirin
 - B. mioglobin
 - C. kantung hawa
 - D. paru-paru
 - E. parabronki

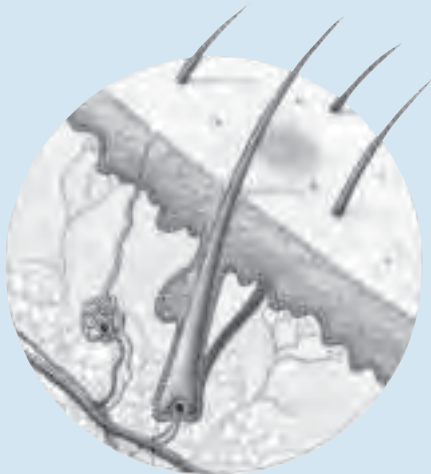
B. Jawablah pertanyaan berikut ini dengan benar.

1. Mengapa udara yang masuk ke rongga hidung harus diberi kelembapan?
2. Jelaskan proses inspirasi pada katak?
3. Jelaskan perbedaan sistem pernapasan burung dengan sistem pernapasan pada manusia?
4. Jelaskan apa yang dimaksud dengan kapasitas vital.
5. Dalam berapa tahap pernapasan pada hewan berlangsung? Sebutkan.



Bab VII

Sistem Ekskresi



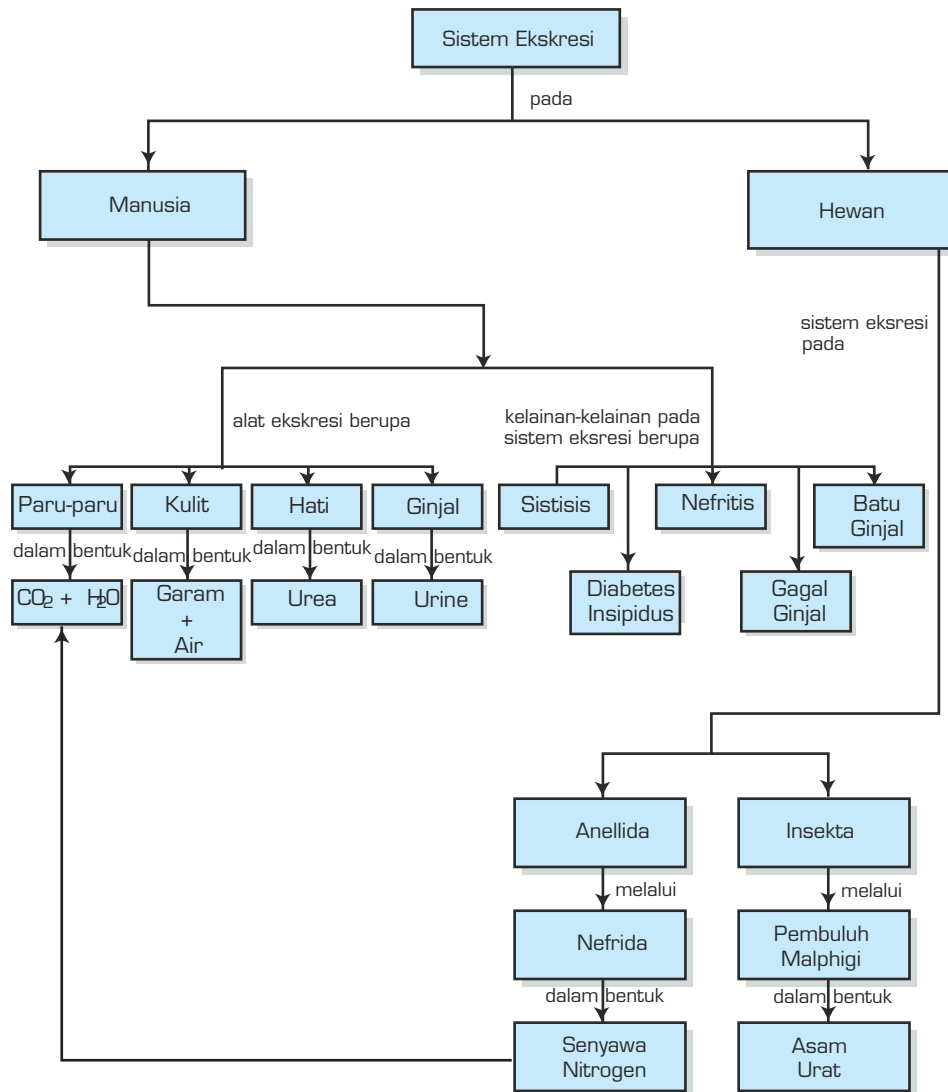
Sumber: *Biology The Unity and Diversity of Life, Starr Taggart*

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini, siswa dapat:

1. mengidentifikasi struktur dan fungsi alat-alat ekskresi;
2. membedakan struktur dan fungsi alat-alat ekskresi;
3. menjelaskan proses ekskresi;
4. membedakan struktur alat ekskresi pada hewan;
5. mengidentifikasi proses ekskresi pada hewan;
6. mendeteksi ada tidaknya gangguan pada proses pembentukan urine;
7. menjelaskan penyebab kelainan/penyakit pada sistem ekskresi;
8. mengetahui penggunaan teknologi yang membantu sistem ekskresi.

PETA KONSEP



Sebagian besar proses ekskresi adalah dalam bentuk buangan berupa larutan. Ekskresi berarti juga membuang sejumlah air, zat-zat terlarut yang masih bermanfaat, dan ion-ion anorganik untuk mencapai keadaan keseimbangan cairan (Homoestasis).

A. Sistem Ekskresi pada Manusia

Semua aktivitas yang kamu lakukan setiap hari seperti belajar, bekerja, bermain, dan sebagainya pasti membutuhkan energi untuk menjalankannya. Dari mana energi tersebut kamu dapatkan? Tentu dari makanan dan minuman yang masuk ke dalam tubuh kita. Bahan-bahan yang masuk pada tubuh kita, setelah diolah kemudian akan menghasilkan energi dan bahan-bahan lain yang berguna bagi tubuh. Selama proses pengolahan juga akan dihasilkan zat-zat sisa yang harus dibuang. Zat sisa tadi harus dibuang agar tubuh tidak mengalami keracunan karena kelebihan bahan-bahan itu. Pembuangan zat-zat sisa merupakan salah satu mekanisme tubuh untuk mempertahankan keadaan yang terbaik bagi tubuh (keadaan seimbang) yang dikenal dengan mekanisme homeostasis. Sistem apakah di tubuh yang bertugas melaksanakan fungsi pembuangan? Sistem ekskresi merupakan hal pokok dalam homeostasis karena sistem tersebut membuang limbah/sisa metabolisme dan merespons terhadap ketidakseimbangan cairan tubuh, dengan mengekskresikan ion-ion tertentu sesuai dengan kebutuhan. Jadi, dapat dikatakan bahwa ekskresi adalah proses pengeluaran zat-zat sisa metabolisme serta zat-zat berlebihan yang sudah tidak digunakan oleh tubuh, melalui urine, keringat, atau pernapasan.

Bahan-bahan yang masuk pada tubuh kita, setelah diolah dan digunakan, akan menghasilkan zat-zat sisa yang harus dibuang. Pembuangan zat-zat sisa merupakan salah satu mekanisme tubuh untuk mempertahankan keadaan yang terbaik bagi tubuh (keadaan seimbang) yang dikenal dengan mekanisme homeostasis. Sistem ekskresi merupakan hal pokok dalam homeostasis karena sistem tersebut membuang limbah/sisa metabolisme dan merespons ketidakseimbangan cairan tubuh, dengan mengekskresikan ion-ion tertentu sesuai dengan kebutuhan. Jadi, dapat dikatakan bahwa ekskresi adalah proses pengeluaran zat-zat sisa metabolisme serta zat-zat berlebih yang sudah tidak digunakan oleh tubuh. Pengeluaran zat-zat tersebut dapat melalui urine, keringat, atau pernapasan.

Tubuh kita memiliki organ yang mampu mengekskresikan sampah-sampah metabolisme tersebut, yaitu organ pernapasan berupa paru-paru, ginjal, hati, usus, dan kulit. Adapun zat-zat yang diekskresikan dapat dilihat pada Tabel 7.1 berikut ini.

Tabel 7.1 **Organ dan zat-zat yang diekskresikan dalam sistem ekskresi**

Organ	Zat-Zat yang Diekskresikan
Paru-paru	CO ₂ (utama) dan H ₂ O) (uap air)
Kulit	Garam-garam (utama), urea, dan uap air
Hati	Urea, bilirubin antibiotik, logam berat, narkotika
Ginjal	H ₂ O, garam-garam mineral dan sampah-sampah metabolisme yang mengandung nitrogen (urea, amoniak, dan asam urat), CO ₂

Sumber: *Biological Science*, Green

Sekarang kita akan membahas satu per satu organ-organ ekskresi dan proses-proses yang terjadi di dalamnya sehingga dihasilkan zat-zat ekskresi tersebut.

1. Paru-Paru

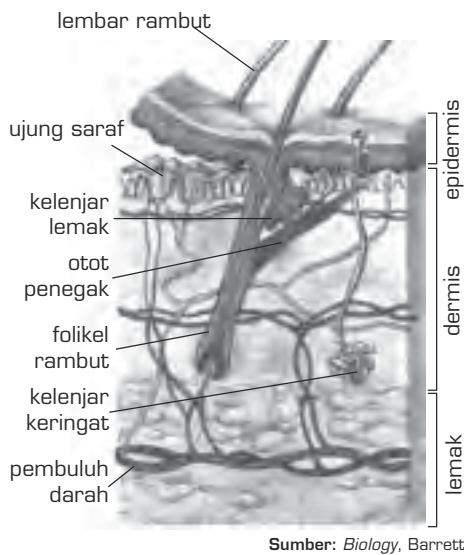
Karbon dioksida dan air sebagai hasil sisa metabolisme karbohidrat dan lemak, harus dikeluarkan dari sel-sel tubuh melalui pembuluh darah, ke organ pernapasan yaitu paru-paru. Proses pengeluaran CO₂ dan H₂O dari sel-sel tubuh/jaringan ke paru-paru ini melalui suatu proses berantai yang cukup kompleks yang disebut *pertukaran klorida* (*Chloride shift*). Pertukaran klorida ini melibatkan peran sel darah merah, dan plasma darah. Jadi, materi yang diekskresikan dari paru-paru ialah sisa metabolisme CO₂ dan uap air. Pembahasan tentang paru-paru secara lebih detail dapat dipelajari pada sistem pernapasan.

2. Kulit

Kulit merupakan lapisan terluar tubuh yang berfungsi sebagai pelindung tubuh dari kerusakan/pengaruh lingkungan. Kulit berfungsi sebagai pelindung terhadap kerusakan-kerusakan fisik akibat gesekan, penyinaran, kuman-kuman, panas, zat kimia, dan lain-lain. Selain itu, kulit juga berfungsi untuk mengurangi kehilangan air, mengatur suhu tubuh, menerima rangsang dari luar, dan ekskresi.

Sebagai alat ekskresi, kulit terutama mengeluarkan limbah metabolisme berupa garam-garam (terutama garam dapur) dan sedikit urea, yang dibuang

melalui pengeluaran keringat. Dari kapiler darah yang terdapat pada kulit, kelenjar keringat akan menyerap air dan larutan garam serta sedikit urea. Air beserta larutan garam dan urea yang terlarut kemudian dikeluarkan melalui pembuluh darah ke permukaan kulit tempat air diuapkan dan merupakan penyerap panas tubuh kita.



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 7.1 Diagram penampang kulit

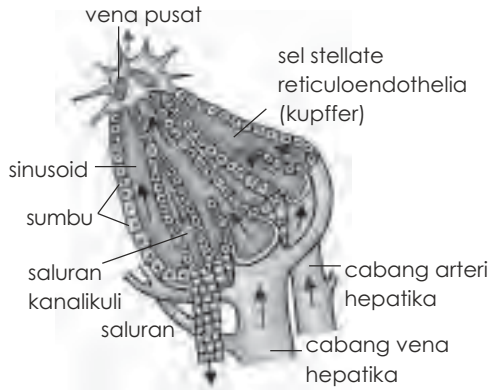
Kulit terdiri atas lapisan luar yang disebut *epidermis* dan lapisan dalam yang disebut *dermis*. Lapisan luar berlapis-lapis terdiri atas korneum yang mati dan selalu mengelupas, *stratum lucidum*, *stratum granulosum* yang mengandung pigmen, dan *stratum germinativum* yang terus-menerus membentuk sel-sel baru ke arah luar. Di bawah lapisan epidermis, terdapat dermis yang mengandung akar rambut, pembuluh darah, kelenjar, dan saraf. Di bawah dermis terdapat lapisan lemak yang bertugas menghalangi pengaruh perubahan suhu di luar tubuh. (Perhatikan Gambar 7.1.)

Aktivitas kelenjar keringat ada di bawah pengaruh pusat pengatur suhu badan dan sistem saraf pusat. Sistem ini dirangsang oleh perubahan-perubahan suhu di dalam pembuluh darah, kemudian rangsangan dipindahkan oleh saraf simpatetik menuju kelenjar keringat. Oleh karena itu, jumlah kandungan larutan ataupun banyaknya keringat yang dikeluarkan selalu berbeda, semuanya ditujukan agar suhu badan selalu tetap.

Pengeluaran keringat yang berlebihan, seperti pada orang-orang yang bekerja keras akan menyebabkan lebih cepat merasa haus dan sering mengalami “lapar garam”. Demikian pula orang yang terkena terik matahari, keringat yang keluar akan banyak mengandung larutan garam. Kehilangan garam-garam dari larutan darah ini dapat menimbulkan kejang-kejang dan pingsan.

3. Hati

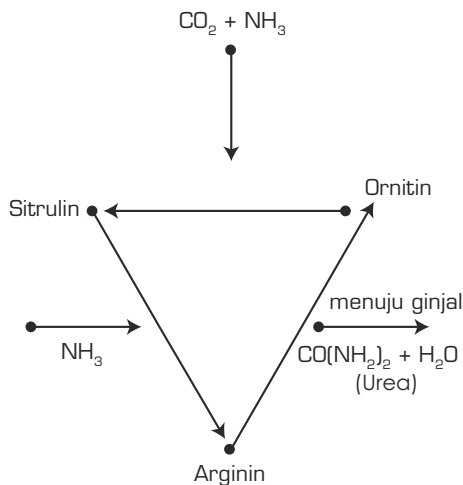
Hati terdiri dari bagian lobulus-lobulus yang berbentuk segi enam. Setiap lobulus terdiri atas jejeran hepatosit (sel hati) seperti jari-jari roda melingkari suatu vena centralis. Di antara hepatosit terdapat sinusoid (kapiler yang melebar). Pada dinding sinusoid terdapat makrofag yang



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 7.2 Struktur lobulus

Hati merupakan kelenjar terbesar dalam tubuh kita. Hati dapat berfungsi sebagai kelenjar sekresi karena mampu menghasilkan zat-zat yang berguna dan sekaligus dapat berfungsi sebagai kelenjar ekskresi karena dapat menetralkan zat-zat racun yang selanjutnya harus dibuang. Sebagai kelenjar sekresi, hati menghasilkan garam empedu yang dapat mengemulsikan lemak sehingga lebih mudah dicerna, sedangkan sebagai kelenjar ekskresi, hati melakukan dua fungsi penting, yaitu menetralkan sisa metabolisme protein menjadi urea yang kemudian diekskresikan melalui urine, dan merombak sel-sel darah merah yang telah tua menjadi bilirubin yang kemudian diekskresikan melalui feses.



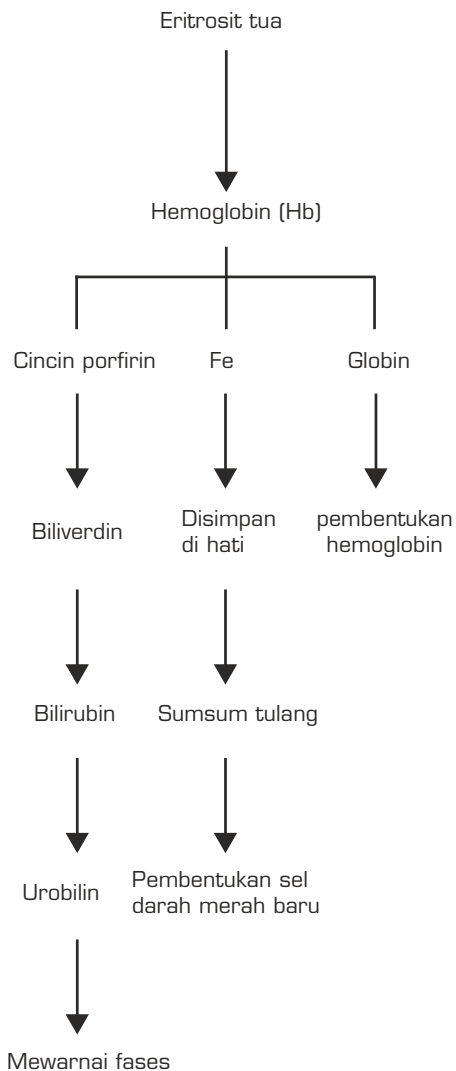
Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 7.3 Siklus krebs ornitin/urea di hati

disebut *sel Kupffer*, yang dapat memfagositosis sel-sel darah rusak dan bakteri (Gambar 7.2). Hati disuplai oleh dua pembuluh darah, yaitu vena porta hepatica yang berasal dari lambung dan usus, mengandung darah yang miskin oksigen, tetapi kaya nutrisi (asam amino, monosakarida, asam lemak, vitamin yang larut dalam air dan mineral). Arteri hepatica, yaitu cabang dari arteri coeliaca yang kaya oksigen.

Protein dalam tubuh setelah mengalami metabolisme akan menghasilkan zat-zat sisa yang mengandung nitrogen. Metabolisme protein akan menghasilkan asam amino yang selanjutnya diuraikan menjadi NH_4OH dan senyawa NH_3 . Senyawa terakhir tersebut bersifat racun bagi sel sehingga harus segera dibuang. NH_3 dalam sel segera diikat oleh karbon dioksida (CO_2) dan asam amino ornitin membentuk asam amino sitrulin. Asam-asam amino ini tidak bersifat racun, relatif kecil sehingga masih dapat berdifusi meninggalkan sel masuk aliran darah dan akhirnya ke hati. Sitrulin yang masuk ke hati selanjutnya diubah oleh

enzim sitrulin transaminase menjadi arginin, dan arginin akan diubah oleh enzim arginase menjadi ornitin kembali dan urea. Urea keluar dari hati bersama aliran darah dan kemudian akan disaring melalui glomerulus dalam ginjal, dan keluar bersama urine. Ornitin yang dihasilkan kemudian digunakan kembali untuk menetralkan NH_3 . Proses perubahan dari ornitin ke ornitin kembali merupakan suatu siklus dan disebut siklus Krebs Ornitin atau siklus Krebs Urea (Gambar 7.3).



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 7.4 Tahapan perombakan sel darah merah oleh hati

Ada kurang lebih 10 juta sel eritrosit (sel darah merah) yang dilepaskan tiap detik dari tempat pembuatannya, dan sebanyak itu pula yang rata-rata harus dirombak lagi. Eritrosit yang telah tua akan menjadi rusak dan harus segera dibinasakan di hati. Ada sel-sel khusus yang bertugas “menangkap” atau merombak eritrosit tua tersebut yang disebut *histiosit*. Hemoglobin yang terkandung dalam eritrosit yang telah tua akan dipecah menjadi heme dan globin. Heme terdiri atas zat besi (Fe) dan cincin porfirin. Zat besi tersebut kemudian diambil dan disimpan di hati selanjutnya disimpan dalam sumsum tulang untuk pembentukan sel darah merah baru.

Cincin porfirin diubah menjadi biliverdin dan direduksi lagi menjadi bilirubin. Bilirubin dilepaskan ke dalam darah. Di dalam usus, bilirubin diubah menjadi urobilinogen yang kemudian diekskresikan oleh ginjal dalam bentuk urine. Urobilinogen memberikan warna kuning pada urine, sedangkan urobilinogen dan bilirubin memberi warna kuning pada tinja/feses. Skema perombakan sel darah merah oleh hati dapat dilihat pada Gambar 7.4.

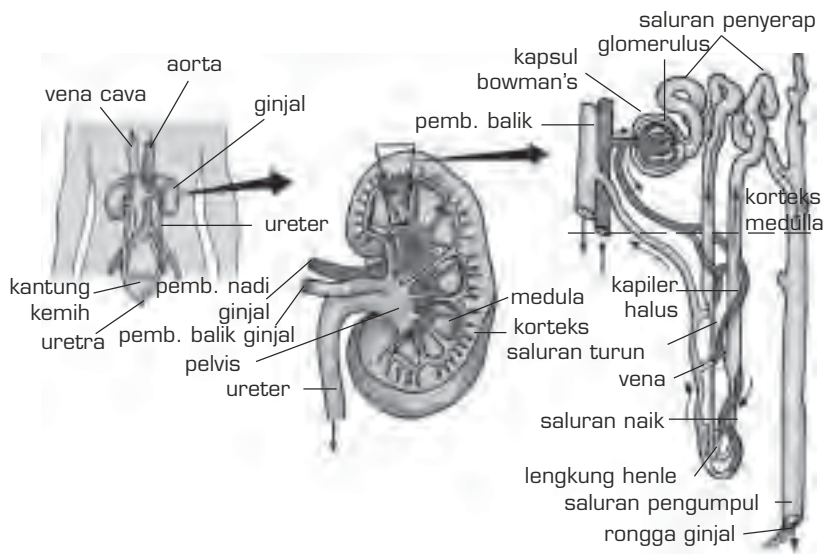
4. Ginjal

Ginjal merupakan alat ekskresi utama pada vertebrata, termasuk manusia. Limbah metabolisme yang dibuang melalui ginjal adalah urine yang mengandung air, garam-garam, dan limbah yang mengandung nitrogen. Dengan diproduksi urine, maka ginjal kita akan mempertahankan volume dan komposisi darah/cairan tubuh serta mempertahankan keseimbangan air, elektrolit, dan pH tubuh (homeostasis). Hal ini dapat terjadi karena ginjal dapat mengekskresi sampah metabolisme dan air dalam jumlah tertentu secara selektif agar cairan tubuh kita selalu dalam keadaan yang optimum untuk kesehatan.

a. Struktur Ginjal

Dalam tubuh manusia terdapat sepasang ginjal yang terletak di dekat tulang-tulang pinggang. Ginjal manusia berbentuk seperti kacang merah berukuran sekitar 2,5 x 7 x 10 cm. Dari tiap-tiap ginjal, urine dialirkan oleh pembuluh ureter ke kandung urine (vesica urinaria), dan melalui uretra dikeluarkan dari tubuh.

Ginjal terdiri atas dua lapisan, yaitu lapisan luar yang disebut korteks atau kulit ginjal, dengan tebal sekitar 1 cm. Pada bagian ini terdapat bagian ginjal yang paling penting, yaitu *nefron*, yang merupakan unit fungsional penyusun utama ginjal. Bagian dalam ginjal disebut *medula* atau sumsum ginjal. Medula memiliki bentuk seperti piramid yang puncaknya mengelilingi pelvis. Pada puncak piramid terdapat lubang-lubang kecil tempat keluarnya pembuluh penyalur urine ke dalam pelvis (Perhatikan Gambar 7.5).



Gambar 7.5 Struktur ginjal manusia

Sumber: *Biological Science*, Green

Korteks dari sepasang ginjal orang dewasa mengandung lebih dari satu juta nefron, yang merupakan alat pembuat urine. Jadi, dapat dikatakan bahwa nefron adalah unit fungsional ginjal. Artinya, ginjal dapat berfungsi memproduksi urine karena tiap-tiap nefron tersebut bekerja menunaikan tugasnya. Ada tiga proses yang terjadi selama pembentukan urine oleh nefron, yaitu filtrasi, reabsorpsi dan sekresi. Untuk melakukan ketiga proses tersebut, nefron harus mempunyai struktur yang sesuai dengan fungsinya.

Nefron terdiri atas bagian-bagian sebagai berikut (Perhatikan Gambar 7.5).

1. Glomerulus, merupakan kumpulan kapiler darah.
2. Kapsul glomerulus atau kapsul Bowman, berbentuk piala membentuk glomerulus. Glomerulus yang dibungkus kapsul Bowman disebut badan Malpighi.
3. Tubulus/saluran nefron, terdiri atas tubulus proksimal, lengkung Henle, tubulus distal, dan tubulus kolekta (tubulus pengumpul).

b. Proses Pembentukan Urine

Proses pembentukan urine terjadi di tiap-tiap nefron pada ginjal, melalui tiga proses, yaitu filtrasi, reabsorpsi, dan sekresi.

1) Filtrasi

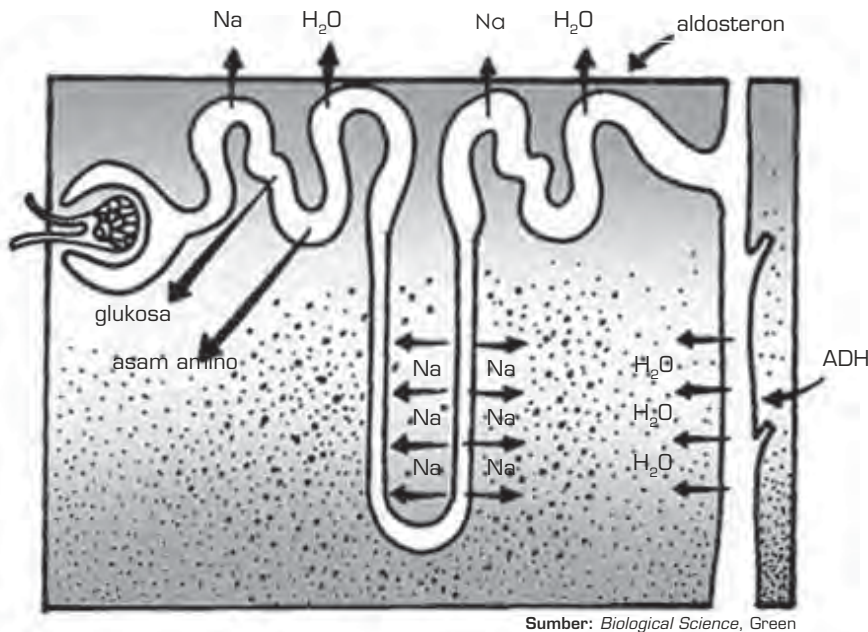
Filtrasi merupakan langkah pertama dalam proses pembentukan urine. Dua faktor utama yang memungkinkan terjadinya filtrasi adalah struktur glomerulus (kumpulan kapiler darah) yang sangat berpori dan tekanan darah di glomerulus yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan di kapiler-kapiler tubuh lain.

Dalam proses ini, darah dalam glomerulus yang mengandung air, garam, gula, urea dan zat-zat lain akan melewati pori glomerulus, kecuali yang bermolekul besar seperti sel darah merah dan protein. Hasil penyaringan (filtrat), ditampung dalam kapsul Bowman dan disebut filtrat glomerulus atau urine primer. Jadi, cairan yang berada pada kapsul Bowman sama dengan cairan darah dikurangi sel darah merah dan molekul protein. Dalam keadaan normal, akan diproduksi 125 cc/menit cairan filtrat dari kedua ginjal.

2) Reabsorpsi

Reabsorpsi merupakan proses penyerapan kembali zat-zat yang masih berguna yang terdapat pada urine primer. Filtrat glomerulus/urine primer yang dihasilkan dari proses filtrasi masih mengandung bahan-bahan yang berguna bagi tubuh, seperti glukosa, garam-garam, asam amino, dan air. Oleh karena itu, bahan-bahan tersebut harus diserap kembali ke dalam darah untuk dapat digunakan oleh tubuh. Proses reabsorpsi terjadi selama filtrat melalui tubulus nefron yang dikelilingi

pembuluh darah sehingga hasil reabsorpsinya segera diserap oleh pembuluh-pembuluh darah tersebut dan masuk kembali ke dalam tubuh (Gambar 7.6).



Gambar 7.6 Zat-zat yang direabsorpsikan sepanjang tubulus kembali ke darah

3) Sekresi

Jika reabsorpsi bertujuan memasukkan zat-zat yang masih berguna bagi tubuh dari filtrat glomerulus kembali ke dalam darah, sekresi bertindak sebaliknya, yaitu menyekresikan zat-zat yang tidak berguna bagi tubuh dari darah ke dalam cairan tubulus.

Zat-zat yang biasanya disekresikan, antara lain H^+ , NH_4^+ , K^+ , asam urat, catecholamin, asetil kolin, serotonin, obat-obatan seperti penicillin, aspirin, dan morfin. Setelah proses reabsorpsi dan sekresi berakhir, terbentuklah urine sekunder atau urine sesungguhnya, yang selanjutnya mengalir ke kaliks dan kemudian masuk ke pelvis melalui pembuluh pengumpul. Proses selanjutnya, yaitu urine mengalir ke kantung kemih melalui ureter. Kantung kemih dapat mengembang hingga dapat menampung sekitar 400 ml urine.

c. Komposisi Urine

Secara umum komposisi urine terdiri atas air, urea, asam urat, amoniak, natrium, kalium, klorida, dan fosfat. Perbandingan konsentrasi antara plasma dan urine dapat dilihat pada Tabel 7.2.

Tabel 7.2 Komposisi zat dalam plasma dan urine

Macam Zat	Plasma (%)	Urine (%)	Kenaikan
Air	92	95	+
Protein	7-9	–	–
Glukosa	0,1	–	–
Na	0,3	0,35	1
Cl	0,3	0,7	2
K	0,02	0,15	7
PO ₄	0,009	0,15	16
SO ₄	0,002	0,18	90
NH ₄	0,0001	0,4	400
Asam urat	0,004	0,05	12
Urea	0,03	2	60
Kreatinin	0,001	0,075	75

Sumber: *The Study of Biology*, Baker

Komposisi, pH, volume dari urine yang dibentuk sangat bervariasi bergantung pada kebutuhan tubuh akan zat-zat tertentu, pengeluaran racun-racun dan pengeluaran asam tubuh yang bergantung pada jenis makanan, volume air minum, dan sebagainya. Urine biasanya jernih, berwarna sedikit kuning yang disebabkan oleh warna urobilinogen (urobilinogen berasal dari bilirubin). Makin pekat urine makin kuning cokelatlah warnanya dan makin tinggi berat jenisnya. Urine yang keruh biasanya menunjukkan adanya kristal garam atau adanya lendir.

Jika dibiarkan beberapa lama, urine akan berbau pesing karena terbentuk amonia (NH₃) dari urea atau dari ion-ion amonium. Urine biasanya bersifat asam (pH normal antara 4,5 – 8,00) karena makanan yang banyak mengandung protein akan menurunkan pH urine, sedangkan makanan yang banyak mengandung sayuran menaikkan pH. Volume urine yang normal adalah 900-2.100 cc/hari.

d. Ekskresi Urine Dipengaruhi Saraf dan Hormon

Saat cairan tubuh berkurang, misalnya karena kekurangan minum, muntaber atau berkeringat, tekanan osmosis cairan tubuh meningkat sehingga konsentrasi air dalam plasma menurun yang menyebabkan sekresi ADH (antidiuretik Hormon) oleh hipofisis meningkat. ADH menyebabkan terjadinya reabsorpsi air di tubulus distal dan tubulus pengumpul ke dalam darah. Dengan demikian, pengeluaran urine berkurang. Selain itu, ketika

cairan tubuh berkurang, kita akan merasa haus. Hal tersebut merangsang pusat rasa haus di hipotalamus sehingga muncul keinginan untuk minum. Setelah minum, cairan tubuh menjadi encer, tekanan osmotik turun, ADH tidak dilepaskan lagi oleh hipofisis sehingga reabsorpsi air pada tubulus distal dan tubulus pengumpul normal, rasa haus hilang dan urine normal kembali. Hal yang sebaliknya terjadi jika kita banyak minum.

e. Beberapa Kelainan dan Gangguan pada Saluran Urine dan Ginjal

Telah dijelaskan bahwa ginjal dan salurannya merupakan alat ekskresi utama pada manusia. Gangguan atau kelainan pada organ ini dapat sangat memengaruhi keadaan normal seseorang karena ginjal adalah organ terpenting dalam ekskresi yang berarti menyangkut mekanisme homeostasis. Beberapa gangguan dan kelainan pada ginjal di antaranya sebagai berikut.

1) *Sistitis*

Sistitis merupakan radang pada membran mukosa yang melapisi kandung kemih. Hal ini dapat disebabkan oleh infeksi bakteri atau peradangan ginjal yang meluas ke kandung kemih.

2) *Nefritis*

Nefritis adalah peradangan yang dapat terjadi pada nefron, terutama pada daerah glomerulus. Peradangan di daerah pyelum disebut *pyelonefritis*, yang sering disebabkan oleh bakteri *Escherichia coli*. Faktor-faktor penunjang terjadinya radang tersebut adalah penyumbatan aliran air kemih baik oleh batu, tumor, maupun penyempitan. Infeksi sering menjalar dari kandung kemih menuju ginjal, dan jika hal ini menjadi kronis dapat terjadi kerusakan sel-sel ginjal sehingga ginjal tidak berfungsi (gagal ginjal).

Peradangan di daerah glomerulus disebut *glomerulonefritis*. Hal tersebut terutama terjadi pada anak-anak. Peradangan ini sering terjadi setelah infeksi bakteri *streptococcus* di daerah saluran pernapasan bagian atas. Dengan adanya bakteri tersebut, tubuh membentuk antibodi terhadap *streptococcus*. Kompleks antigen-antibodi yang terbentuk akan diendapkan di glomerulus, menyebabkan glomerulus rusak sehingga penyaringan darah menjadi tidak sempurna lagi.

3) *Diabetes Insipidus*

Kelainan ini terjadi akibat penderita tidak mampu memproduksi hormon ADH (Antidiuretik Hormon), yaitu hormon yang mengendalikan produksi urine. Ketiadaan hormon ADH menyebabkan penderita selalu ingin kencing, hampir sebanyak 20 kali sehari. Akibatnya penderita selalu merasa haus.

4) *Batu ginjal/batu saluran urine*

Pembentukan batu dapat terjadi pada bagian mana saja dari saluran urine. Besarnya batu sangat bervariasi dari sebesar kristal-kristal mikroskopis sampai berdiameter beberapa sentimeter. Analisis kimiawi menunjukkan sebagian besar batu terdiri atas kalsium oksalat, kemudian batu urat, fosfat, dan cystine.

5) *Gagal ginjal*

Gagal ginjal adalah kegagalan ginjal melakukan fungsinya dengan normal. Gagal ginjal dibagi menjadi gagal ginjal akut dan kronis. Gagal ginjal akut dapat disebabkan oleh pendarahan, muntaber atau luka bakar, racun atau adanya batu atau tumor yang menyumbat saluran kemih, sedangkan gagal ginjal kronis ialah keadaan rusak dan menurunnya fungsi ginjal yang dapat disebabkan oleh pyelonefritis, batu ginjal, atau kelainan bawaan.

Berbagai kelainan dan gangguan ginjal yang telah dijelaskan di atas dapat menyebabkan ginjal tidak dapat berfungsi lagi dengan normal. Sering kali karena kerusakan ginjal yang begitu parah (kerusakan nefron 75-90%), seseorang harus mempertahankan hidupnya dengan melakukan apa yang disebut “cuci darah” dengan menggunakan ginjal tiruan yang disebut mesin dialisis, untuk menggantikan fungsi ginjal dalam melakukan proses penyaringan zat-zat yang harus dibuang dan yang masih dibutuhkan.

INFO BIOLOGI

Mesin Dialisis

Pada tahun 1950 telah diciptakan suatu mesin yang dapat meniru kerja ginjal. Prinsip kerja alat ini menyerupai kerja ginjal, yaitu membersihkan darah melalui cara difusi sederhana. Mesin terdiri atas pipa panjang berisi larutan yang komposisinya mirip plasma darah. Larutan tersebut berada di satu sisi pipa saja dan dibatasi oleh suatu membran berpori. Pada saat mesin bekerja, darah pasien yang penuh dengan sisa metabolisme akan mengalir sepanjang pipa yang kosong pada sisi yang lain. Setelah darah memenuhi pipa, sisa metabolisme mengalami difusi ke dalam larutan pada sisi pipa yang lain tadi (karena larutan dalam pipa konsentrasi sisa metabolismenya lebih rendah). Setelah disirkulasikan beberapa kali sepanjang mesin dan arteri tubuh, darah pasien sudah cukup bersih dari sisa metabolisme. Untuk beberapa waktu pasien dapat kembali melakukan aktivitasnya sehari-hari.

Meskipun mesin dialisis ini dapat melakukan fungsi filtrasi yang dilakukan ginjal, mesin tersebut mempunyai kelemahan, yaitu tidak dapat melakukan proses reabsorpsi dan sekresi. Selama dialisis, darah pasien diberi zat antikoagulan agar darah tidak membeku selama mengalir dalam pipa mesin. Dengan adanya obat-obat tersebut, ginjal buatan ini hanya dapat dipakai sekali dalam dua atau tiga hari.

Sumber: *Biotechnology in School*

B. Sistem Ekskresi pada Invertebrata

Setelah kita mempelajari struktur dan fungsi sistem ekskresi pada manusia yang mewakili sistem ekskresi vertebrata serta proses-proses yang terjadi di dalamnya, berikut ini kita akan mempelajari beberapa contoh sistem ekskresi pada invertebrata.

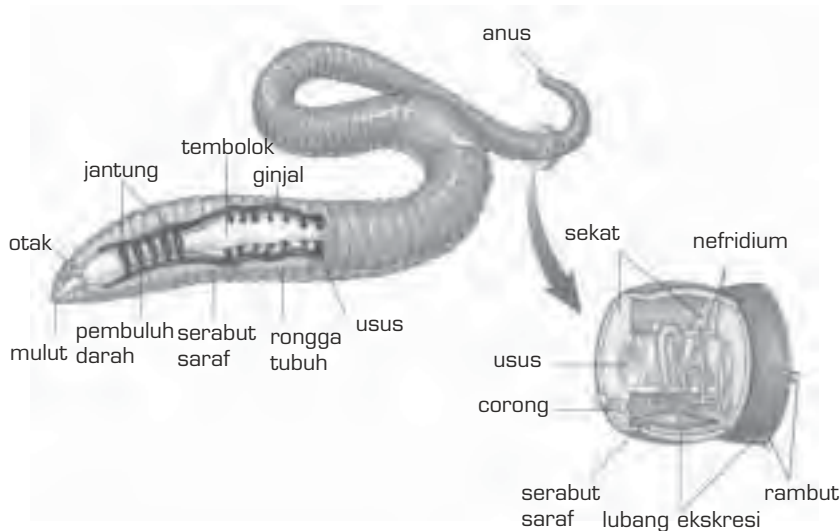
Sistem ekskresi pada manusia yang telah kita pelajari merupakan sistem yang kompleks. Hal ini berbeda dengan invertebrata. Invertebrata merupakan hewan yang sederhana struktur tubuhnya, dengan demikian sistem-sistem yang dimilikinya termasuk sistem eksresinya juga masih sederhana. Hanya beberapa kelompok invertebrata yang sudah memiliki alat khusus untuk ekskresi, yaitu kelompok Platyhelminthes, Nematelminthes, Annelida, Mollusca, Arthropoda, dan Echinodermata. Berikut ini hanya akan dibahas dua contoh sistem ekskresi pada invertebrata, yaitu sistem ekskresi pada serangga (Arthropoda) yang diwakili belalang dan Annelida yang diwakili cacing tanah.

1. Sistem Ekskresi pada Annelida

Contoh sistem ekskresi yang akan kita bahas dalam kelompok ini adalah cacing tanah (*Lumbricus terrestris*). Sebagian besar cacing dari kelompok annelida termasuk cacing tanah mempunyai alat ekskresi yang disebut metanefridium (jamak: metanefridia).

Tiap segmen seekor cacing tanah mempunyai sepasang metanefridia, kecuali tiga segmen pertama dan segmen terakhir. Metanefridia ini terdiri atas suatu corong (cerobong) bersilia yang disebut nefrostom dan terletak pada sekat pemisah segmen-segmen tubuh cacing. Corong tersebut bersambungan dengan suatu saluran/pembuluh panjang berkelu-liku pada segmen berikutnya yang dikelilingi jaringan kapiler darah. Nefrostom yang merupakan corong terbuka bersilia, dapat menarik dan mengambil cairan tubuh masuk ke dalam pembuluh/saluran yang panjang dan tipis. Pada saat cairan melalui pembuluh tersebut, zat-zat yang masih diperlukan tubuh, diambil/diserap oleh kapiler yang mengelilingi pembuluh dan diedarkan

kembali ke seluruh tubuh. Cairan tubuh yang berupa zat-zat sisa, seperti air, senyawa nitrogen, dan garam-garam yang tidak diperlukan lagi, dikeluarkan melalui lubang pembuangan yang disebut nefridiofora. Bagan gambar lengkap dengan bagian-bagian metanefridia pada cacing tanah dapat dilihat pada Gambar 7.6.

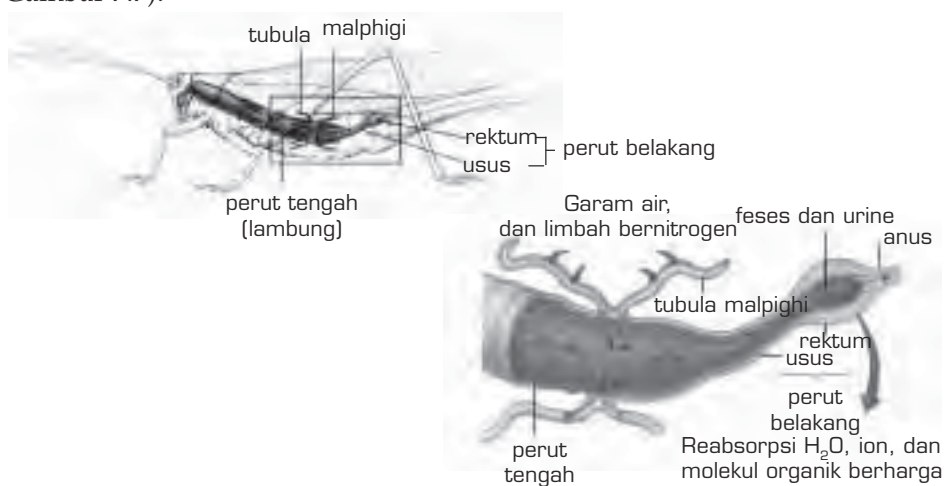


Sumber: *Nature of Life*, John Postlethwait

Gambar 7.6 Metanefridia pada cacing tanah

2. Sistem Ekskresi pada Serangga/Insekta

Organ ekskresi serangga termasuk belalang dan Arthropoda darat lain disebut tubula Malpighi. Tubula atau pembuluh ini bermuara pada pangkal usus karena tubula ini tidak mempunyai saluran keluar tubuh (Perhatikan Gambar 7.7).



Gambar 7.7 Sistem tubulus Malpighi pada belalang

Sumber: *The Study of Biology*, Baker

Karena belalang sangat efisien dalam menggunakan air, limbah metabolisme belalang tidak berbentuk cairan, tetapi dalam bentuk kristal asam urat, yang kadar nitrogennya tinggi tetapi mempunyai daya racun yang rendah. Tubulus Malpighi bekerja dengan cara menyerap zat-zat yang terlarut dalam darah melalui dinding tubulus. Di dalam tubulus, cairan yang masuk diekstraksi. Zat yang berguna termasuk air diserap kembali ke dalam darah dan sisanya yang berupa limbah padat asam urat, dikeluarkan melalui usus belakang. Dengan demikian, asam urat dibuang bersama feses sehingga mencegah tubuh kehilangan cairan.

KEGIATAN

Mengamati Alat Ekskresi Belalang

Tangkaplah seekor belalang yang cukup besar dan sudah mati. Siapkan seperangkat alat bedah berupa pisau, gunting, dan baki tempat meletakkan tubuh belalang tersebut. Guntinglah dinding perut belalang secara hati-hati (jangan sampai mengenai bagian dalamnya) mulai dari bagian ekor sampai ke batas dada. Buka rongga perut dan amati bentuk dan letak tubula Malpighi. Gambar hasil pengamatanmu dalam buku catatan.

Rangkuman

1. Eksresi adalah proses pengeluaran zat-zat sisa metabolisme serta zat-zat berlebih yang sudah tidak digunakan oleh tubuh melalui urine, keringat, atau pernapasan.
2. Manusia dan vertebrata lainnya mengeluarkan sisa metabolisme melalui paru-paru, hati, kulit, usus, dan ginjal.
3. Ginjal merupakan organ utama dalam sistem ekskresi manusia.
4. Tiga proses utama yang terjadi di ginjal untuk menghasilkan urine sebagai hasil ekskresi adalah filtrasi, reabsorpsi, dan sekresi.
5. Satuan fungsional ginjal adalah nefron, yang terdiri atas glomerulus dan kapsula Bowman (badan Malpighi), tubulus proksimal, lengkung Henle, tubulus distal, dan tubulus pengumpul.
6. Eksresi urine diatur oleh kerja saraf dan hormon.
7. Sistem ekskresi pada invertebrata lebih sederhana dibanding dengan kelompok vertebrata.
8. Organ ekskresi pada cacing tanah seperti juga pada Annelida lainnya adalah metanefridia, sedangkan pada belalang dan Arthropoda darat lain, berupa tubula Malpighi.

Kata Kunci

<i>ADH</i>	<i>Nefritis</i>
<i>Badan Malpighi</i>	<i>Nefron</i>
<i>Bilirubin</i>	<i>Reabsorpsi</i>
<i>Biliverdin</i>	<i>Sekresi</i>
<i>Diabetes Insipidus</i>	<i>Sel Kupffer</i>
<i>Filtrasi</i>	<i>Siklus Krebs ornitin</i>
<i>Glomerulus</i>	<i>Sistitis</i>
<i>Homeostasis</i>	<i>Tubula Malpighi</i>
<i>Kapsula Bowman</i>	<i>Uretra</i>
<i>Mesin dialisis</i>	<i>Urine primer</i>
<i>Metanefridia</i>	<i>Urine sekunder</i>
<i>Nefridiofora</i>	<i>Urobilinogen</i>

Evaluasi Akhir Bab

A. Pilih jawaban yang paling tepat.

1. Sistem ekskresi merupakan mekanisme utama homeostasis karena . . .
 - A. sistem ekskresi dapat membuang sisa metabolisme sekaligus mengatur keseimbangan cairan tubuh
 - B. sistem ekskresi dapat mengeluarkan ion-ion tertentu sesuai dengan kebutuhan tubuh
 - C. sistem ekskresi mampu mengeluarkan sisa metabolisme melalui urine
 - D. sistem ekskresi mampu mengeluarkan sisa metabolisme melalui paru-paru dan kulit
 - E. sistem ekskresi dapat menghasilkan zat-zat yang masih dibutuhkan tubuh
2. Organ-organ yang terlibat dalam sistem ekskresi vertebrata terutama manusia adalah . . .
 - A. paru-paru, hati, ginjal, kulit
 - B. paru-paru, ginjal, darah, usus
 - C. paru-paru, hati, usus, kulit, ginjal
 - D. paru-paru, darah, kulit, ginjal
 - E. hati, kulit, darah, ginjal

3. Hati pada manusia dikatakan sebagai salah satu organ ekskresi, karena
 - A. mampu mengubah sisa metabolisme protein menjadi urea dan mengubah bilirubin menjadi urobilin
 - B. mampu mengubah sisa metabolisme protein menjadi asam amino dan mengubah bilirubin menjadi urobilin
 - C. mampu mengubah sisa metabolisme karbohidrat dan lemak menjadi CO_2 dan air
 - D. mampu mengubah sisa metabolisme karbohidrat dan lemak menjadi panas
 - E. mampu membuang garam-garam mineral dan sampah metabolisme nitrogen

4. Proses pertukaran klorida (*chloride shift*) untuk mengangkut sisa metabolisme karbohidrat dan lemak dari jaringan ke paru-paru, yaitu
 - A. terjadi antara paru-paru dan sel pada jaringan
 - B. terjadi antara sel darah merah dan plasma darah
 - C. pertukaran antara ion Cl^- dan HCO_3^-
 - D. pertukaran antara ion Cl^- dan K^+
 - E. pertukaran sel darah merah dan sel darah putih

5. Pembuangan sisa metabolisme karbohidrat dan lemak dari sel-sel pada jaringan ke paru-paru, diangkut dalam bentuk

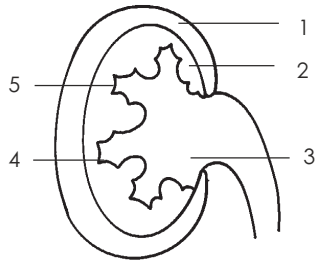
A. CO_2 , H_2CO_3 , HbCO_3	D. H_2CO_3 , HbCO_2 , O_2
B. CO_2 , H_2CO_3 , HCO_3^-	E. CO_2 , O_2 , HCO_3^-
C. H_2CO_3 , HbCO_2 , HCO_3^-	

6. Sisa metabolisme protein berupa NH_3 harus segera dinetralisasi dengan cara
 - A. diikat asam amino sitrulin dan CO_2 menjadi ornitin
 - B. diikat asam amino ornitin dan CO_2 menjadi sitrulin
 - C. diikat asam amino arginin dan CO_2 menjadi sitrulin
 - D. diikat asam amino arginin dan CO_2 menjadi ornitin
 - E. diikat asam amino sitrulin dan CO_2 menjadi urea

7. Pada paru-paru terjadi proses pelepasan H^+ dari asam karbonat. Karena bersifat racun, H^+ harus segera diikat oleh

A. CO_2	D. Hb
B. H_2CO_3	E. HCO_3^-
C. Cl^-	

Untuk menjawab pertanyaan no. 8, 9, 10, lihat gambar di bawah ini!



8. Glomerulus dari suatu nefron terletak pada nomor
 - A. 1
 - B. 2
 - C. 3
 - D. 4
 - E. 5

9. Urine yang telah terkumpul pada duktus pengumpul, selanjutnya menuju ke nomor
 - A. 1
 - B. 2
 - C. 3
 - D. 4
 - E. 5

10. Pembentukan urine primer melalui proses filtrasi, terjadi pada nomor
 - A. 1
 - B. 2
 - C. 3
 - D. 4
 - E. 5

11. Penyakit diabetes insipidus, terjadi akibat penderita
 - A. mengalami infeksi pada daerah nefron
 - B. mengalami ketidakmampuan menghasilkan hormon insulin
 - C. tidak mampu memproduksi hormon ADH
 - D. mengalami radang pada membran mukosa yang melapisi kandung kemih
 - E. mengalami gagal ginjal

12. Organ ekskresi serangga berupa tubula Malpighi, bermuara pada pangkal usus karena
 - A. serangga sangat efisien menggunakan air
 - B. limbah metabolisme serangga berupa cairan
 - C. limbah metabolisme serangga berupa kristal asam urat
 - D. tubula malpighi tidak mempunyai saluran pengumpul
 - E. asam urat dikeluarkan bersama feses

13. Homeostasis adalah suatu mekanisme dalam tubuh yang bertujuan
- A. membuang zat-zat sisa dari tubuh
 - B. menyerap zat-zat yang masih berguna bagi tubuh
 - C. mempertahankan keadaan terbaik bagi tubuh
 - D. melakukan proses pengangkutan melalui darah
 - E. memperbaiki bagian tubuh yang rusak
14. Organ ekskresi yang paling berperan dalam perombakan sel darah merah adalah
- A. paru-paru
 - B. ginjal
 - C. hati
 - D. kulit
 - E. usus
15. Selain sebagai organ sekresi, hati juga berfungsi sebagai organ ekskresi. Sebagai organ ekskresi, hati melakukan proses
- A. menghasilkan empedu dan merombak protein
 - B. mengubah NH_3 menjadi urea dan merombak sel darah merah yang telah tua
 - C. merombak sel darah merah dan menghasilkan empedu
 - D. mencerna protein, lemak, dan karbohidrat
 - E. menyimpan vitamin dan mengubah NH_3 menjadi urea

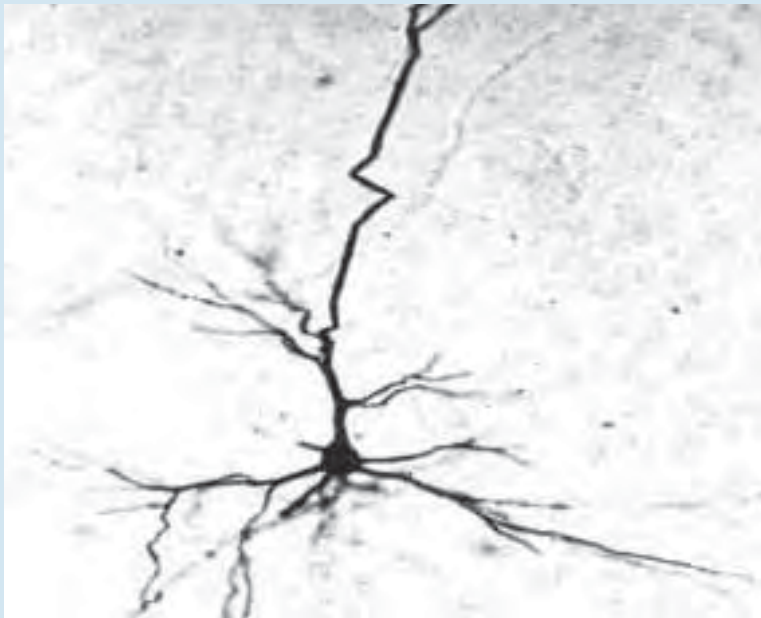
B. Jawab pertanyaan berikut ini dengan benar.

1. Bagaimana sampah metabolisme karbohidrat dan lemak dikeluarkan dari sel-sel jaringan ke paru-paru.
2. Hati merupakan salah satu organ ekskresi pada manusia. Jelaskan proses apa saja yang terjadi pada hati, yang menunjang pernyataan tersebut.
3. Jelaskan proses ekskresi yang terjadi di kulit dan zat utama apa saja yang diekskresikannya.
4. Dengan menggunakan istilah-istilah di bawah ini, ceritakan proses pembentukan urine dalam ginjal (darah, glomerulus, kapsula Bowman, urine primer, filtrasi, air, garam-garam, gula, protein, sel darah merah, urea, tubulus kontorti, reabsorpsi, zat-zat berguna, sekresi, urine sekunder, tubulus pengumpul).
5. Salah satu faktor yang memengaruhi volume urine adalah hormon ADH. Jelaskan bagaimana proses yang terjadi jika ADH banyak dan sebaliknya jika ADH sedikit.



Bab VIII

Sistem Regulasi Manusia



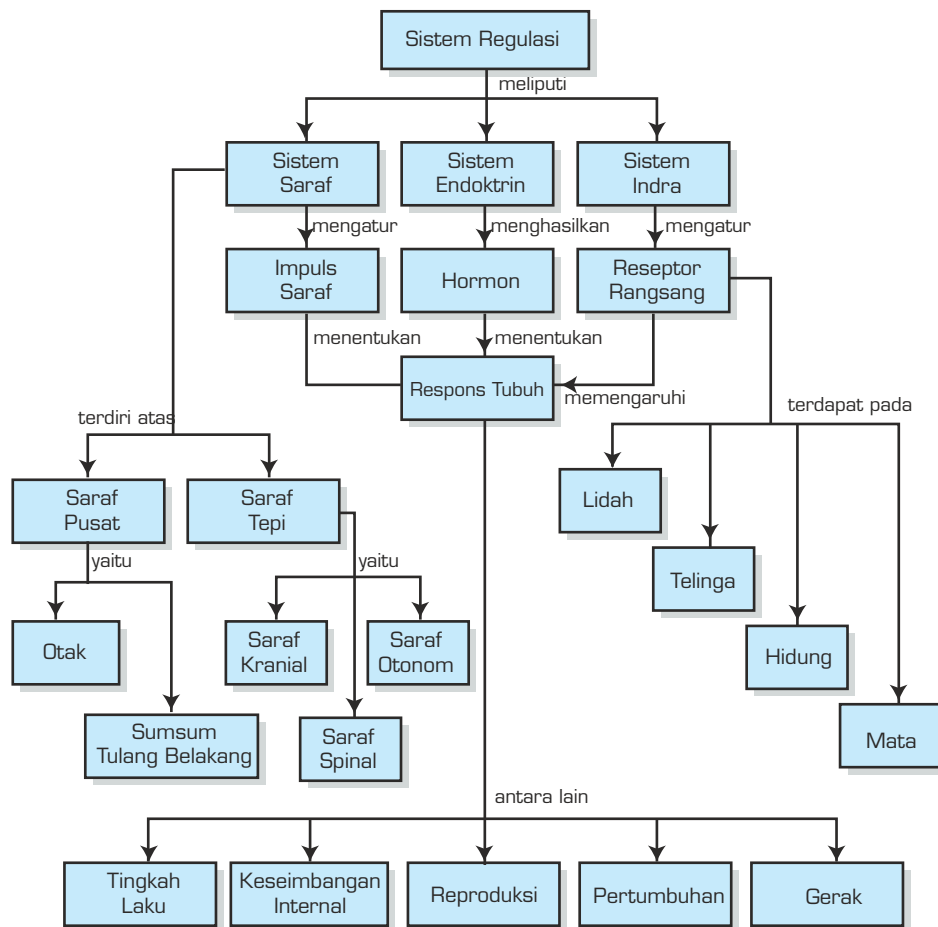
Sumber: *Biology The Unity and Diversity of Life*, Starr Taggart

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini, siswa dapat:

1. menjelaskan struktur dan fungsi saraf, endokrin, dan indra;
2. menjelaskan proses bekerjanya saraf, endokrin, dan indra;
3. mendeskripsikan proses regulasi;
4. memprediksi penyebab terjadinya kelainan/penyakit pada saraf, endokrin, dan indra;
5. mengomunikasikan pengaruh narkoba terhadap kelainan/penyakit saraf.

PETA KONSEP



Dalam kehidupan sehari-hari kita melakukan berbagai aktivitas yang ada kaitannya dengan kebutuhan hidup ataupun dalam rangka merespons setiap bentuk rangsangan yang datang dari luar. Pada saat temperatur udara di sekitar kita meningkat, udara terasa panas, kita merasa gerah, kemudian kita berkeringat. Tangan kita secara otomatis mengambil apa saja yang dapat berfungsi sebagai kipas. Ketika kita merasa haus, kaki kita bergerak mendekati tempat untuk minum. Jika kulit terasa gatal, tangan langsung menggaruk kulit yang gatal tersebut. Bayangkan seandainya bagian-bagian tubuh kita tidak bekerja dengan harmonis dan sinergis seperti yang diceritakan di atas. Ketika kita merasa haus, kaki tidak bergerak ke tempat minum, atau ketika kulit terasa gatal, tangan diam saja tidak menggaruk. Kita juga sudah biasa melihat bayi yang semakin lama semakin besar mengalami pertumbuhan, kemudian berkembang menjadi orang dewasa. Semua kegiatan hidup tersebut ada yang mengaturnya. Ada yang mengontrol melalui sistem internal, dan pengaturan respons eksternal.

Manusia memiliki dua sistem komunikasi pengaturan respons tubuh, yaitu *sistem saraf* dan *sistem endokrin*. Sistem saraf mengatur pengiriman pesan cepat melalui sel-sel saraf (neuron) untuk merangsang pergerakan bagian-bagian tubuh sebagai respons terhadap perubahan lingkungan, sedangkan sistem endokrin mengatur pengiriman sinyal secara lambat, melalui zat kimia yang disebut hormon. Hormon mengalir di dalam darah, dikeluarkan oleh kelenjar endokrin atau kelenjar buntu. Sistem kerja hormon secara kimiawi mengatur proses-proses biologis, misalnya proses pertumbuhan. Apakah sistem saraf dan sistem endokrin bekerja bersama-sama mengatur tubuh kita?

A. Sistem Saraf

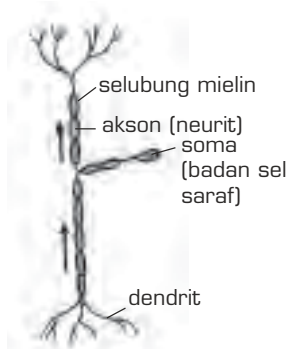
Sistem saraf merupakan sistem yang menyebabkan kita dapat berbicara, tertawa, berlari, duduk, bekerja, dan melakukan serangkaian kegiatan lainnya yang berlangsung secara harmonis. Bahkan ketika kita sedang tidur pun, sistem saraf menjaga denyut jantung terus berdetak, paru-paru terus bernapas. Kita dapat menggaruk dalam keadaan tidak sadar (sedang tidur), dapat membalikkan badan jika otot tubuh terasa tidak nyaman dan seterusnya. Perasaan sedih dan bahagia pun ada kaitannya dengan sistem saraf.

1. Sel Saraf

Sistem saraf dibangun oleh sel-sel saraf (neuron), yang bentuk dan fungsinya berbeda-beda. Sel saraf memiliki tugas khusus untuk menghantar impuls. Seperti yang sudah kita pelajari pada Bab 2, setiap sel saraf terdiri

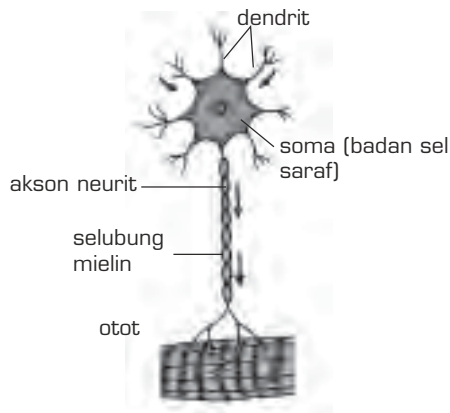
atas badan sel saraf yang berisi inti sel, neurit (akson), yaitu serabut yang keluar dari badan sel dengan panjang yang berbeda-beda (sampai 2 meter pada beberapa jenis hewan). Neurit berfungsi sebagai tempat merambatnya impuls dari badan sel. Selain badan sel dan neurit, sel saraf memiliki *dendrit*, serabut tempat masuknya rangsang dan merambatnya impuls ke badan sel.

Sel saraf ada tiga macam, yaitu sel saraf sensorik, sel saraf motorik, dan sel saraf penghubung. Bentuknya dapat kamu lihat pada Gambar 8.1, 8.2, dan 8.3.



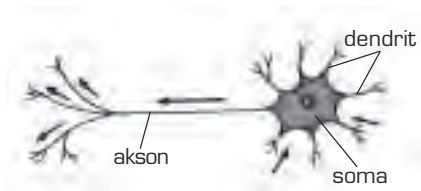
Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 8.1 sel saraf sensorik



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 8.2 sel saraf motorik



Sumber: *Biology*, Barrett

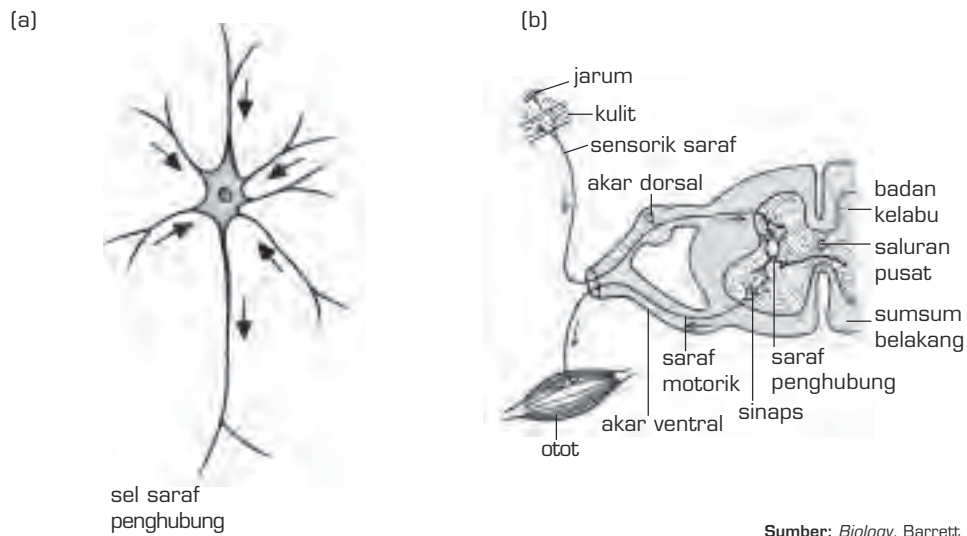
Gambar 8.3 sel saraf penghubung

a. Sel saraf sensorik, bekerja menerima rangsang dari luar untuk dilanjutkan ke sel saraf berikutnya. Sel saraf sensorik memiliki badan sel yang letak-nya berada di luar pusat saraf, yaitu di seluruh bagian tubuh yang dapat disentuh oleh rangsang, misalnya, di bagian kulit dan di pancaindera. Di kiri kanan sumsum tulang belakang, saraf sensorik berkumpul dalam bentuk *ganglion*.

b. Sel saraf motorik, bekerja menerima rangsang atau pesan dari pusat saraf (otak dan sumsum tulang belakang) dan merambatkan impulsnya ke efektor. Efektor, yaitu bagian tubuh yang melakukan kontraksi sebagai respons terhadap rangsang. Sel saraf motorik memiliki badan sel yang terletak di dalam pusat saraf. Dendritnya pendek, tetapi neuritnya panjang.

c. Sel saraf penghubung, terletak di pusat saraf. Bekerja menghubungkan sel-sel saraf tepi (sensorik ataupun motorik).

Sel saraf penghubung bentuknya pendek. Neurit dan dendrit ukurannya sama. Dendritnya membentuk hubungan dengan ujung saraf sensorik, membentuk hubungan dengan dendrit saraf motorik. Saraf penghubung menerima impuls saraf dari saraf sensorik, kemudian menyampaikan impuls tersebut ke pusat saraf. Setelah pusat saraf menerjemahkan impuls saraf menjadi sebuah pesan, pesan tersebut disampaikan oleh saraf penghubung melalui aksonnya kepada saraf motorik (Gambar 8.4).



Sumber: *Biology*, Barrett

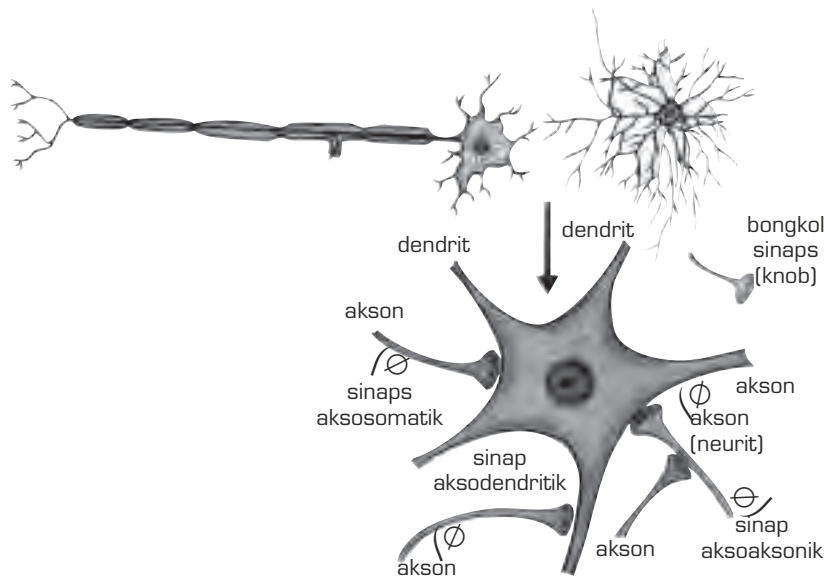
Gambar 8.4 (a) Bentuk sel saraf penghubung (b) Posisi saraf penghubung dalam pusat saraf

2. Impuls

Sel-sel saraf bekerja secara kimiawi. Sel saraf yang sedang tidak aktif mempunyai potensial listrik yang disebut potensial istirahat. Jika ada rangsang, misalnya sentuhan, potensial istirahat berubah menjadi potensial aksi. Potensial aksi merambat dalam bentuk arus listrik yang disebut *impuls* yang merambat dari sel saraf ke sel saraf berikutnya sampai ke pusat saraf atau sebaliknya. Jadi, impuls adalah arus listrik yang timbul akibat adanya rangsang.

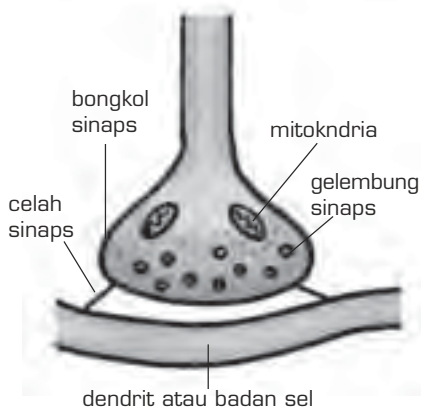
3. Sinapsis

Dalam pelaksanaannya, sel-sel saraf bekerja bersama-sama. Pada saat datang rangsang, impuls mengalir dari satu sel saraf ke sel saraf penghubung, sampai ke pusat saraf atau sebaliknya dari pusat saraf ke sel saraf terus ke efektor. Hubungan antara dua sel saraf disebut sinapsis. Coba kamu amati contoh sinapsis pada Gambar 8.5



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 8.5 Tiga macam tipe sinaps: a) akso somatik b) akso dendritik c) akso aksonik



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 8.6 Bongkol sinaps

Ujung neurit bercabang-cabang, dan ujung cabang yang berhubungan dengan sel saraf lain membesar disebut bongkol sinaps (knob).

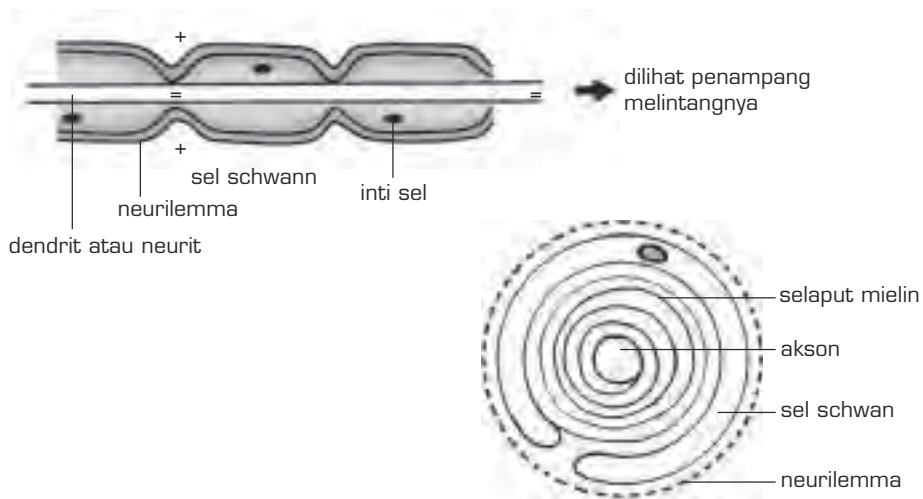
Pada hubungan dua sel saraf yang disebut sinaps tersebut, dilaksanakan dengan melekatnya neurit dengan dendrit atau dinding sel.

Jika impuls sampai ke bongkol sinaps pada bongkol sinaps akan disintesis zat penghubung atau neurotransmitter, misalnya zat *asetilkolin*. Perhatikan Gambar 8.6.

Dengan zat transmitter inilah akan terjadi potensial aksi pada dendrit yang berubah menjadi impuls pada sel saraf yang dihubungkannya. Setelah itu, asetilkolin akan segera tidak aktif karena diuraikan oleh enzim *kolin esterase* menjadi asetat dan kolin.

4. Selaput Mielin

Neurit dan dendrit dikelilingi oleh sel-sel Schwann. Sel-sel Schwann membentuk membran plasma khusus yang disebut mielin (perhatikan Gambar 8.7).



Sumber: *Biology*, Barrett

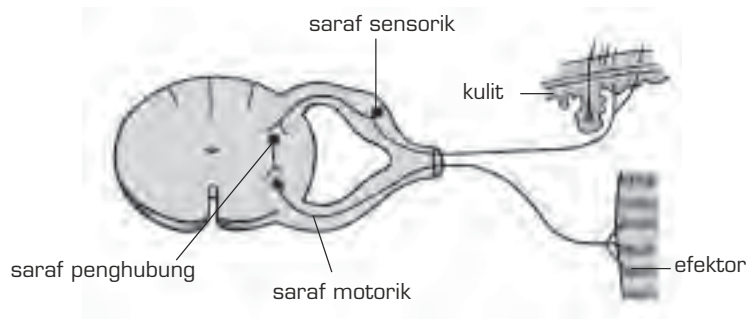
Gambar 8.7 Bagan sel Schwann pada neurit atau dendrit

Tahukah kamu, apa fungsi selaput mielin? Selaput mielin berfungsi sebagai isolator agar tidak terjadi hubungan pendek dari impuls.

5. Lengkung Refleks

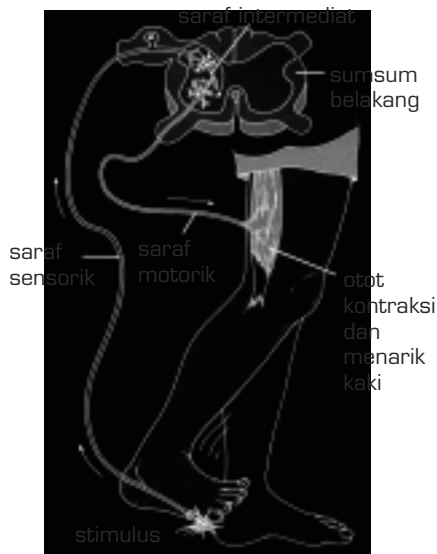
Bagaimana sel-sel saraf membentuk sebuah gerak? Fungsi sistem saraf dilaksanakan oleh sel-sel saraf dengan cara pengiriman impuls saraf tepi (saraf sensoris) ke pusat saraf, kemudian dari pusat saraf melalui saraf tepi (saraf motoris) ke bagian-bagian tubuh yang disebut *efektor*.

Pada Gambar 8.8 ditunjukkan sel saraf sensorik, sel saraf penghubung, dan sel saraf motorik membentuk lengkung refleks. Refleks itu sendiri merupakan satuan fungsional dari sistem saraf.



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 8.8 Pengiriman impuls saraf



Gerak refleks tidak disadari, disebabkan oleh rangsang yang kuat. Sebagai contoh yang diperlihatkan pada Gambar 8.9, jika kita menginjak bara api atau benda tajam, kaki akan diangkat sebelum rasa panas atau sakit menjalar. Mengapa demikian? Coba kamu jelaskan!

Gambar 8.9 Lengkung refleks

Sumber: *Biology*, Barrett

6. Saraf pusat

Saraf pusat ada dua, yaitu otak dan sumsum tulang belakang. Keduanya merupakan pusat regulasi seluruh aktivitas tubuh, baik gerak tubuh maupun reaksi-reaksi kimia dalam tubuh.

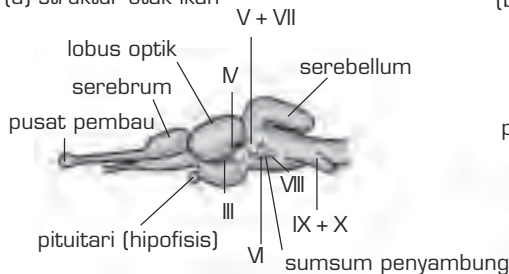
a. Otak

Pada masa embrio otak berkembang dengan bagian-bagian:

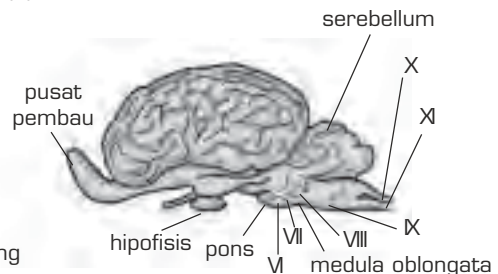
- 1) otak depan, disebut *serebrum*; talamus, hipotalamus, dan hipofisis;
- 2) otak tengah berisi lobus optikus (pusat penglihatan pada vertebrata rendah)
- 3) otak belakang terdiri atas serebelum dan medulla oblongata.

Perhatikan perbandingan struktur otak vertebrata rendah dengan struktur otak vertebrata tingkat tinggi, pada Gambar 8.10 berikut ini.

(a) struktur otak ikan

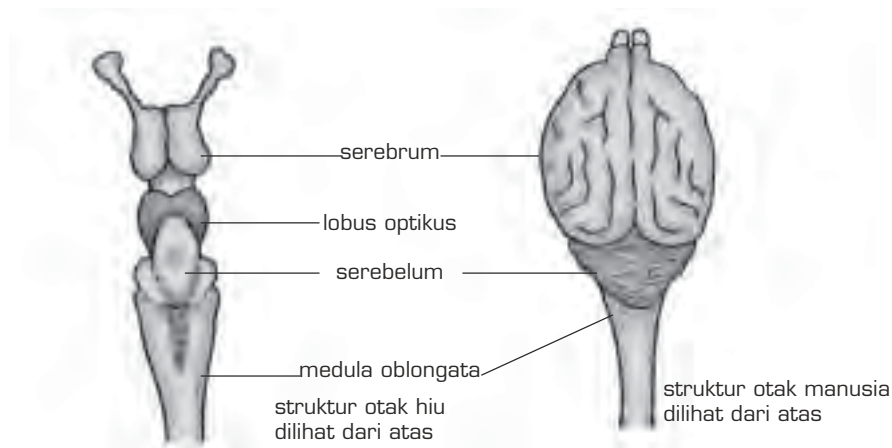


(b) struktur otak manusia



(a) struktur otak ikan

(a) struktur otak manusia



Gambar 8.10 Struktur otak

Sumber: *Biology*, Barrett

Pada otak ikan, otak depan, otak tengah, dan otak belakang masih jelas. Pada mamalia (misalnya otak manusia), serebrum berkembang paling besar, mendominasi bagian-bagian lainnya, dan menutupi bagian-bagian otak lainnya.

Lobus optikus fungsinya pindah ke otak besar dan ukurannya mengecil, disebut *korpora quadrigemina*. Demikian pula fungsi bagian-bagian lain, hampir semua pindah ke otak besar. Hanya serebelum yang tinggal. Dengan demikian, pada otak mamalia yang kelihatan jelas adalah otak besar atau serebrum, otak kecil (serebelum), dan medulla oblongata.

Fungsi Otak

Seperti telah dinyatakan di depan, saraf pusat merupakan pengatur seluruh kegiatan tubuh. Di otak, terdapat dua belas pasang saraf pengatur kegiatan tubuh, sedangkan di sumsum tulang belakang ada 31 pasang saraf pengatur aktivitas tubuh.

a) Fungsi batang otak

Awal pembentukan otak adalah batang otak (kadang-kadang disebut otak bagian bawah). Ada 3 bagian batang otak, yaitu *medula oblongata*, *pons*, dan *otak tengah*. Ketiganya berfungsi dalam penyesuaian dengan kondisi lingkungan luar tubuh, pergerakan, penghantaran, dan pengiriman informasi ke pusat otak yang lebih tinggi.

Medulla oblongata berfungsi mengatur pernapasan, jantung, aktivitas pembuluh darah, proses menelan, muntah, dan pencernaan. Pons berfungsi sama dengan medulla oblongata, terutama dalam pengaturan pusat pernapasan di medula. Seluruh akson saraf sensoris dan motoris

yang mengatur lalu lintas informasi dan instruksi wilayah otak bagian atas akan melewati batang otak, diatur oleh pons dan medula. Selain itu, pons dan medula mengatur koordinasi gerakan tubuh, misalnya berjalan.

Otak tengah berfungsi sebagai pusat penerimaan berbagai jenis informasi dari sel saraf sensorik, sebagai pusat proyeksi informasi untuk dikirim ke otak depan (serebrum). Nukleus pada otak tengah berperan dalam sistem pendengaran (auditori) dan refleks penglihatan (visual). Pusat penglihatannya sendiri sudah terintegrasi dalam serebrum.

b) Fungsi serebelum

Bagian otak berikutnya, yaitu serebelum atau biasa disebut otak kecil. Fungsi utamanya adalah mengoordinasi pergerakan, posisi persendian dan panjang otot, menerima informasi dari sistem auditori dan visual. Serebelum juga menerima pemberitahuan dari serebrum melalui saraf motorik, untuk melakukan berbagai tindakan sehingga terjadi koordinasi antara gerakan dan keseimbangan. Banyak respons motoris yang dikoordinasi oleh serebelum.

c) Fungsi serebrum

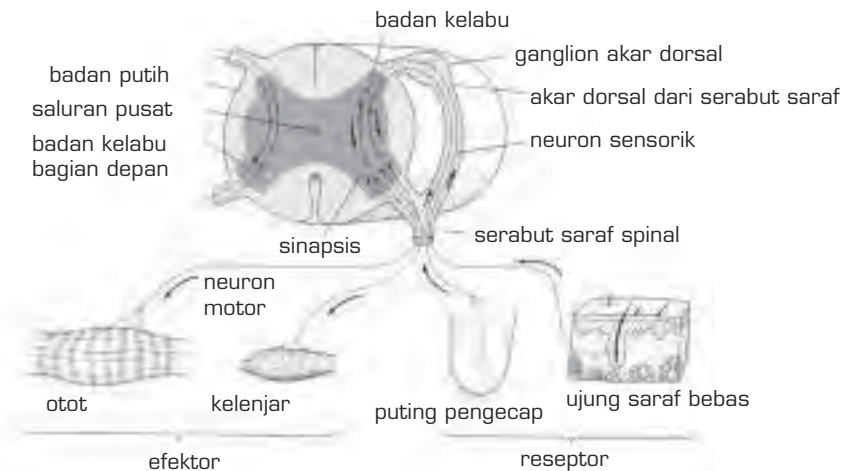
Serebrum merupakan bagian otak yang ukurannya paling besar. Di dalamnya terdapat talamus, hipotalamus, dan hipofisis. Talamus merupakan pusat penerima informasi dari saraf sensorik yang menuju ke serebrum, dan menjadi pusat pengeluaran informasi melalui saraf motoris yang meninggalkan serebrum. Ibarat pintu, talamus adalah pintu informasi bagi serebrum. Informasi dari semua indra diseleksi dalam talamus untuk segera dikirimkan ke pusat otak bagian atas untuk diinterpretasi lebih lanjut. Hipotalamus merupakan pintu serebrum yang mengatur emosi dan sikap tubuh di saat jaga (terbangun), juga mengatur penyesuaian tubuh terhadap lingkungan (homeostatis). Di dalam hipotalamus terkandung hormon pituitari posterior dan hormon pituitari inferior. Hipotalamus juga pengatur pusat lapar, haus, respons seksual, perilaku kawin, respons semangat hidup, dan rasa nikmat. Hipotalamus juga dapat mengatur jam biologis manusia.

Serebrum merupakan pusat integratif paling kompleks. Hampir semua pusat pengaturan tubuh dilakukan oleh serebrum. Banyak contohnya, seperti gerakan otot rangka, respons tubuh terhadap semua indra, seperti penglihatan, pendengaran, penciuman, pengecap, respons rasa sakit, dingin, panas, sentuhan, dan tekanan. Serebrum juga mengatur kemampuan berbicara, bahasa, perhitungan, dan proses pengolahan informasi yang cepat. Kemampuan-kemampuan tersebut diatur oleh belahan serebrum kiri. Belahan kanan mengatur persepsi melalui emosi dan bahasa serta tekanan suara, dan kreativitas.

b. Sumsum Tulang Belakang

Sumsum tulang belakang merupakan lanjutan atau kepanjangan dari otak. Seperti halnya otak, sumsum tulang belakang tersusun atas jaringan saraf, yaitu sel-sel saraf (neuron) dan sel-sel penyokongnya, yaitu *neuroglia* atau *sel-sel glia*. Sumsum tulang belakang terletak di bagian punggung, dilindungi dalam tulang-tulang belakang (vertebrata). Manusia memiliki 33 vertebra, 7 di leher, 12 di daerah belakang dada, 5 di pinggang, 5 di panggul, dan 4 tulang ekor.

Coba kamu perhatikan Gambar 8.11, sumsum tulang belakang memiliki bagian yang berwarna putih dan kelabu. Bagian kelabu membentuk huruf H, tersusun dari badan sel saraf, *neuroglia*, dendrit, dan serabut-serabut saraf. Karena tidak diselaputi mielin yang merupakan zat lemak, bagian ini berwarna kelabu. Bagian putih merupakan jalur serabut saraf (kumpulan neurit) yang bermielin. Sumsum tulang belakang berperan dalam koordinasi aktivitas tubuh, terutama yang berhubungan dengan aktivitas otonom.



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 8.11 Potongan melintang sumsum tulang belakang dan mekanisme pengaturan aktivitas tubuh

7. Saraf Tepi

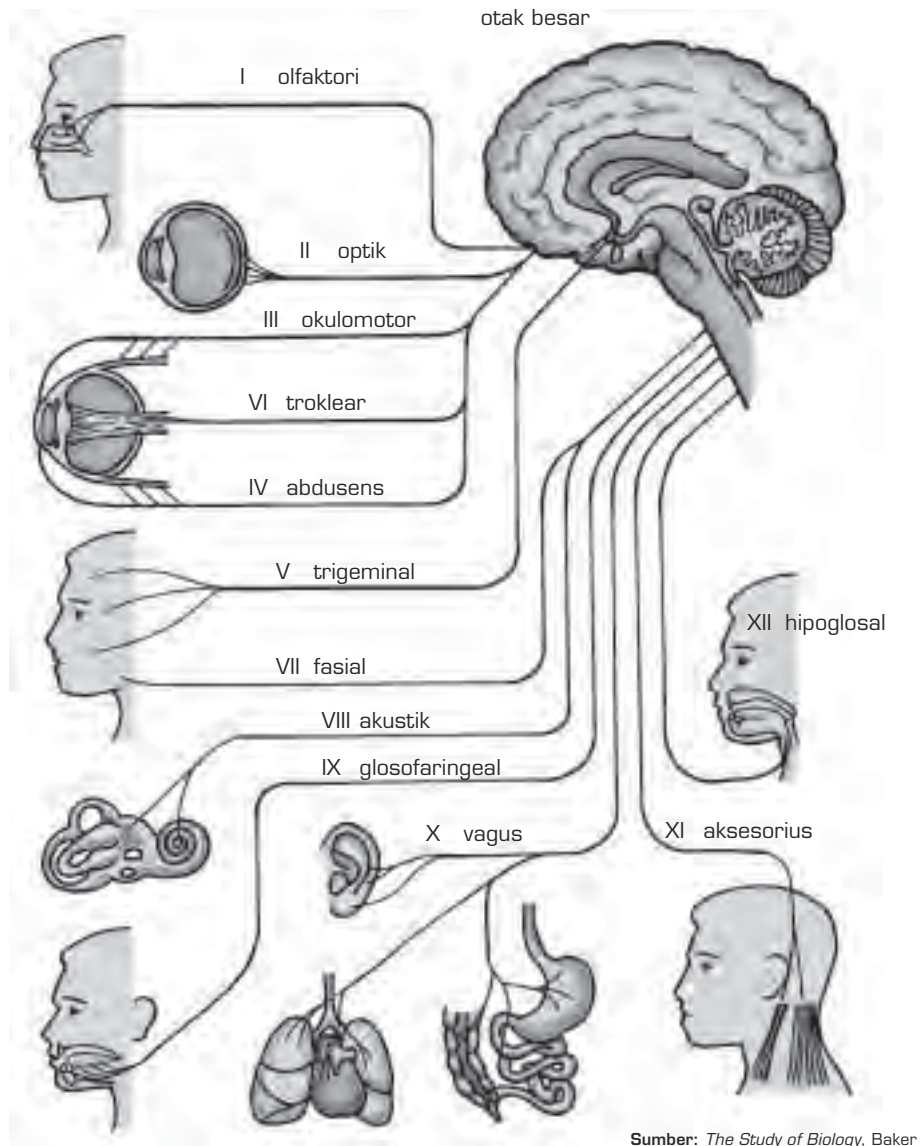
Saraf tepi adalah sel-sel saraf yang terletak di luar pusat saraf. Terdapat di seluruh tubuh, baik otot, kelenjar, tulang, bahkan sel-sel tubuh. Saraf tepi adalah perluasan atau percabangan dari otak dan sumsum tulang belakang. Saraf tepi merupakan alat penyampai rangsang tubuh ke pusat saraf untuk direspons. Ada tiga kelompok saraf tepi, yaitu:

- saraf kranial;
- saraf spinal;
- saraf otonom.

a. Saraf Kranial

Dua belas pasang saraf keluar dari permukaan belakang otak manusia, terdiri atas saraf sensorik dan saraf motorik. Dua belas pasang saraf kranial ini menerima informasi dan mengendalikannya dalam bentuk aksi dari berbagai organ dan bagian-bagian kepala, di antaranya mata, telinga, hidung, lidah, dan wajah.

Untuk mengetahui lebih jelas mengenai saraf kranial dan organ-organ yang dipengaruhi, perhatikan Gambar 8.12.



Gambar 8.12 Saraf kranial dan organ-organ yang dipengaruhi

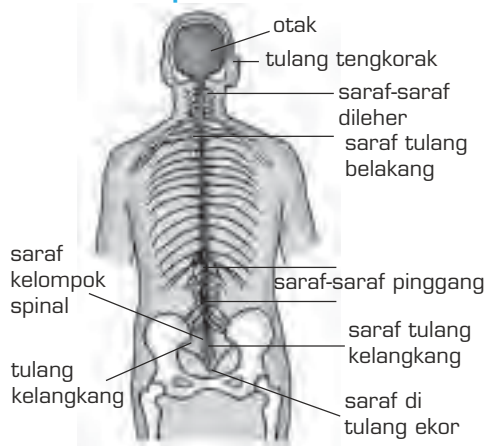
Meskipun saraf kranial tampaknya hanya merespons rangsang di sekitar kepala, ada beberapa pasang saraf yang merespons kotak suara, pangkal tenggorokan, detak jantung, paru-paru, dan saluran pencernaan. Kamu dapat membacanya pada tabel berikut.

Tabel 8.1 **Nomor, nama, jenis, dan fungsi saraf kranial**

No.	Nama Neuron	Jenis Neuron	Hal yang Diatur
I	olfaktorius	sensorik	penciuman
II	optikus	sensorik	melihat
III	okulomotorus	motorik	mengering
IV	troklearis	motorik	mengunyah
V	trigeminus	motorik	menggerakkan bola mata
		sensorik	sakit, tekanan, pedas dan suhu
VI	abduksen	motorik	menggerakkan bola mata
VII	fasialis	motorik	mimik muka
		sensorik	mengecap
VIII	vestibuloakustikus	sensorik	keseimbangan dan mendengar
IX	glosifaringus	motorik	menelan
		sensorik	mengecap
X	vagus	motorik	menelan, sekresi getah
		sensorik	lambung sakit dan lapar
XI	aksesorius	motorik	bicara, menggerakkan kepala
XII	hipoglosus	motorik	bicara, mengunyah, menelan

Sumber: *Biology*, Barrett

b. Saraf Spinal



Sumber: *Biology*, Barrett

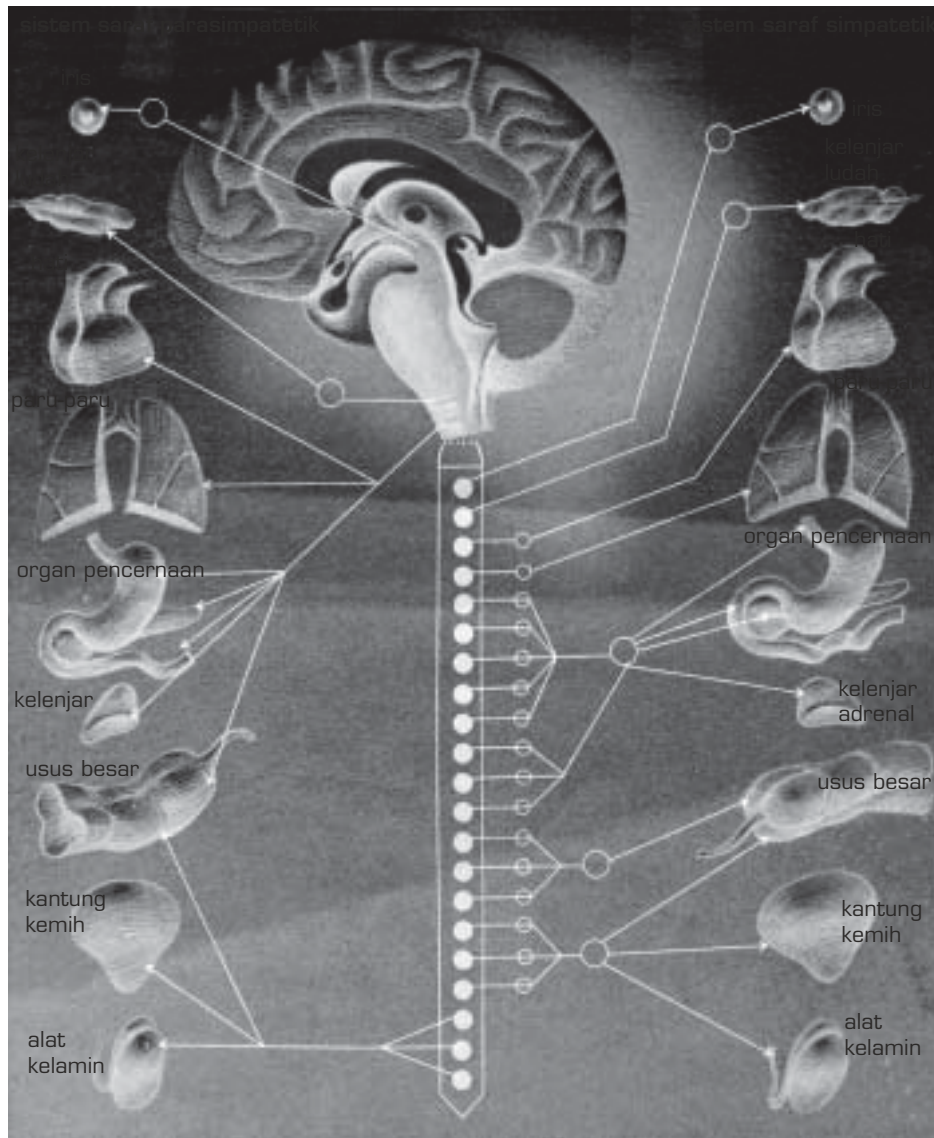
Gambar 8.13 Susunan saraf spinal

Sumsum tulang belakang mem-
bentuk banyak pasangan saraf. Pada
manusia terdapat 31 pasang saraf.
Setiap pasang saraf keluar dari celah
yang terbentuk antara 2 vertebra.

Setiap pasang saraf ini meres-
pons rangsang kegiatan tubuh, di
luar daerah kepala. Seluruh saraf spi-
nal merupakan gabungan saraf
sensorik (aferen) dan motorik
(eferen). Saraf spinal berhubungan
dengan sistem kerja saraf otonom
(Gambar 8.13).

c. Saraf Otonom

Sistem saraf otonom disusun oleh kinerja saraf-saraf motorik yang terdapat pada sumsum tulang belakang dan beberapa saraf kranial yang mengatur gerakan-gerakan dalam tubuh, seperti gerakan otot jantung, gerakan otot-otot saluran pencernaan, dan sekresi hormon dan enzim oleh kelenjar. Kamu dapat melihat secara lengkap sistem saraf otonom yang mengatur kerja organ-organ tubuh secara kinetis dan hormonal pada Gambar 8.14.



Gambar 8.14 Sistem saraf otonom

Sumber: *Essentials of Biology*, Hopson

Sistem saraf otonom bekerja di bawah kontrol *saraf tak sadar*. Ada dua macam sistem saraf otonom yang bekerja *antagonis*. Pertama, sistem saraf parasimpatetik, sel-sel sarafnya berasal dari sumsum tulang leher dan sumsum ruas terbawah tulang belakang. Kedua, sistem saraf simpatetik, sel-sel sarafnya keluar dari sumsum bagian tengah ruas-ruas tulang belakang. Pada umumnya, kedua sistem saraf otonom ini bekerja pada organ yang sama, misalnya, sistem simpatetik mengeluarkan hormon *norepinephrin* meningkatkan kecepatan denyut jantung, maka sistem parasimpatetik mengeluarkan hormon asetilkolin yang memperlambat denyut jantung akibat kerja hormon norepinephrin.

8. Obat-obatan yang Memengaruhi Sistem Saraf

Dewasa ini semakin marak penyalahgunaan obat-obatan narkotika. Para pengguna narkotika tidak peduli lagi terhadap efek obat-obatan tersebut. Awalnya obat-obatan tersebut memberi pengaruh nikmat pada tubuh. Akan tetapi, pengaruh tersebut tidak seimbang dengan risiko yang akan ditanggung oleh pengguna.

Sistem saraf, terutama kerja otak, mudah sekali dipengaruhi oleh obat-obatan dan narkotika. Saat ini jenis obat yang dilarang penggunaannya secara bebas disingkat menjadi Napza (Narkotika, Psikotropika, dan zat adiktif lainnya). Berdasarkan efek terhadap tubuh, obat-obatan yang disalahgunakan tersebut dibedakan menjadi empat golongan yaitu sebagai berikut.

- a. *Sedatif*: bersifat menurunkan aktivitas normal otak, sehingga pemakai merasa mengantuk. Obat golongan ini dikenal sebagai *obat tidur*. Contohnya adalah valium.
- b. *Stimulans*, bersifat mempercepat kerja otak sehingga menyebabkan pemakai merasa kuat dan selalu berada dalam kondisi prima. Obat jenis ini disebut juga *pep pills* atau pil semangat. Contoh golongan ini adalah kokain.
- c. *Halusinogen*, bersifat menimbulkan halusinasi (penghayalan). Halusinasi adalah sesuatu yang dirasakan seseorang tetapi pada kenyataannya tidak ada atau tidak terjadi. Contohnya adalah marijuana/ganja (*Cabbabis sativa*) dan LSD (Lysegic Acid Diethylamide).
- d. *Painkiller* yaitu penahan rasa sakit. Obat ini memengaruhi (menekan) bagian otak yang bertanggung jawab sebagai “pusat rasa sakit”. Contohnya adalah *morfin* dan *heroin* yang diekstrak dari tumbuhan Opium (*Papaver somniferum*).

Golongan obat-obatan tersebut jika digunakan sesuai petunjuk dokter akan berfungsi sesuai dengan sifatnya. Sebaliknya, jika disalahgunakan akan menimbulkan kecanduan obat (*drug addiction*). Kecanduan obat terjadi akibat

tubuh keracunan obat secara periodik atau kronis. Kecanduan obat sangat merugikan pribadi individu yang bersangkutan serta masyarakat. Telah banyak korban penyalahgunaan obat termasuk kalangan atlet yang seharusnya menjadi figur masyarakat tentang tubuh yang sehat.

Ciri-ciri kecanduan obat antara lain sebagai berikut.

- a. Mempunyai keinginan, keperluan, atau keharusan untuk meneruskan pemakaian Napza dan berusaha mendapatkannya dengan segala cara.
- b. Ada kecendrungan untuk menambah dosis pemakaian. Hal ini timbul karena pemakaian yang berulang dapat menyebabkan menurunnya kepekaan sehingga untuk memperoleh efek yang sama, penambahan dosis obat harus dilakukan.
- c. Menimbulkan ketergantungan. Pemakai Napza suatu saat akan merasakan kondisi fungsi-fungsi badan tidak sempurna apabila pemakaian napza dihentikan. Oleh karena itu, untuk memelihara fungsi badan agar selalu sempurna, pemakaiannya harus dilanjutkan.

Secara spesifik, efek penyalahgunaan obat-obatan terhadap sistem saraf, yaitu menyebabkan beberapa gangguan sebagai berikut.

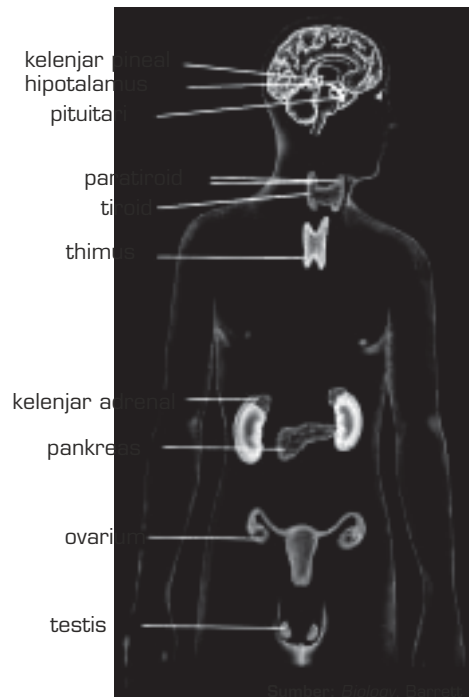
- a. Pendarahan otak (akibat penyalahgunaan kokain dan LSD).
- b. Gangguan jiwa (akibat penyalahgunaan shabu-shabu/*Metamfetamin*, ekstasi, alkohol, LSD, *Thinner*, kokain, morfin, ganja, heroin/putaw, *Amfetamin*).
- c. Matinya sel saraf (akibat penyalahgunaan thinner).
- d. Kejang (akibat penyalahgunaan *Metamfetamin*/shabu-shabu, heroin, putaw, ekstasi, LSD, morfin, amfetamin, dan kokain).

B. Struktur, Fungsi, dan Proses Sistem Endokrin

Sistem endokrin merupakan pengaturan fisiologi tubuh oleh hormon-hormon, misalnya, pengaturan kadar gula dalam darah, pembebasan energi melalui proses metabolisme, dan produksi air susu pada perempuan yang sedang hamil. Hormon sering disebut sebagai *duta kimia*. Diproduksi oleh jaringan atau organ tertentu sesuai dengan kebutuhan dan respons pada jaringan dan organ di seluruh tubuh.

Hormon merupakan sejenis protein, disekresikan bila ada rangsangan yang memicunya. Untuk hormon yang bekerja pada sistem koordinasi, kelenjarnya tidak memiliki saluran khusus sehingga disebut kelenjar bantu. Hormon akan mengalir ke sel-sel atau organ sasaran bersama darah, cairan limfe, dan cairan ekstrasel. Hormon berpindah secara mengalir pula dari sel ke sel atau melalui sinapsis. Jumlah hormon yang dibutuhkan tidak banyak, tetapi memiliki kemampuan kerja yang besar untuk memelihara fungsi normal tubuh.

Letak Kelenjar Endokrin pada Manusia



Sistem hormon dikoordinasi oleh *kelenjar pituitari* yang dikenal sebagai Master Gland. Kelenjar endokrin yang ada dalam tubuh kita, yaitu *pituitari/hipofise, tiroid, paratiroid, timus, pankreas, anak ginjal (adrenal), testis* (pada laki-laki), dan *ovarium* (pada perempuan). Letak kelenjar endokrin dapat kamu lihat pada Gambar 8.15.

a. Kelenjar Hipofise

Kelenjar hipofise atau pituitari menghasilkan hormon-hormonnya berdasarkan rangsangan yang datang dari hipotalamus. Contoh hormon yang dihasilkan oleh kelenjar hipofise adalah sebagai berikut.

Gambar 8.15 Letak kelenjar endokrin dalam tubuh

- 1) *Hormon pertumbuhan (Growth Hormone)*, berperan merangsang pertumbuhan jaringan-jaringan tubuh, terutama jaringan tulang rawan pada ujung-ujung tulang panjang. Apabila sekresi hormon pertumbuhan berlebihan, akan menyebabkan *gigantisme* dan *akromegali*. Gigantisme, yaitu pertumbuhan raksasa, tinggi tubuh lebih dari tinggi rata-rata. Akromegali, yaitu menebalnya tulang wajah dan memanjangnya tulang-tulang jari.
- 2) *Gonadotropin* yang terdiri dari FSH (*Follikel Stimulating Hormone*) dan LH (*Luteinizing Hormone*), dengan target kelenjar-kelenjar kelamin (ovarium dan testis) agar memproduksi hormon-hormonnya.
- 3) *Tirotropin (TSH: Thyroid Stimulating Hormone)*, berfungsi merangsang kelenjar tiroid untuk menghasilkan hormon-hormonnya.
- 4) *ACTH (Adrenocorticotrophic Hormone)*, berfungsi merangsang kelenjar-kelenjar anak ginjal untuk mensekresi hormon-hormonnya.
- 5) Prolaktin, berfungsi untuk merangsang kelenjar air susu agar memproduksi ASI.
- 6) *MSH (Melanosit Stimulating Hormone)*, berfungsi merangsang aktivitas melanosit.

b. Kelenjar Tiroid



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 8.16 Penyakit gondok

Kelenjar tiroid terletak di daerah leher, di bagian depan kerongkongan. Kelenjar tiroid menghasilkan *hormon tiroksin* dan *triiodotironin*. Kedua hormon ini bekerja sama mengatur metabolisme organik, mengatur pertumbuhan dan perkembangan, serta mengatur aktivitas saraf.

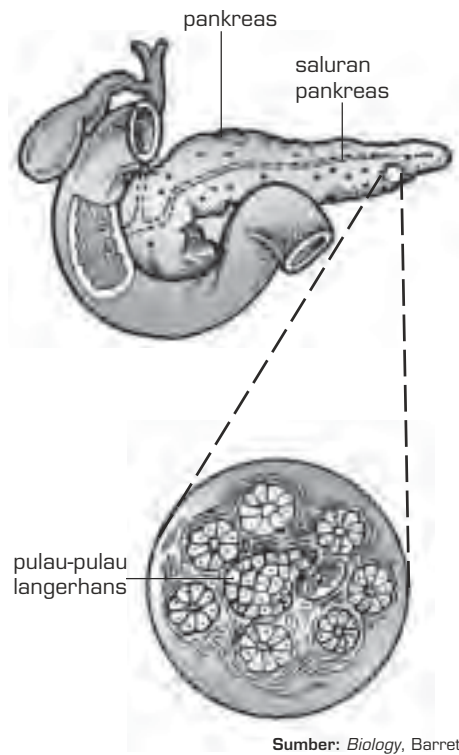
Sintesis hormon tiroksin membutuhkan mineral iodium. Jika konsumsi iodium kurang memadai, hormon tiroksin tidak dapat disintesis.

Rendahnya sekresi hormon dari kelenjar tiroid dapat menyebabkan *Hipotiroidisme*. Hipotiroidisme semasa bayi dalam kandungan atau semasa kanak-kanak akan menyebabkan timbulnya *Kretinisme*. Tanda-tandanya, antara lain *dwarfisme* (cebol) dan *retardasi mental* (kemunduran mental). Dwarfisme disebabkan oleh kegagalan pertumbuhan tulang, sedangkan retardasi mental disebabkan oleh gagalnya otak untuk berkembang sepenuhnya.

c. Kelenjar Paratiroid

Kelenjar paratiroid terletak di dekat kelenjar tiroid. Kelenjar ini menghasilkan Hormon Paratiroid (HPT). Hormon Paratiroid berfungsi menjaga stabilitas kadar kalsium dan fosfat di dalam darah. Jika kadar kedua mineral dalam darah tersebut menurun, kelenjar paratiroid menyekresi HPT. Hormon ini segera melakukan reabsorpsi ion kalsium yang hampir terbuang dalam filtrat ginjal, dan merangsang penguraian ion kalsium dalam tulang. Agar jumlah kalsium dalam tulang tetap stabil perlu bantuan pengganti vitamin D. Vitamin D merangsang penyerapan kalsium dalam usus halus, dan merangsang reabsorpsi ion kalsium pada tulang. Selain menstabilkan kadar kalsium dan fosfat dalam darah, HPT juga merangsang proses *osifikasi* (pembentukan tulang) pada saat pembongkaran matriks tulang untuk menguraikan ion kalsium. Sambil membongkar matriks tulang, HPT melakukan perubahan pembentukan tulang agar tulang tumbuh semakin panjang atau semakin besar.

d. Kelenjar Pankreas

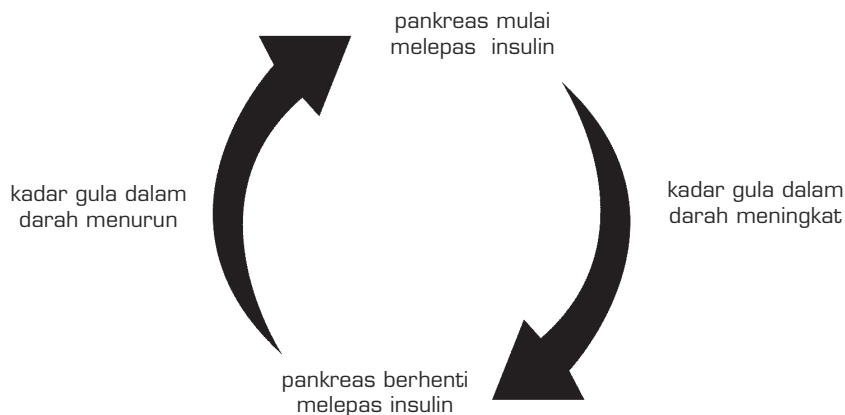


Gambar 8.17 Struktur pulau langerhans

Kita telah mengenal kelenjar pankreas pada waktu membahas sistem pencernaan makanan. Kelenjar pankreas memiliki fungsi ganda. Selain menghasilkan enzim-enzim pencernaan, pankreas juga menghasilkan hormon insulin. Hormon insulin diproduksi pankreas di bagian yang disebut *Pulau Langerhans* (Perhatikan Gambar 8.17). Pada bagian ini terdapat sel-sel pankreas yang disebut *sel alfa* dan *sel beta*. Sel-sel beta memproduksi hormon insulin yang berfungsi mengurangi kadar gula darah yang melebihi normal dengan cara mengubah gula darah menjadi gula otot (glikogen).

Apabila sel alfa dan sel beta mengalami kerusakan, kemampuannya memproduksi hormon insulin hilang atau berkurang. Dengan sendirinya produksi hormon insulin berkurang.

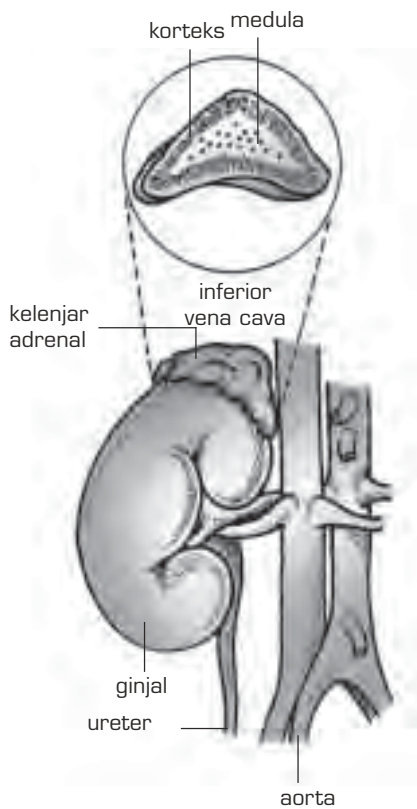
Kekurangan hormon insulin menyebabkan pengaturan kadar gula darah tidak berlangsung normal, gula darah cenderung di atas normal (perhatikan Gambar 8.18). Keadaan ini mudah menimbulkan penyakit *kencing manis* (*Diabetes Mellitus*).



Sumber: *The Study of Biology*, Baker

Gambar 8.18 Mekanisme umpan balik negatif mengatur produksi hormo insulin

e. Kelenjar Anak Ginjal (Adrenal)



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 8.19 Struktur anak ginjal

Kelenjar anak ginjal terletak menempel di bagian atas ginjal. Tampak seperti organ tambahan pada ginjal sehingga disebut *adrenal*. Kelenjar ini terdiri atas dua lapis jaringan, lapisan luar berwarna kuning disebut *korteks adrenal*, dan lapisan dalam yang terbungkus oleh korteks berwarna merah muda disebut *medulla adrenal* (perhatikan Gambar 8.19).

Korteks adrenal menghasilkan hormon *aldosteron*, hormon *androgen*, dan hormon *glukokortikoid*, sedangkan medula adrenal memproduksi hormon *epinefrin* dan *neropinefrin*. Kedua lapis adrenal memproduksi hormon di bawah pengaruh ACTH (*Adreno corticotropic Hormone*) yang diproduksi oleh hipofise.

Hormon aldosteron berfungsi mengatur keseimbangan kadar garam natrium dan kalium dalam cairan tubuh. Bagian tubuh yang dipengaruhi oleh hormon *aldosteron*, yaitu kelenjar keringat, ginjal, usus, dan kelenjar liur. Jika tubuh keku-

rangan hormon aldosteron, akan timbul gejala tekanan darah rendah, dehidrasi berat, dan asidosis (lihat pembahasan tentang ginjal).

Hormon androgen berperan dalam perkembangan kelamin sekunder. Hormon Glukokortikoid berperan dalam metabolisme karbohidrat. Hormon ini dapat meningkatkan kadar gula dalam darah. Jadi, sifat kerjanya antagonis dengan kerja hormon insulin. Jika hormon ini berkurang (misalnya, akibat kerusakan adrenal), timbul kelainan yang disebut *penyakit Addison*. Ciri-ciri penyakit ini, di antaranya tubuh lemah, kadar gula darah rendah (hipoglikemia), berat badan turun drastis, tekanan darah rendah, dan mengalami muntah-muntah.

Hormon *epinefrin*, *neropinefrin*, dan *dopamine* bekerja sama mengaktifkan bagian-bagian tubuh yang diatur oleh sistem saraf otonom, seperti denyut jantung, kerja otot polos, kerja saluran pernapasan, kontraksi atau relaksasi

otot pembuluh darah, dan kerja otot saluran kencing. Ketiga hormon ini diproduksi adrenal jika ada rangsangan dari sistem saraf yang berkaitan dengan keadaan emosional, misalnya pada saat ketakutan, stres, dan marah.

f. Kelenjar Reproduksi

Kelenjar reproduksi, yaitu ovarium pada perempuan dan testis pada laki-laki. Produksi hormon dari kedua kelenjar tersebut dirangsang oleh FSH dan LH yang diproduksi oleh hipofise. Hipofise memproduksi FSH dan LH yang disebabkan oleh rangsangan dari GnRH (*Gonadotropin Releasing Hormone*) yang diproduksi oleh hipotalamus. Gonadotropin, yaitu nama umum untuk hormon yang dilepaskan oleh hipofise. Gonadotropin adalah FSH dan LH.

1) Ovarium

Ovarium menghasilkan hormon *Estrogen* dan *Progesteron*. Aktivitas ovarium ini berlangsung pada saat anak perempuan beranjak remaja atau pada masa pubertas. Sebelum masa tersebut, ovarium dalam keadaan inaktif. Ovarium ada dua buah, masing-masing mengandung sekitar 200.000 buah bakal sel telur. Setiap bakal sel telur terdapat di dalam kantung yang disebut *folikel*.

FSH dari *hipofisis* merangsang pematangan folikel. Folikel matang menghasilkan estrogen. Estrogen mempunyai fungsi untuk merangsang pertumbuhan ciri-ciri kelamin sekunder pada perempuan remaja, memperbaiki selaput endometrium setelah menstruasi, mencegah diproduksinya *FSH* dari *hipofisis*, dan merangsang diproduksinya *LH* pada *hipofisis*. *LH* menyebabkan terjadinya ovulasi, yaitu lepasnya ovum dari folikel. Bekas folikel berubah menjadi struktur yang disebut korpus luteum. Korpus luteum menghasilkan hormon progesteron dan estrogen.

Progesteron berperan dalam membentuk penebalan lapisan endometrium agar siap menerima ovum yang telah dibuahi. Progesteron juga menjaga agar pelekatan lapisan penebalan endometrium terjaga dan mencegah produksi *FSH* dan *LH* dari *hipofisis*. Jika ovum tidak dibuahi, ovum akan mati dan hancur. Korpus luteum menyusut serta tidak dapat memproduksi estrogen dan progesteron. Akibatnya lapisan endometrium luruh (menstruasi), *FSH* diproduksi lagi dan merangsang pematangan folikel. Mengenai daur menstruasi akan dibahas pada bab reproduksi.

Di atas telah dijelaskan bahwa estrogen dan progesteron menghambat produksi *FSH* karena adanya *FSH*, folikel akan menjadi matang. Itulah sebabnya estrogen dan progesteron dipakai sebagai bahan dalam pil KB. Estrogen diperoleh dari umbi *Dioscorea* yang menghasilkan diosgenin. Diosgenin diproses menjadi estrogen.

2) Testis

Testis menghasilkan spermatozoid dan hormon testosteron. Spermatozoid pembentukannya dirangsang oleh FSH, dan pembentukan hormon testosteron dirangsang oleh LH. Hormon testosteron menyebabkan timbulnya ciri-ciri kelamin sekunder pada laki-laki.

g. Hormon-Hormon di Lambung dan Usus

Jika dibandingkan dengan sistem saraf, hormon lebih berperan dalam pengaturan aktivitas sistem pencernaan, misalnya *gastrin*, disekresikan oleh beberapa sel tertentu pada dinding lambung. Gastrin merangsang sel dinding lambung lainnya untuk menyekresikan *asam hidroklorat*. *Sekterin*, dihasilkan oleh sel-sel sepanjang usus 12 jari untuk merangsang pankreas agar mengeluarkan sejumlah bikarbonat. Bikarbonat ini akan menetralkan asam lambung yang disekresikan oleh dinding lambung.

Macam-Macam Kerja Hormon

Telah dibahas bahwa setiap hormon berpengaruh pada satu jaringan atau organ saja. Sebagai contoh:

- 1) TSH merangsang kelenjar tiroid;
- 2) ACTH merangsang korteks anak ginjal;
- 3) FSH dan LH hanya memengaruhi jaringan gonad.

Akan tetapi, beberapa hormon bisa memengaruhi lebih dari satu jaringan sasaran (target). misalnya:

- 1) estrogen, hormon utama pada wanita, menyebabkan pertumbuhan dinding rahim (endometrium) dan kelenjar susu;
- 2) vassopressin memengaruhi kerja ginjal dan otot polos pada pembuluh darah;
- 3) oksitosin merangsang kontraksi otot polos pada uterus dan saluran kelenjar susu.

Hormon lainnya berpengaruh terhadap banyak fungsi dari suatu jaringan, misalnya, *hormon insulin* berpengaruh terhadap metabolisme gula pada jaringan lemak, hati, otot rangka, dan produksi glikogen oleh sel alpa (α) dalam pankreas.

C. Koordinasi antara Sistem Saraf dan Sistem Endokrin

Sistem endokrin bekerja sama dengan sistem saraf pada pengaturan kerja tubuh. Hanya sedikit perbedaan mekanisme kerja antara sistem saraf dan sistem hormon seperti yang dapat kita lihat pada tabel berikut ini.

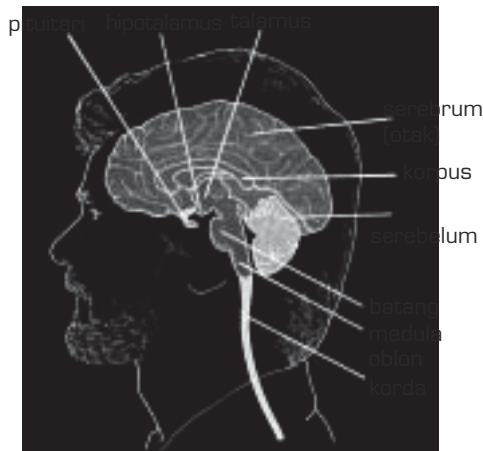
Tabel 8.2 **Perbedaan sistem saraf dan sistem hormon**

Sistem Saraf		Sistem Hormon	
1.	Mengatur respons terhadap rangsang dari luar tubuh.	1.	Mengatur respons terhadap rangsang dari dalam tubuh.
2.	Bekerja secara cepat.	2.	Bekerja secara lambat.
3.	Disalurkan melalui sel-sel saraf	3.	Disalurkan melalui pembuluh darah, cairan limfe, dan cairan ekstra sel.

Seperti halnya sistem saraf, rangsang yang datang akan ditangkap oleh bagian tubuh yang memiliki sel-sel reseptor, maka sel-sel target dan organ sasaran dalam sistem hormon harus memiliki reseptor hormon agar dapat merespons rangsang yang dibawa oleh hormon yang bersangkutan. Bentuk koordinasi antara sistem saraf dan sistem hormon dapat dikatakan sebagai *koordinasi timbal balik*. Artinya, sistem saraf dapat menjadi pengendali sistem hormon, juga menjadi bagian target atau sasaran dari sistem hormon. Dengan kata lain, sistem hormon dapat menjadi pengendali bagi sistem saraf, sekaligus menjadi target sasaran dari sistem saraf.

Secara struktural, letak kelenjar utama (master gland) menunjukkan bahwa sistem endokrin memang bekerja sama dengan sistem saraf. Pada saraf pusat, yaitu otak, terdapat bagian otak yang bekerja sama dengan sistem endokrin.

Di dalam otak besar terdapat dua bagian otak berukuran kecil yang peranannya sangat penting, yaitu *talamus* dan *hipotalamus*. Talamus merupakan bagian yang berperan menjembatani perjalanan rangsang dari pancaindra (kecuali hidung) menuju korteks wilayah sensoris, perhatikan Gambar 8.20.



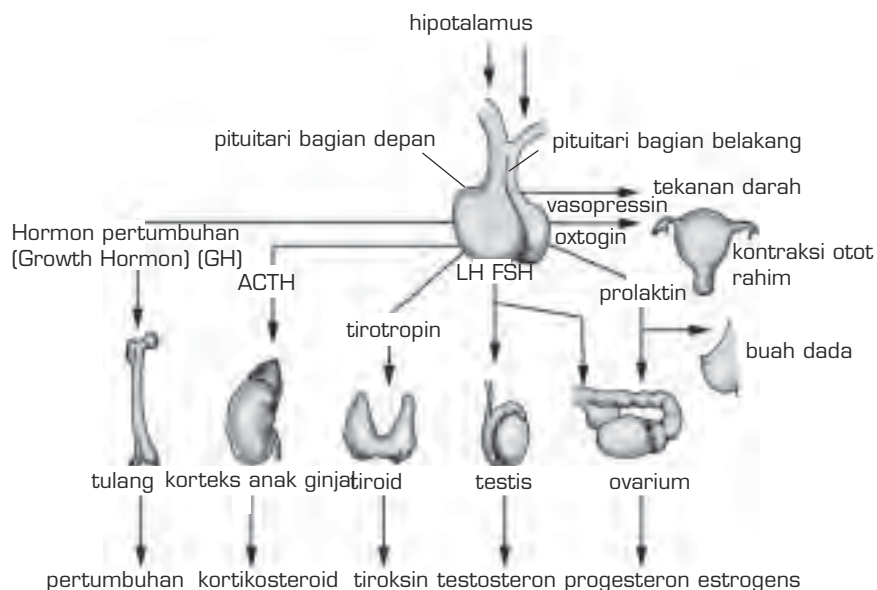
Sumber: *Biology*, Barrett

Letak hipotalamus, yaitu di dasar otak besar dan memiliki fungsi sebagai berikut.

- (1) Mengatur sistem hormon.
- (2) Mengatur saraf otonom.
- (3) Mengatur rasa haus, lapar, kantuk, dan temperatur tubuh.
- (4) Meneruskan ekspresi emosi melalui sistem saraf otonom dan sistem hormon.

Gambar 8.20 Susunan saraf di otak

Hipotalamus (bagian dari sistem saraf) dan *kelenjar pituitari/hipofise* (bagian dari sistem hormon) berfungsi sebagai penghubung antara sistem saraf dan sistem hormon. Rangsang yang datang dari sistem hormon diterima oleh sel-sel saraf di hipotalamus. Sebagai responsnya, hipotalamus akan menyekresikan hormon yang sesuai dengan rangsang tersebut. Hormon yang dihasilkan hipotalamus disebut *hormon hipotalamus*. Hormon hipotalamus akan mengendalikan hipofise agar mengeluarkan berbagai macam hormon yang akan menuju sel target. Perhatikan Gambar 8.21. Gambar ini menjelaskan kelenjar pituitari dan organ-organ targetnya.



Sumber: *The Study of Biology*, Baker

Gambar 8.21 Kelenjar pituitari dan organ-organ targetnya

Kenapa Osteoporosis?

Hormon estrogen memegang peranan penting dalam proses *remodeling* tulang karena estrogen dapat menghambat kerja osteoklas yang berlebihan. Pada defisiensi estrogen, osteoklas tidak ada yang mengontrol lagi. Dengan demikian, terjadi reabsorpsi tulang yang berlebihan. Timbullah osteoporosis. Bagaimana dengan wanita yang sudah memasuki menopause? Wanita yang sudah memasuki masa menopause kadar estrogennya menurun drastis. Akibatnya, muncul osteoporosis alias pengeroposan tulang.

Sumber: *Republika*

D. Sistem Indra

Untuk menangkap berbagai informasi dari lingkungannya, sistem saraf dilengkapi beberapa macam *reseptor*, yaitu sel-sel saraf sensorik penerima rangsang yang berada tersebar di seluruh permukaan tubuh (pada kulit), atau terkumpul menjadi satu di suatu alat tertentu, seperti mata, hidung, telinga, dan lidah. Kelima bagian tubuh tempat reseptor berada disebut *indra*.

Setiap reseptor hanya menerima jenis perubahan lingkungan dalam bentuk rangsangan tertentu. Oleh karena itu, reseptor diberi nama menurut jenis rangsangan yang diterimanya, yaitu sebagai berikut.

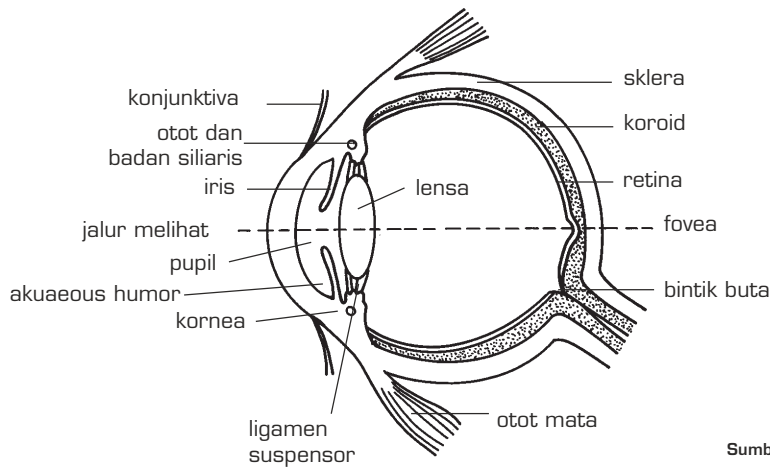
1. Fotoreseptor, penerima rangsang cahaya.
2. Kemoreseptor, penerima rangsang zat kimia.
3. Mekanoreseptor, menerima rangsang fisik, misalnya sentuhan.
4. Audioreseptor, penerima rangsang suara.
5. Termoreseptor, penerima rangsang panas/temperatur.

1. Mata

Mata sebagai organ penglihat, berbentuk bola dengan diameter sekitar 25 mm. Kedudukan mata dalam tengkorak diperkuat oleh tiga pasang otot penggerak bola mata. Rongga bola mata tersebut dilengkapi pula dengan jaringan lemak.

a. Struktur Bola Mata

Bola mata terdiri atas bagian-bagian sebagai berikut.



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 8.22 Potongan melintang mata untuk melihat bagian dalamnya.

1) Lapisan Luar

- Lapisan yang meliputi bagian belakang disebut *sklera* putih.
- Lapisan yang ada pada bagian depan disebut *kornea*, tidak berwarna (transparan).

2) Lapisan Tengah

Di bagian depan lapisan tengah terdapat otot dan *badan siliaris*, serta *iris mata*. Iris mata berbentuk lingkaran dan mengandung pigmen. Otot iris mata dapat melakukan kontraksi (memendek) dan relaksasi (memanjang) yang dipengaruhi oleh intensitas cahaya. Intensitas cahaya rendah menyebabkan otot memendek sehingga *pupil* melebar. Pupil merupakan rongga atau lubang yang dibentuk oleh otot-otot iris mata.

Bagian belakang (yang terletak di rongga mata) dari lapisan tengah disebut *choroid*. Choroid dipenuhi oleh pembuluh darah untuk menyuplai oksigen dan sari makanan. Choroid berwarna hitam atau biru kehitaman sehingga tidak tembus cahaya.

3) Lapisan Dalam

Lapisan dalam disebut *retina*. Pada lapisan ini terdapat jutaan sel sensorik yang diberi nama belakang *sel batang* dan *sel kerucut*. Jumlah sel batang (rod) 20 kali lebih banyak dibandingkan dengan jumlah sel kerucut (cone).

4) Lensa

Lensa berbentuk bikonveks dan diikat oleh jaringan ikat *ligamen suspensori*. Melalui jaringan ikat ligamen ini, lensa dihubungkan dengan otot siliaris. Lensa bersifat elastis sehingga dapat diubah-ubah bentuknya.

5) *Vitreous Humor*

Vitreous humor merupakan substansi berupa jeli yang jernih. Substansi ini mengisi bola mata dan membuat bentuk bola mata membulat. Cairan vitreous humor yang tidak berguna dibuang melalui saluran kecil.

6) *Aquaeous Humor*

Aquaeous humor merupakan cairan yang terdapat di balik kornea. Strukturnya sama dengan cairan sel, mengandung nutrisi bagi kornea dan dapat melakukan difusi gas dengan udara luar melalui kornea.

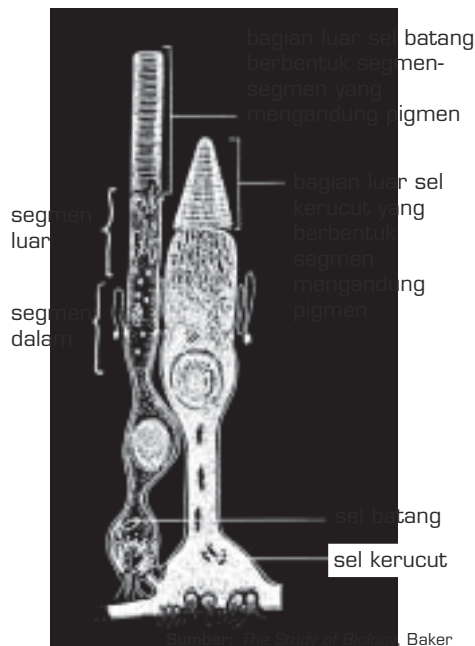
7) *Fovea (Bintik Kuning)*

Bintik kuning merupakan bagian retina yang mengandung reseptor cahaya. Pada bagian ini, bayangan benda dapat diinterpretasikan oleh otak. Artinya, jika bayangan benda jatuh pada fovea, kita dapat melihat benda tersebut.

8) *Bintik Buta*

Bintik buta, yaitu bagian mata, tempat serabut saraf yang berasal dari retina meninggalkan bola mata menuju ke otak. Di bagian bintik buta tidak ada sel sensorik. Jika bayangan benda jatuh di daerah ini, kita tidak dapat melihat benda tersebut.

9) *Sel-sel Saraf Mata*



Gambar 8.23 Bentuk sel-sel penglihat

Sel saraf mata tersebar di bagian retina. Ada dua macam sel saraf mata, yaitu *sel batang* dan *sel kerucut*, dapat kamu lihat pada Gambar 8.23. Sel batang sangat peka terhadap intensitas cahaya rendah, tetapi tidak mampu membedakan warna, dan berperan untuk penglihatan pada malam hari (*skotopik*). Sel-sel ini tersebar pada seluruh bagian retina, kecuali pada bintik kuning (*fovea sentralis*).

Setiap satu sel batang terdiri atas *segmen dalam* dan *segmen luar*. Segmen dalam berisi mitokondria, sedangkan segmen luar berisi sejumlah membran yang ditempel jutaan molekul rodopsin. Satu molekul rodopsin tersusun dari protein (*skotopsin*) dan *retinal*. Retinal terbuat dari vitamin A.

Pada saat terang atau siang hari, rodopsin terurai menjadi skotopsin dan retinal. Jika gelap, skotopsin dan retinal membentuk rodopsin sehingga kita dapat melihat di kegelapan. Vitamin A merupakan bahan baku pembentuk rodopsin. Oleh karena itu, kekurangan vitamin A akan menyebabkan jumlah rodopsin berkurang. Akibatnya, fungsi sel batang untuk ketajaman penglihatan malam hari akan terganggu. Gangguan ini disebut *rabun senja* (himeralopi).

Sel kerucut sangat peka terhadap cahaya dengan intensitas tinggi, dan peka terhadap spektrum cahaya. Oleh karena itu, sel kerucut berperan untuk penglihatan pada siang hari (fotopik), juga berfungsi untuk membedakan warna. Sel kerucut mempunyai pigmen penglihatan yang tersusun dari fotopsin dan retinal. Kombinasi fotopsin dan retinal menyebabkan sel kerucut dapat menyerap warna. Ada tiga macam kombinasi fotopsin dan retinal, dan masing-masing peka pada zat warna yang berbeda, yaitu untuk warna hijau, merah, dan biru. Pigmen pada kerucut baru terurai menjadi fotopsin dan retinal pada intensitas cahaya tinggi, dan proses pembentukannya berlangsung dengan cepat. Kekurangan vitamin A dapat mengurangi retinal pada sel kerucut. Akibatnya, kepekaan sel kerucut terhadap zat warna akan berkurang.

Retina mengandung sekitar 120 juta sel batang (basilus) dan 5 juta sel kerucut (konus) pada setiap mata. Sel-sel ini tidak tersebar merata pada seluruh bagian retina. Sekeliling tepi depan retina banyak mengandung sel batang, sedangkan dekat pusat belakang mata banyak mengandung sel kerucut. Pada pusat belakang retina terdapat bagian kecil yang hanya mengandung sel kerucut, merupakan daerah ketajaman penglihatan terbesar, disebut *bintik kuning* (fovea sentralis).

KEGIATAN 8.1

Menentukan Bintik Buta



Buatlah tanda titik dan palang seperti contoh di atas pada selembar karton. Letakkan sekitar 50 cm di depan mata. Tutup mata kiri, dan pusatkan pandangan mata kanan ke arah tanda palang (+). Dekatkan perlahan-lahan karton ke arah wajah. Rasakan pada suatu jarak tertentu tanda titik menghilang dari pandangan. Pada saat itu tanda titik jatuh pada bintik buta.

b. Proses Melihat

Proses melihat disebut juga memfokuskan bayangan. Hal ini berkaitan dengan *lintasan cahaya* dan *akomodasi*.

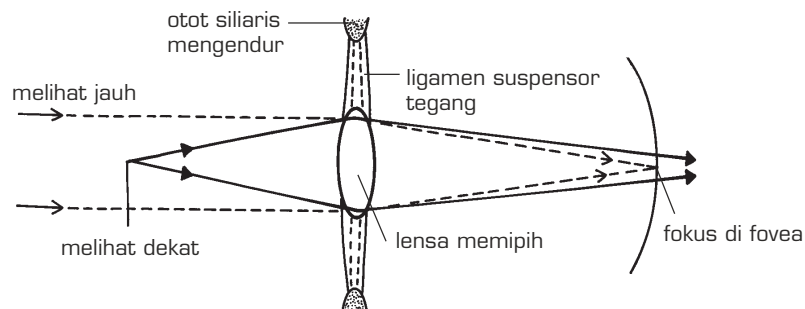
1) *Lintasan cahaya*

Cahaya dari luar mengalami pembiasan pada permukaan kornea sehingga cahaya berkumpul di satu titik. Jumlah cahaya yang masuk melalui pupil diatur secara refleks dengan cara kontraksi dan relaksasi iris mata.

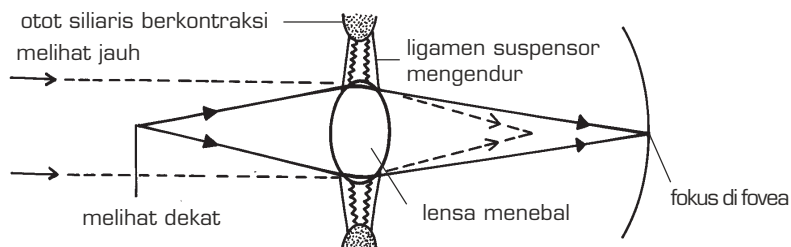
Cahaya mengalami pembiasan sejak dari kornea, aqueous humor, lensa, sampai pada suatu titik di retina, tepatnya pada bintik kuning. Bintik kuning ini dipenuhi oleh sel kerucut dan tidak mengandung sel batang.

2) *Akomodasi*

Akomodasi, yaitu kemampuan lensa memfokuskan bayangan benda baik dari jarak dekat maupun dari jarak jauh. Untuk memfokuskan benda dari jarak jauh, lensa mata memipih, otot siliaris meregang, dan ligamen suspensori mengendur (perhatikan Gambar 8.24).



(a) Akomodasi jarak jauh



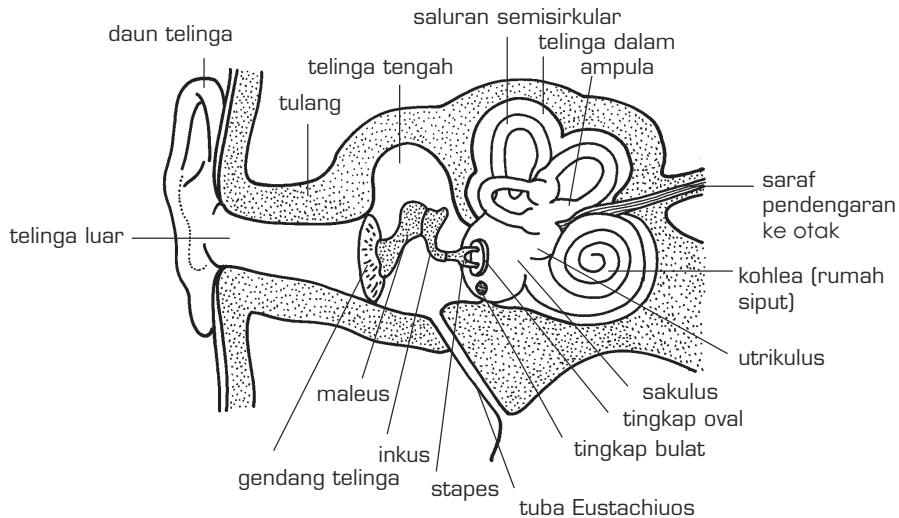
(b) Akomodasi jarak dekat

Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 8.24 Proses akomodasi untuk objek jarak jauh dan jarak dekat

2. Telinga

Fungsi utama telinga adalah menerima rangsang bunyi dan sebagai alat keseimbangan. Secara struktural, telinga manusia terdiri atas tiga bagian, yaitu telinga luar, telinga tengah, dan telinga dalam. Perhatikan Gambar 8.25.



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 8.25 Struktur telinga manusia

a. Telinga Luar

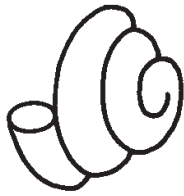
Telinga luar terdiri atas *daun telinga* dan *saluran telinga luar*. Telinga luar dibatasi oleh *gendang telinga* atau *membran timpani*. Daun telinga berfungsi mengumpulkan suara dan menyalurkannya ke dalam telinga melalui saluran telinga luar.

b. Telinga Tengah

Telinga tengah merupakan rongga berisi udara dan *tulang-tulang pendengaran*. Telinga tengah berhubungan dengan faring melalui *saluran Eustachius*. Hal ini penting untuk mengurangi tekanan udara yang ada di rongga telinga tengah. Untuk membuka saluran Eustachius dapat dilakukan dengan cara membuka mulut dan menelan.

Tulang pendengaran ada tiga buah yang saling berhubungan, yaitu *tulang martil* (maleus), *tulang landasan* (inkus), dan *tulang sanggurdi* (stapes). Ketiga tulang ini memancarkan getaran bunyi dari gendang telinga menuju ke jendela oval yang menjadi pintu masuk ke telinga dalam.

c. Telinga Dalam



Sumber: *Biology*, Barrett

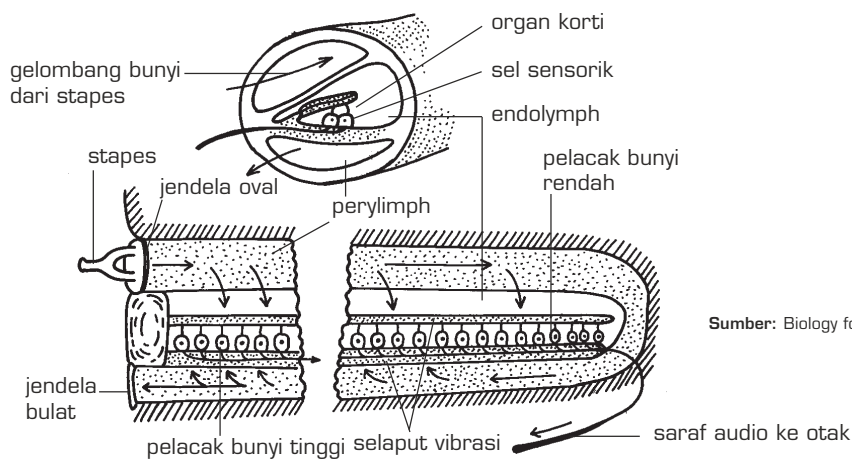
Gambar 8.26 Bentuk kohlea

Telinga dalam merupakan bagian yang berisi cairan. Telinga dalam berisi kohlea (rumah siput), lihat Gambar 8.26. Tiga saluran semisirkular, ampula, utrikulus, dan sakulus.

Pada kohlea atau rumah siput terdapat *organ corti*, yaitu organ yang mengandung *sel-sel sensoris* untuk menyampaikan getaran bunyi ke otak agar diolah menjadi suara.

Jika kohlea diluruskan dan dibuka, dapat kita lihat tiga saluran, yaitu *skala vestibuli*, *skala media*, dan *skala timpani*. Tingkap oval merupakan lubang menuju skala vestibuli, sedangkan tingkap bundar merupakan ujung skala timpani. Skala media ujungnya tertutup (lihat Gambar 8.27).

Semua saluran dalam kohlea dipenuhi oleh cairan limfe yang sama komposisinya dengan cairan sel. Cairan ini berfungsi sebagai medium untuk merambatnya bunyi dalam kohlea.

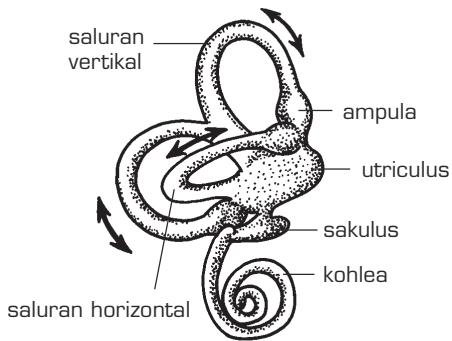


Sumber: *Biology for file*, 1986

Gambar 8.27 Struktur dalam kohlea

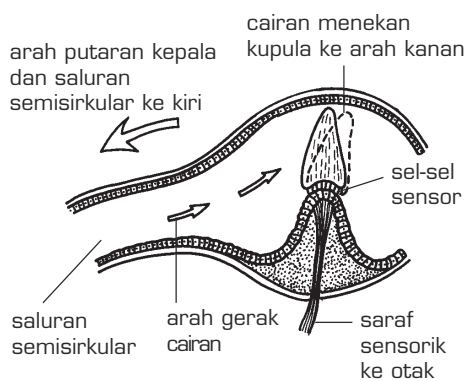
Di antara ketiga saluran, terbentang selapis bagian yang dipenuhi oleh sel-sel reseptor bunyi. Bagian ini disebut *organ korti*. Bagian ini yang menangkap suara untuk diteruskan ke otak sebagai rangsang bunyi, dan disebut dengan *proses mendengar*. Proses mendengar dapat dijelaskan sebagai berikut: getaran suara masuk ke telinga luar; telinga luar membantu memusatkan bunyi masuk ke saluran telinga dan menggetarkan gendang telinga; gendang telinga meneruskan getaran suara ke tulang-tulang pendengaran di telinga tengah yang terdiri atas tulang martil (maleus), tulang landasan (inkus), dan tulang sanggurdi (stapes); selanjutnya getaran suara

masuk ke telinga bagian dalam melalui selaput tingkap oval dan menggetarkan cairan limfe yang terdapat dalam skala vestibuli. Tekanan yang timbul akibat getaran pada skala vestibuli ditahan oleh selaput tingkap bundar yang lentur. Hal ini dapat terjadi karena antara skala vestibuli dan skala timpani dihubungkan dengan lubang kecil yang disebut *helikotrema*.



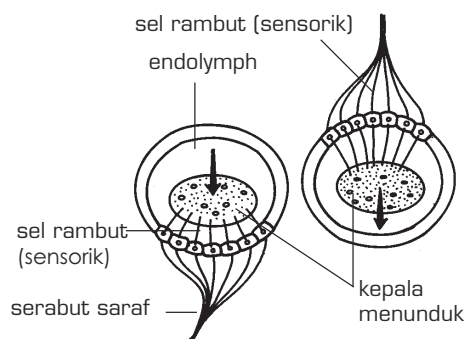
Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 8.29 Saluran semisirkularis



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 8.30 Bagian dalam ampula



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 8.31 Otolith

Tahap terakhir, yaitu getaran diterima oleh sel-sel reseptor pada organ korti. Rangsang getaran ini diubah menjadi impuls listrik dan diteruskan ke otak. Getaran udara yang ditangkap sebagai suara, yaitu berkekuatan 20 - 20.000 Hertz.

Selain sebagai alat pendengaran, telinga berfungsi pula sebagai alat keseimbangan tubuh. Di telinga bagian dalam, dekat rumah siput terdapat alat berupa tiga buah saluran setengah lingkaran (*kanalis semisirkularis*), seperti yang kamu lihat pada Gambar 8.29. Ujung setiap saluran menggembung, dinamakan ampula yang berisi cairan limfe. Di dalam ampula terdapat sekat kupula yang bentuknya seperti kerucut (lihat Gambar 8.30).

Di dalam kupula terdapat sel-sel reseptor berupa sel-sel rambut. Pada saat kepala berputar ke satu sisi, cairan limfe mengalir ke arah kupula. Kupula bergetar dan menggetarkan pula sel-sel rambut. Getaran ini dilanjutkan ke otak agar terbentuk perintah menyeimbangkan tubuh dan kita merasakan gerakan kepala (keseimbangan dinamis).

Sakulus dan utrikulus berisi reseptor untuk mengetahui kedudukan kepala (keseimbangan). Reseptor ini disebut makula. Di dalam sakulus dan utrikulus terdapat benda berupa jeli berisi partikel seperti kapur yang

disebut otolith (perhatikan Gambar 8.31). Otolith merangsang sel sensorik. Jika kepala miring, otolith bergerak ke tempat baru yang berlawanan arah dengan kepala.

T u g a s

Sebagai penambah pengetahuanmu tentang indra, buatlah makalah tentang kulit manusia. Informasikan apakah kulit dapat dikategorikan sebagai alat indra?

E. Kelainan pada Sistem Regulasi

Dengan perannya yang begitu luas bagi berbagai kerja tubuh, gangguan atau kelainan pada sistem regulasi dengan sendirinya akan menimbulkan penyakit atau kelainan pada organ-organ tubuh. Berikut ini contoh-contohnya.

1. Ketidakmampuan pankreas menghasilkan hormon insulin menyebabkan timbulnya penyakit Diabetes mellitus.
2. Ketidakmampuan tubuh menghasilkan hormon antidiuretik (ADH), menyebabkan penderita tidak mampu mengendalikan mekanisme kencing, disebut penyakit Diabetes insipidus.
3. Kekurangan hormon tumbuh (Growth Hormon), penderita bertubuh cebol.
4. Jika saraf-saraf otonom rusak, akan timbul kelainan pada kerja jantung, kerja paru-paru, lambung, usus, ginjal dan hampir semua organ tubuh.
5. Kerusakan pada otak menyebabkan kelumpuhan otot-otot rangka.
6. Kekurangan hormon tiroksin menyebabkan penyakit gondok.
7. Kebutaan, tuli, katarak.

Pada masa lalu, kelainan sistem koordinasi sulit mencari pengobatan dan penyembuhannya. Namun, dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, banyak kelainan dan penyakit dapat disembuhkan. Kemajuan bioteknologi modern dengan teknik rekayasa genetika, semakin memberikan harapan cerah bagi penyembuhan berbagai kelainan. Teknik pembuatan DNA rekombinan telah berhasil menemukan cara memproduksi berbagai hormon secara massal, di antaranya hormon insulin dan hormon pertumbuhan (Growth Hormon). Penemuan ini berhasil mengurangi jumlah penderita diabetes dan cebol/pendek.

Rangkuman

1. Sistem saraf terdiri atas sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi. Sistem saraf pusat terdiri atas otak dan sumsum tulang belakang, sedangkan sistem saraf tepi terdiri atas saraf sensorik dan saraf motorik.
2. Saraf sensorik dan saraf motorik ada yang bekerja di bawah kontrol saraf sadar, ada pula yang bekerja di bawah kontrol saraf tak sadar.
3. Saraf yang bekerja di bawah kesadaran meliputi saraf spinal (31 pasang saraf) dan saraf kranial (12 pasang saraf). Saraf yang bekerja di bawah saraf tak sadar meliputi saraf simpatetik dan saraf parasimpatetik. Kedua sistem ini termasuk sistem saraf otonom.
4. Satuan terkecil dari fungsi saraf yaitu refleks. Ada refleks yang melibatkan otak, dan sebagian besar refleks yang melibatkan sumsum tulang belakang.
5. Sel-sel saraf menyampaikan rangsangan melalui pembentukan sinapsis. Pada sinapsis kimia, hubungan antara neuron dibatasi oleh celah sinaps. Di ujung akson pada celah sinaps banyak vesikel (kantong kecil) yang melepaskan neurotransmitter.
6. Banyak obat-obatan yang berpengaruh kuat pada sistem saraf. Obat-obatan ini bersifat sedatif, stimulan, halusinogen dan painkiller. Obat-obatan ini menimbulkan ketergantungan bila digunakan tidak pada tempatnya atau digunakan berlebihan (over dosis)
7. Sistem saraf dilengkapi dengan alat indra yang mengandung sel-sel saraf sensorik sebagai reseptor rangsang dari luar. Indra ini terdiri atas mata (reseptor cahaya), telinga (reseptor bunyi), hidung (reseptor pembau), lidah (reseptor rasa), dan kulit (reseptor panas, dingin, dan nyeri)
8. Sistem saraf bekerja sama dengan sistem hormon. Hormon dialirkan melalui pembuluh darah atau melalui cairan antar sel. Efek kerjanya lebih lambat daripada sistem saraf. Penghasil hormon disebut kelenjar, di antaranya hipofise, tiroid, paratiroid, pankreas, adrenal, ovarium dan testis.

Kata Kunci

<i>bintik buta</i>	<i>himeralopi</i>	<i>neurit</i>	<i>serebelum</i>
<i>dendrit</i>	<i>hormon</i>	<i>refleks</i>	<i>sinapsis</i>
<i>dwarfisme</i>	<i>impuls</i>	<i>reseptor</i>	
<i>goiter</i>	<i>indra</i>	<i>serebrum</i>	

Evaluasi Akhir Bab

A. Pilih jawaban yang paling tepat.

1. Sistem koordinasi meliputi kerja sama antara . . .
A. sistem saraf dan sistem hormon
B. sistem saraf dan sistem indra
C. sistem indra dan sistem hormon
D. sistem saraf dan sistem otonom
E. sistem indra dan sistem otonom
2. Gerakan tubuh karena ada koordinasi antara sel-sel saraf dengan pusat saraf, dan terjadi secara spontan merupakan gerak . . .
A. bawah sadar
B. bawah tak sadar
C. sinapsis
D. otonom
E. refleks

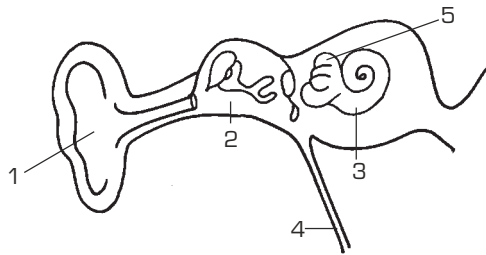
3. Manakah pernyataan yang sesuai dengan refleks?

Pilihan	Refleks Spinal	Refleks Serebral
A.	Berkedip	Bersin
B.	Menarik tangan dari tusukan jarum	Batuk
C.	Menarik kaki dari bara	Menarik tangan dari panci panas
D.	Bersin	Menarik kaki dari bara
E.	Batuk	Terkejut

4. Berikut ini organ-organ yang berkerja di bawah kendali saraf otonom, kecuali . . .
A. lambung
B. paru-paru
C. jantung
D. usus
E. tangan
5. Hal-hal yang terjadi pada sinapsis yaitu sebagai berikut, kecuali . . .
A. sel saraf sedang berada dalam keadaan polarisasi
B. sel saraf sedang mengalami depolarisasi
C. pada sel saraf terjadi potensial aksi
D. rangsang disampaikan melalui neurotransmitter
E. konsentrasi ion-ion lebih tinggi dalam sel saraf dibandingkan di luar sel saraf

6. Jika kita bekerja pada malam hari, bagian mata yang mengatur masuknya cahaya, yaitu
- | | |
|------------------|-----------|
| A. sel batang | D. koroid |
| B. sel kerucut | E. kornea |
| C. bintik kuning | |
7. Bagian mata yang memiliki pigmen untuk mengatur masuknya cahaya, yaitu
- | | |
|-----------|------------------|
| A. sklera | D. koroid |
| B. iris | E. bintik kuning |
| C. pupil | |
8. Ciri-ciri mata yang mengalami miopi adalah sebagai berikut, *kecuali*
- benda yang jaraknya jauh terlihat kabur
 - lensa mata terlalu pipih
 - bayangan benda jatuh di dekat retina
 - dapat dikoreksi dengan kacamata minus
 - benda yang jaraknya dekat, bayangannya jatuh pada retina

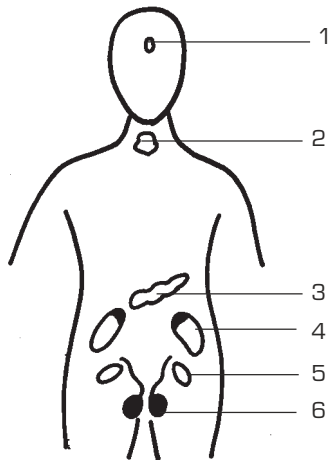
Untuk nomor 9 dan 10, perhatikan gambar telinga berikut ini!



9. Urutan bagian telinga yang dilalui oleh gelombang bunyi adalah
- | | |
|------------------|---------------|
| A. 1, 2, 3, 4, 5 | D. 2, 3, 4, 5 |
| B. 1, 2, 3, 4 | E. 1, 2, 4, 5 |
| C. 1, 3, 4, 5 | |
10. Alat keseimbangan tubuh dibantu dengan bagian yang diberi nomor
- | | |
|------|------|
| A. 1 | D. 4 |
| B. 2 | E. 5 |
| C. 3 | |
11. Master gland menyekresi hormon ACTH dengan target organ, yaitu
- | | |
|----------------|-------------|
| A. tiroid | D. pankreas |
| B. anak ginjal | E. hipofise |
| C. ovarium | |

12. Kelainan yang diakibatkan oleh hipertiroidisme, dengan gejala suhu tubuh meningkat, denyut jantung meningkat, tangan gemetar, gondok, bicara cepat, berat badan berkurang, merupakan penyakit . . .
- A. goiter
 - B. gigantisme
 - C. exophtalmic
 - D. kretinisme
 - E. dwarfisme

Untuk nomor 13 dan 14, perhatikan gambar berikut.



13. Kadar gula dalam darah dipengaruhi oleh aktivitas hormon yang disekresi oleh . . .
- A. 1 dan 2
 - B. 3 dan 4
 - C. 4 dan 5
 - D. 5 dan 6
 - E. 3 dan 5
14. Pertumbuhan badan kita dipengaruhi oleh hormon yang disekresi pada kelenjar nomor . . .
- A. 1
 - B. 2
 - C. 3
 - D. 4
 - E. 5
15. Pil KB dan suntik KB merupakan zat kimia yang mengandung hormon pencegah ovulasi. Artinya, dalam pil dan cairan suntikan tersebut terdapat hormon . . .
- A. folikle stimulating hormon
 - B. progesteron
 - C. lutinizing hormon
 - D. testosteron
 - E. endrogen

B. Jawab pertanyaan berikut ini dengan benar.

1. Sebutkan dua contoh persamaan dan empat perbedaan antara sistem saraf dan sistem endokrin!
2. Lengkung refleks merupakan unit fungsional dari sistem saraf. Lengkung refleks ini dibangun oleh apa?
3. Apa yang dimaksud dengan saraf simpatetik dan parasimpatetik? Berikan masing-masing empat contoh pengaruh pada organ-organ tertentu!
4. Gambarlah sebuah sinapsis!
5. Hormon apa saja yang dihasilkan oleh kelenjar adrenal? Sebutkan fungsinya masing-masing!

C. Kerjakan tugas berikut ini secara berkelompok.

Kumpulkan berbagai artikel tentang pengaruh rokok dan narkoba terhadap sistem koordinasi. Artikel dapat diambil dari koran, majalah, internet. Buatlah dalam bentuk kliping, minimal 10 artikel. Siapkan resume dari isi artikel tersebut untuk dipresentasikan.



Bab IX

Sistem Reproduksi Manusia



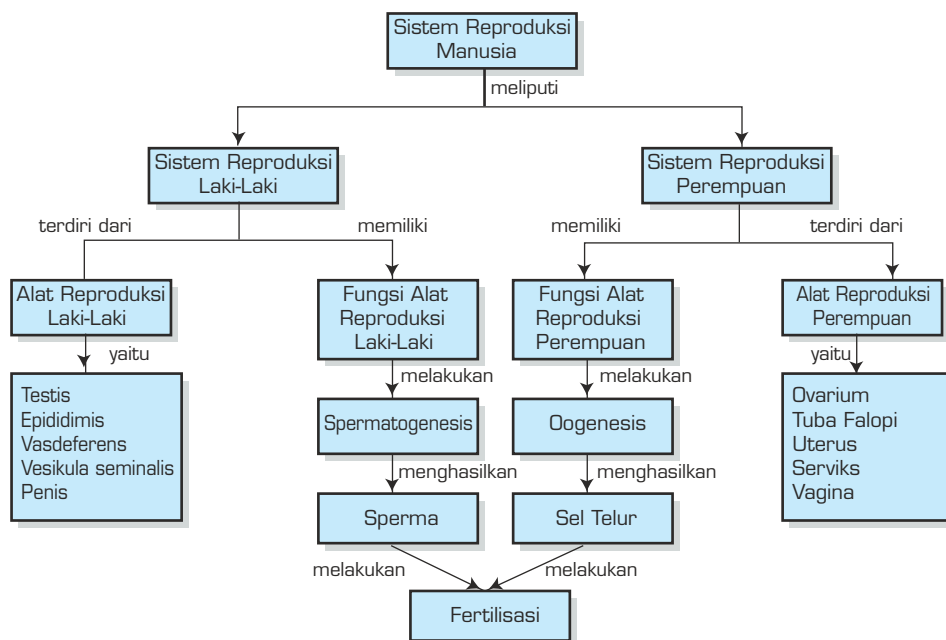
Sumber: *Biology for You*, Garreth Williams

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini, siswa dapat:

1. mengidentifikasi struktur dan fungsi sistem reproduksi manusia;
2. menjelaskan proses pembentukan sperma dan sel telur;
3. menjelaskan proses ovulasi dan faktor-faktor yang memengaruhinya;
4. menjelaskan peristiwa menstruasi pada wanita;
5. mengidentifikasi proses fertilisasi, gestasi, dan persalinan;
6. mendeskripsikan alat kontrasepsi;
7. menjelaskan alasan pentingnya ASI bagi bayi;
8. menjelaskan penyebab terjadinya kelainan/penyakit yang terkait sistem reproduksi.

PETA KONSEP



Setiap makhluk hidup memiliki kecenderungan untuk melestarikan dirinya. Kamu tentu tidak asing lagi dengan perilaku makhluk hidup yang ada di sekitar kita pada saat mereka berupaya melakukan bagian dari proses reproduksi. Kita tidak asing melihat tanaman pisang yang bertunas di sekitar tanaman induk. Kita juga sering melihat ayam yang bertelur, mengerami telur, kemudian telur menetas menjadi anak ayam, atau melihat ibu kita yang mengandung, kemudian melahirkan seorang adik baru. Reproduksi ini terus berkelanjutan dari generasi ke generasi. Dengan demikian, apabila tidak ada hambatan, reproduksi ini akan menjadi suatu cara untuk mempertahankan suatu spesies agar tetap eksis di muka bumi. Jumlah organisme yang mencapai hampir dua juta spesies pada masa kini menunjukkan kekuatan reproduksi dari generasi ke generasi. Tentu saja cara reproduksi berbagai kelompok spesies tidak sama satu dengan yang lain.

Reproduksi tumbuhan sangat berbeda dengan reproduksi hewan dan reproduksi manusia. Di antara kelompok tumbuhan juga ada perbedaan cara reproduksi. Demikian halnya yang terjadi di antara kelompok-kelompok hewan. Pada bab ini yang akan dijelaskan adalah reproduksi pada manusia.

A. Struktur, Fungsi, dan Proses Reproduksi Manusia

Pada hewan tingkat tinggi, perkembangbiakan hanya terjadi secara seksual (generatif) melalui pembuahan atau fertilisasi. Fertilisasi ada yang berlangsung secara eksternal atau di luar tubuh, ada pula yang berlangsung secara internal atau di dalam tubuh. Fertilisasi pada kelompok mamalia berlangsung secara internal.

Manusia sebagai anggota kelompok mamalia, memiliki cara reproduksi yang relatif sama dengan cara reproduksi anggota mamalia lainnya.

1. Sistem Reproduksi pada Manusia

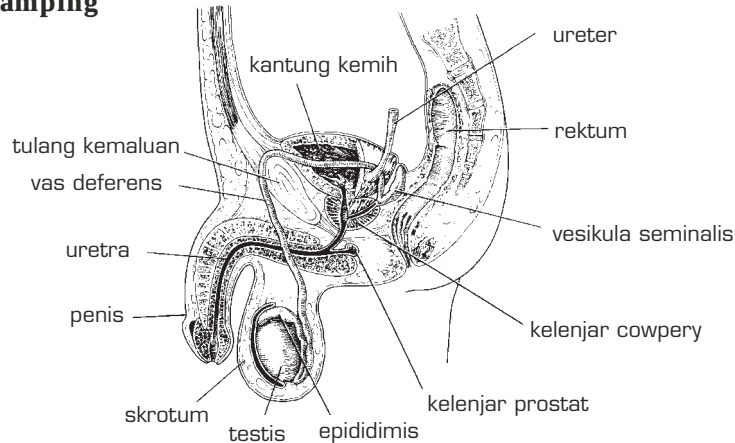
Sistem reproduksi pada manusia terdiri atas sistem reproduksi laki-laki dan sistem reproduksi perempuan. Keduanya dibangun oleh alat-alat reproduksi.

a. Alat Reproduksi pada Laki-Laki

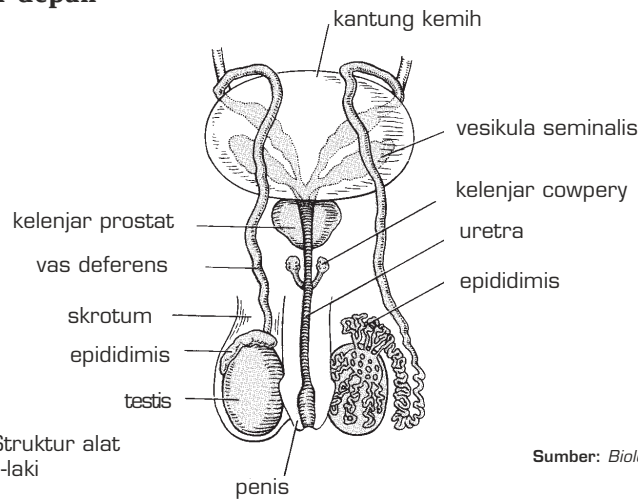
Alat reproduksi utama pada laki-laki adalah dua buah testis, yang terletak di luar rongga perut, dan terbungkus oleh kantung yang disebut skrotum. Mengapa terletak di luar rongga perut? Hal ini berkaitan dengan temperatur

optimal yang dibutuhkan testis pada saat terjadinya proses pembentukan sel kelamin (sperma). Pada saat testis menghasilkan sperma, temperatur yang dibutuhkan, yaitu 2°C di bawah temperatur normal tubuh (37°C). Struktur alat reproduksi laki-laki dapat dilihat pada Gambar 9.1.

Dilihat dari samping



Dilihat dari depan

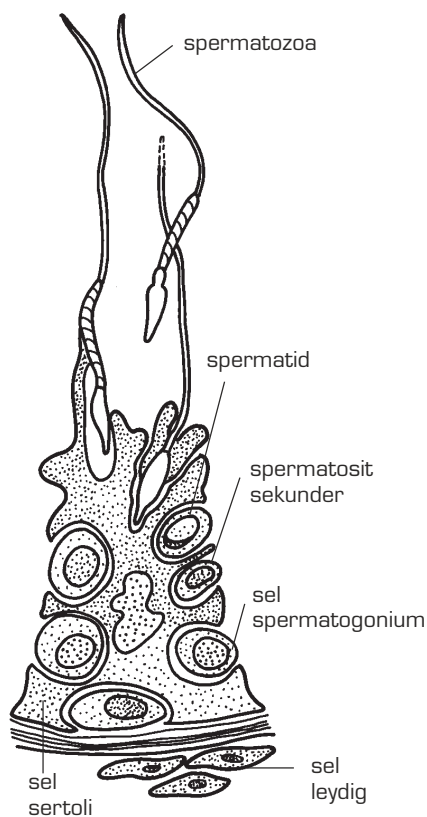


Gambar 9.1 Struktur alat reproduksi laki-laki

Sumber: *Biology jilid 3*, Campbell

Produksi dan transpor sperma adalah sebagai berikut.

- 1) Saluran seminiferus merupakan sebagian besar jaringan pada testis. Ada sekitar 100 saluran.
- 2) Epitel pada dinding saluran seminiferus terdiri atas satu lapis sel epitel lembaga dan sekitar enam lapisan sel yang berkembang dari sel tersebut dalam pembentukan sperma.
- 3) Sel-sel leydig di sekeliling tubulus seminiferus, disebut juga sel-sel interstitial yang menghasilkan testosteron, suatu hormon laki-laki.
- 4) Di antara sel-sel yang sedang membelah terdapat sel sertoli sebagai sel pemberi nutrisi pada sperma. Perhatikan Gambar 9.2.



Sumber: *Biology*, Barrett.

Gambar 9.2 Potongan melintang tubulus seminiferus memperlihatkan adanya sel sertoli. Di dalam sel sertoli ada sel spermatogonium yang mengalami pembelahan menjadi spermatosit → spermatid → spermatozoa

Sperma matang dari tubulus seminiferus langsung masuk ke saluran epididimis. Saluran epididimis mencapai panjang 6 meter. Epididimis melekat di bagian luar testis. Di dalam epididimis sperma disimpan sementara sebelum disalurkan ke vas deferens. Di saluran epididimis sperma diberi zat-zat sumber makanan.

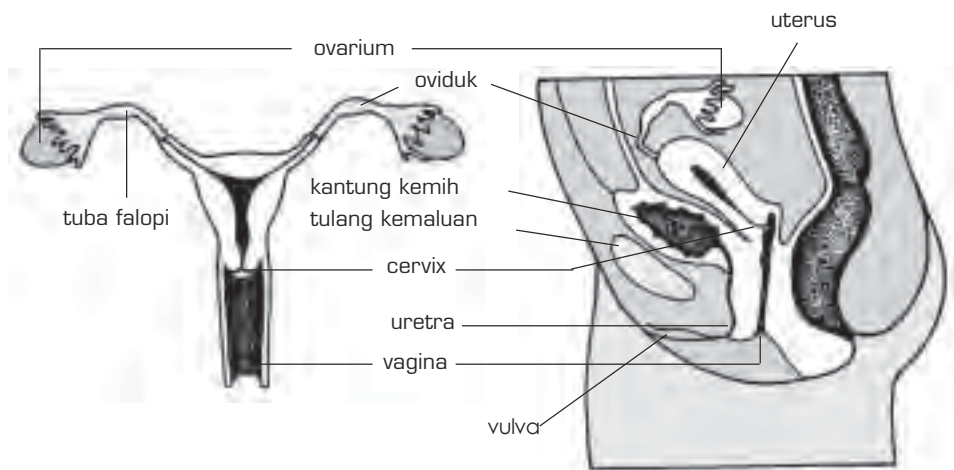
Dari epididimis, sperma bergerak ke vas deferens yang letaknya di rongga perut. Vas deferens menerima sekret berupa cairan nutrisi dari vesicula seminalis, kelenjar prostat, dan kelenjar cowper. Cairan nutrisi merupakan cairan yang terbanyak disekresi dari kelenjar prostat. Cairan yang berisi nutrisi dan zat penguat daya tahan sperma bersama sperma disebut semen (mani). Mani berupa cairan yang berfungsi pula sebagai medium renang bagi sperma, mulai dari vas deferens ke saluran ejakulatori di dalam penis, sampai ke dalam vagina (apabila terjadi kopulasi). Vas deferens bergabung dengan saluran kencing (uretra) yang berasal dari kantung kencing, kemudian menjadi satu dalam penis.

b. Alat Reproduksi pada Wanita

Alat reproduksi pada wanita meliputi beberapa bagian, seperti tampak pada Gambar 9.3 berikut.

- 1) Ovarium, ada sepasang, berukuran kecil, panjang masing-masing 3 cm, dan terletak di daerah panggul di rongga perut. Letak ovarium berdekatan dengan infundibulum.
- 2) Tuba falopi berbentuk saluran, diawali dengan struktur berbentuk corong berjari yang disebut infudibulum. Bagian dalam (lumen) dari tuba falopi dilapisi sel-sel epitel bersilia untuk mendorong ovum bergerak ke dalam tuba falopi ketika terjadi ovulasi.

- 3) Uterus (rahim), berbentuk buah pir, dindingnya tebal dan berotot. Uterus berhubungan dengan dua saluran falopi. Jika di dalam tuba falopi terjadi pembuahan dan terbentuk zigot, zigot akan didorong menuju uterus, dan tiba di uterus dalam bentuk gastrula akhir untuk kemudian mengalami implantasi dan berkembang menjadi bayi. Rongga uterus dilapisi jaringan epitel yang mengandung banyak pembuluh darah. Lapisan ini dinamakan endometrium.
- 4) Cervix (leher rahim). Bagian belakang dari uterus yang berhubungan dengan vagina.
- 5) Vagina merupakan saluran yang menghubungkan uterus dengan lubang vagina di sebelah luar. Bagian ini adalah alat kopulasi perempuan, dikenal pula sebagai saluran kelahiran bayi. Pada gadis remaja, lubang vaginanya sebagian tertutup oleh lipatan lunak selaput lendir yang dikenal dengan nama hymen. Hymen mudah sobek oleh tusukan jari, kegiatan olahraga, hubungan seksual.
- 6) Vulva merupakan ujung vagina yang menghadap ke luar. Vulva terdiri atas labia minora, labia mayora, dan klitoris. Klitoris homolog dengan penis pada laki-laki.



Gambar 9.3 Sistem reproduksi pada wanita

Sumber: *Biology jilid 3*, Campbell

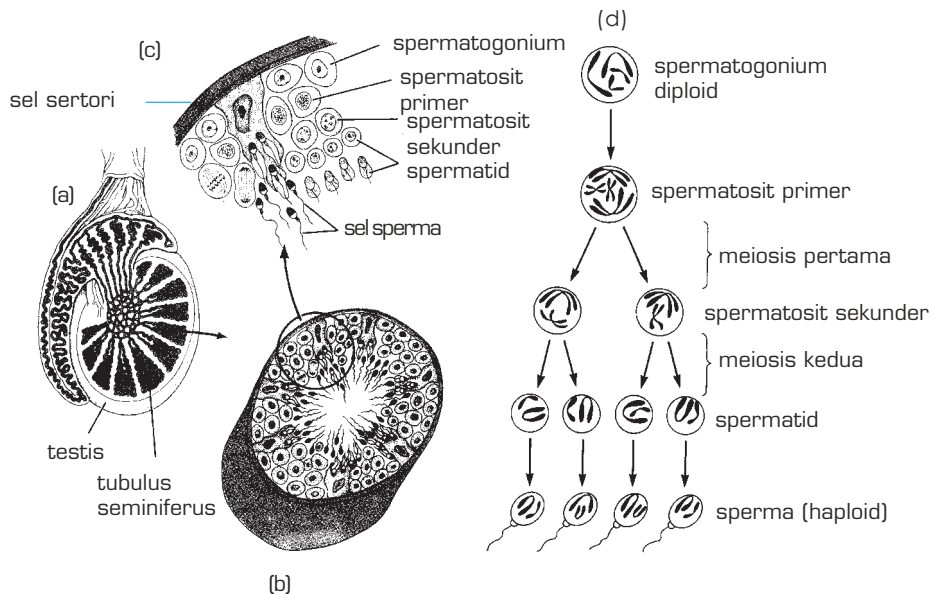
2. Proses Pembentukan Sel Kelamin

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa sperma dihasilkan dalam testis, sedangkan ovum dihasilkan dalam ovarium. Spermatogenesis dan oogenesis tersebut berlangsung melalui proses meiosis. Pada proses meiosis ini terjadi proses pembelahan sel dan pengurangan $\frac{1}{2}$ set kromosom dari $2n$ (diploid) menjadi $1n$ (haploid).

a. Spermatogenesis

Spermatogenesis berlangsung di dalam testis, tepatnya di dalam tubulus seminiferus. Prosesnya, di dalam sel sertoli terdapat sel-sel induk yang disebut spermatogonium. Sel-sel ini berkembang menjadi spermatosit primer. Spermatosit primer membelah menjadi dua sel spermatosit sekunder. Jumlah kromosom dalam spermatosit sekunder telah berkurang menjadi $\frac{1}{2}$ set (n).

Setiap spermatosit sekunder melakukan pembelahan lagi tanpa pengurangan jumlah kromosom, masing-masing menjadi dua sel yang disebut *spermatid*. Kepala spermatid masuk (menancap) pada sel sertoli untuk menerima materi vital untuk pematangan sperma. Spermatid mengalami modifikasi bentuk menjadi sel sperma (spermatozoa). Spermatozoa terdiri atas kepala berinti dan ekor (perhatikan Gambar 9.4).



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 9.4 Spermatogenesis

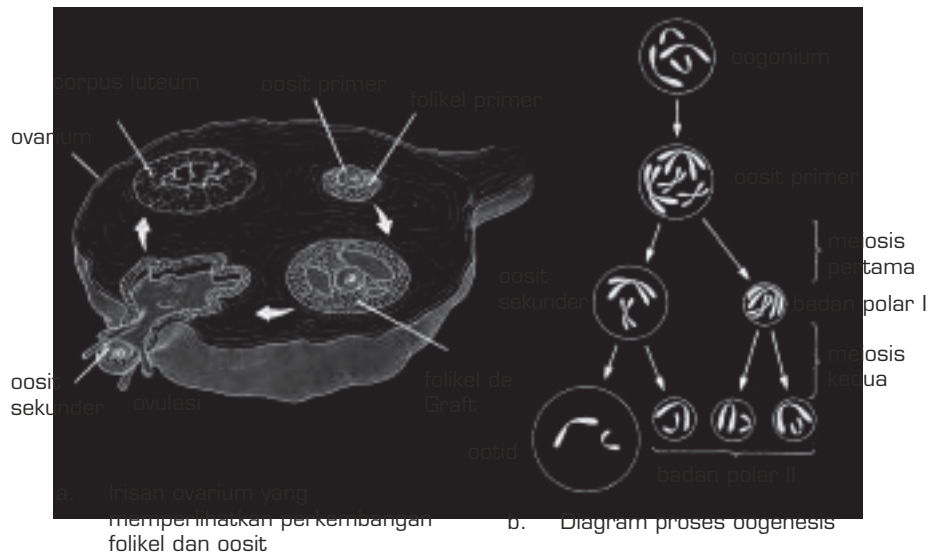
(a) Irisan membujur testis (b) Irisan membujur tubulus seminiferus (c) Spermatogenesis yang berlangsung dalam testis (d) Diagram spermatogenesis

b. Oogenesis

Dari kira-kira 2 juta oosit pada dua ovarium hanya 400 buah yang akan menjadi folikel matang. Folikel matang berupa kantung kecil dengan dinding sel-sel epitel di dalam berisi satu sel telur. Folikel menghasilkan hormon estrogen. Tiap bulan dilepas satu ovum dari sebuah folikel mulai dari seorang wanita mengalami puber sampai menopause. Setiap ovarium menghasilkan sekitar 20.000 folikel matang. Sekitar 400.000 dari dua ovarium dapat

mematangkan sel telur selama wanita melewati masa subur. Folikel lainnya mengalami degenerasi. Oogenesis dan ovulasi terjadi sekali dalam sebulan, bergiliran antara ovarium kiri dan ovarium kanan.

Coba kamu hitung, apabila seorang perempuan mulai mengalami ovulasi pada usia 13 tahun, umur berapakah dia memasuki menopause (masa mati kesuburannya)? Proses oogenesis hampir sama dengan proses spermatogenesis. Tahapnya dapat kita lihat pada Gambar 9.5 sebagai berikut.



Sumber: *The Nature of Life*, John Hopshon

Gambar 9.5 Oogenesis dan ovulasi

Di dalam ovarium terdapat sel-sel induk yang disebut oogonium. Oogonium berkembang menjadi *oosit primer*. Oosit primer mengalami pembelahan secara meiosis menjadi 2 sel baru yang disebut *oosit sekunder*. Akan tetapi, ukuran kedua sel baru ini tidak sama, yang berukuran besar tetap oosit sekunder, yang berukuran kecil disebut polosit primer atau badan kutub I. Selanjutnya oosit sekunder dan polosit I yang sudah haploid mengalami pembelahan sekali lagi, masing-masing menjadi dua sel baru. Oosit sekunder menjadi ootid (n) dan polosit II, sedangkan polosit primer menjadi 2 polosit II. Lihatlah pada Gambar 9.5b, ootid berukuran paling besar.

Dari keempat buah sel baru tersebut, hanya ootid yang berkembang menjadi ovum dan fungsional. Tiga sel kutub atau polosit mengalami degenerasi. Perlu diketahui bahwa sejak bayi perempuan masih berada di dalam kandungan, ovariumnya telah aktif memulai oogenesis sampai tahap metafase II. Setelah itu inaktif sampai perempuan mencapai pertumbuhan yang siap untuk mengalami menstruasi dan menjadi ibu secara biologis.

Pada perempuan yang beranjak remaja, pematangan sel telur dalam folikel hanya melanjutkan tahap telofase II. Untuk memahami proses spermatogenesis dan oogenesis secara lebih mendalam, kamu dapat mempelajarinya di kelas XII pada materi Hereditas.

3. Siklus Menstruasi

Daur menstruasi dapat dijelaskan dengan daur folikuler dan daur uterine (uterus). Dalam pembahasan di sini daur menstruasi lebih mudah dipahami.

Daur uterine terdiri atas tiga fase dilihat dari perubahan struktur dan fungsi endometrium. Endometrium adalah lapisan jaringan mukosa yang mengandung kelenjar-kelenjar yang melapisi dinding uterus mamalia. Fasesenya adalah sebagai berikut.

a. Fase menstruasi

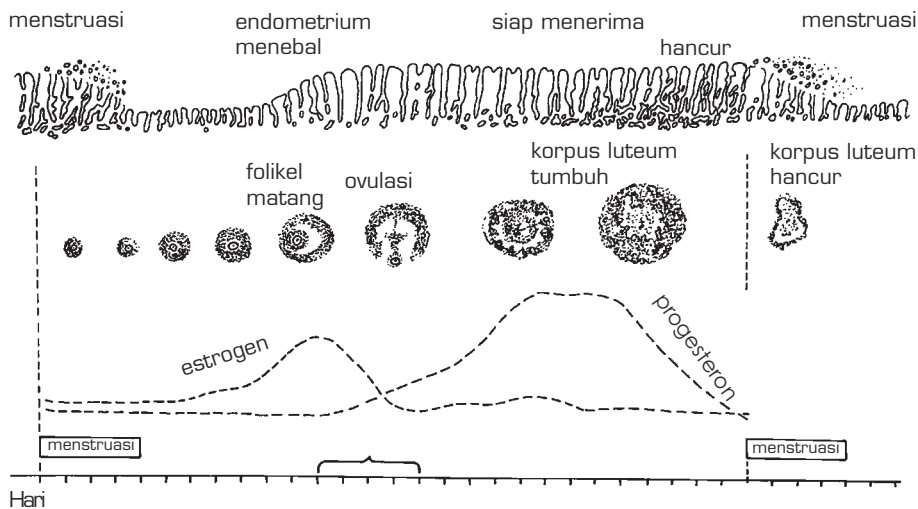
Menstruasi adalah peluruhan jaringan epitel yang melapisi endometrium, sebelum terjadi menstruasi didahului dengan cara menyempitnya pembuluh-pembuluh darah arteriol pada dinding uterus. Hal ini terjadi akibat sangat menurunnya kadar progesteron pada darah yang disebabkan oleh menyusutnya ukuran korpus luteum sebagai penghasil progesteron. Keadaan ini menyebabkan kematian dari jaringan epitel. Kemudian pembuluh arteriol membesar kembali. Aliran darah membesar dan darah keluar membanjiri jaringan yang mati sehingga terjadi peluruhan yang disebut menstruasi.

b. Fase penyembuhan lapisan endometrium

Fase ini bersamaan dengan pematangan folikel (yang mengandung ovum). Folikel menghasilkan estrogen yang menyebabkan terjadi penyembuhan bekas menstruasi dan terjadi pembelahan sel-sel endometrium. Endometrium menebal seperti semula, lamanya kira-kira 8 sampai 9 hari. Dari mulai menstruasi sampai berakhirnya fase kedua adalah 14 hari.

c. Fase sekresi

Fase ini dimulai setelah ovulasi, yaitu pecahnya folikel dan ovum dilepas ke luar. Bekas folikel berubah menjadi korpus luteum yang menghasilkan progesteron. Progesteron memacu sekresi lendir dari kelenjar-kelenjar pada endometrium untuk menyiapkan penerimaan (implantasi) dari ovarium yang dibuahi. Progesteron juga menjaga agar endometrium tidak dapat lepas. Jika ovum tidak dibuahi, sel telur akan mengalami autolisis (hancur) dalam saluran telur, korpus luteum masih berfungsi 10 – 14 hari setelah ovulasi. Daurl menstruasi dimulai lagi. Untuk lebih jelas amati Gambar 9.6.



Sumber: *Essentials of Biology*, Hopson

Gambar 9.6 Siklus menstruasi

Jika terjadi pembuahan, zigot membelah menjadi blastula (blastokist). Blastula menempel pada dinding uterus (endometrium) 8 hari setelah ovulasi. Sel-sel sebelah luar blastokist menyekresikan hormon gonadotropin karionik. Peran hormon ini ialah untuk mempertahankan korpus luteum yang akan menyekresikan hormon progesteron dan estrogen. Hal ini menyebabkan pertumbuhan endometrium pada uterus. Setelah 4 bulan terjadi pertumbuhan plasenta sempurna, korpus luteum mengalami degenerasi. Plasenta sekarang menghasilkan progesteron dan estrogen untuk mempertahankan agar tidak terjadi peluruhan endometrium. Progesteron dan estrogen akan tetap dihasilkan sampai waktunya kelahiran bayi.

Pada rahim (uterus), saat itu endometrium telah menebal, siap menerima embrio apabila terjadi fertilisasi. Jika tidak terjadi fertilisasi dan tidak ada implantasi embrio pada endometrium, endometrium luruh, kemudian terjadi menstruasi. Luruhnya endometrium disebabkan oleh semakin berkurangnya kadar progesteron. Berkurangnya kadar progesteron disebabkan oleh hancurnya korpus luteum yang selama beberapa hari sebelumnya memproduksi progesteron.

4. Pembuahan atau Fertilisasi

Fertilisasi merupakan proses peleburan (fusi) antara sel telur (ovum) dan sel sperma. Prosesnya terjadi di dalam saluran telur (tuba falopi). Hasil fertilisasi, yaitu zigot berupa sebuah set dengan jumlah sel kromosom $2n$ (diploid). Selanjutnya, pada saat bergerak ke arah rahim, zigot berkembang

menjadi *morula* dalam waktu empat hari. Pada saat itu *morula* segera berkembang menjadi *blastula*. Perkembangan selanjutnya, sel-sel bagian dalam *blastula* akan berkembang menjadi bakal janin (*embrioblas*), dan sel-sel bagian luar *blastula* akan berkembang menjadi *trofoblas*.

Pada minggu kedua setelah pembuahan, *blastula* mengalami implantasi (*tertanam*) dalam selaput lendir rahim (*endometrium*). Bagian *trofoblas* terbenam lebih dalam, bersama *endometrium* akan berdiferensiasi menjadi plasenta, organ berbentuk piring tempat terjadinya tukar-menukar zat antara bayi dan ibunya.

Bagian *embrioblas* membentuk dua lapisan, yaitu lapisan luar (*ektodermis*) dan lapisan dalam (*endodermis*). Bagian permukaan dari lapisan *ektodermis* mengadakan pelekukan ke dalam (*invaginasi*) membentuk lapisan tengah (*mesodermis*). Proses ini disebut *gastrulasi*, terjadi pada minggu ketiga.

Perkembangan berikutnya, dari ketiga lapisan dasar terbentuk jaringan, organ dan sistem tubuh. Hal ini terjadi mulai dari minggu keempat sampai dengan kedelapan, periode ini disebut masa *organogenesis*.

Tabel 9.1 Organogenesis dari tiga lapisan dasar

Lapisan Dasar	Organ-Organ yang Dibentuk
Ektodermis	Susunan saraf, hidung, mata, epidermis, dan kelenjar-kelenjar kulit.
Mesodermis	Jaringan tulang, otot, jantung, pembuluh darah, getah bening, ginjal, kelenjar kelamin, dan limpa.
Endodermis	Kelenjar gondok dan anak gondok, hati, pankreas, dan epitel yang membatasi: kandung kemih, uretra, saluran pencernaan, dan saluran pernapasan.

Sumber: *Biology for You*, Gareth Williams

Setelah masa *organogenesis*, dilanjutkan dengan masa janin yang dimulai sejak usia kehamilan 9 minggu sampai dengan sesaat sebelum lahir (*partus*). Masa janin ditandai dengan penyempurnaan jaringan-jaringan dan organ-organ dalam serta pertumbuhan tubuh yang pesat. Masa kehamilan (*gestasi*) dihitung dari pembuahan (*fertilisasi*) sampai dengan kelahiran (*partus*), lamanya sekitar 226 hari atau 38 minggu atau 9 bulan 10 hari.

Fertilisasi in Vitro

Banyak pasangan suami istri yang sulit memperoleh anak. Hal ini mungkin karena suami tidak dapat memproduksi sperma dalam jumlah normal, atau istrinya memiliki tuba falopi yang tersumbat. Kedua masalah ini menyebabkan terhambatnya pembuahan.

Fertilisasi in vitro dapat menolong kesulitan perolehan anak akibat persoalan tersebut di atas. "In Vitro" artinya "Dalam gelas". Cara ini membantu pasangan suami istri untuk mengondisikan terjadinya fertilisasi telur oleh sperma di luar tubuh. Cara ini dikenal sebagai "membuat bayi tabung". Caranya sebagai berikut:



1. Wanita disuntik hormon perangsang Folikel (FSH = *Follicle Stimulating Hormon*). Suntikan hormon FSH menyebabkan dihasilkannya sel telur. Dokter membuat lubang di dinding perut, dimasuki tabung untuk menyedot sel telur ke luar.
2. Sel-sel telur diletakkan di dalam cawan petri berisi larutan yang mengandung nutrisi dan oksigen.
3. Air mani suami dicampurkan dengan sel telur. Beberapa hari kemudian telur sudah dibuahi menjadi zigot. Dokter dapat mengamati perkembangan zigot menjadi embrio dengan bantuan mikroskop.
4. Dokter mengambil satu atau lebih embrio dan diletakkan dengan cara implantasi ke dalam rahim ibu. Kemudian embrio akan berkembang biasa menjadi bayi, seperti halnya kehamilan biasa.

Pada kesempatan fertilisasi in vitro, kadang-kadang terbentuk lebih dari satu embrio. Kelebihan embrio disimpan dalam tabung, dan disimpan di dalam lemari pendingin. Setiap saat pasangan suami istri pemiliknya dapat mengembangkannya sebagai anak berikutnya.

5. Hormon yang Berperan dalam Masa Kehamilan

Kehamilan adalah proses berkembangnya embrio di dalam uterus setelah terjadinya fertilisasi. Pada masa kehamilan ini terjadi perubahan kadar dan kerja hormon.

a. Masa Kehamilan

Apabila terjadi implantasi embrio pada dinding rahim, embrio akan mengeluarkan hormon HCG (*Human Chorionic Gonadotropin*) yang mempertahankan kadar progesteron tetap tinggi supaya penebalan endometrium terus berlanjut sampai menjadi plasenta. HCG bekerja selama 4 bulan pertama kehamilan. HCG ini sebenarnya yang mempertahankan korpus luteum agar tidak hancur dan tetap memproduksi progesteron dan estrogen. Setelah kehamilan 2 bulan, HCG tidak diproduksi sehingga korpus luteum hancur. Akan tetapi, produksi progesteron dan estrogen selama kehamilan diambil alih oleh plasenta.

Selama kehamilan, hormon progesteron berperan agar plasenta makin menebal dan kokoh melekat pada permukaan uterus, sedangkan estrogen berperan menghambat hipofise agar tidak menghasilkan hormon FSH dan LH. Progesteron dan estrogen juga mendorong tumbuh dan berkembangnya kelenjar susu untuk menghasilkan ASI. Progesteron juga mencegah uterus untuk berkontraksi selama kehamilan sebelum mencapai waktu kelahiran.

b. Akhir Kehamilan (Masa Persalinan)

Pada akhir kehamilan, ovarium dan plasenta menghasilkan hormon relaksin, agar sendi-sendi tulang panggul melonggar. Selain itu, hormon progesteron dan estrogen semakin berkurang. Bayi itu sendiri mengeluarkan ACTH (*Adreno Corticotropic Hormone*) dari hipofisanya, dan menyebabkan adrenal bayi menghasilkan hormon kortikosteroid. Kortikosteroid masuk ke dalam plasenta menyebabkan plasenta mengeluarkan hormon prostaglandin. Prostaglandin merangsang uterus untuk berkontraksi, dan menyebabkan timbulnya rasa sakit.

Selanjutnya, kepala bayi menekan leher rahim, menyebabkan munculnya impuls ke otak ibunya. Hipotalamus ibu segera mengeluarkan hormon oksitoksin, yang dialirkan ke hipofise bagian belakang. Hipofise segera mengalirkan oksitoksin menuju uterus.

Hormon prostaglandin yang dihasilkan oleh plasenta oksitoksin merangsang kontraksi otot rahim terus-menerus. Kontraksi ini mendorong bayi menuju leher rahim. Plasenta mulai longgar akibat tidak adanya hormon progesteron menjelang kelahiran bayi ini. Rangkaian kontraksi rahim ditambah dengan tindakan mengejan ibu, mendorong bayi keluar, disusul dengan keluarnya plasenta.

Pada satu hari sampai 3 hari pasca lahir, hormon progesteron menghilang, karena plasenta sudah tidak ada. Hal ini merangsang produksi hormon prolaktin dari hipofise bagian depan. Prolaktin merangsang kelenjar susu untuk memproduksi ASI.

KEGIATAN 9.1

Berdasarkan informasi mengenai siklus menstruasi, buatlah tabel tentang hormon-hormon beserta fungsinya pada saat ibu mengalami kehamilan dan persalinan!

c. Pemberian ASI (Air Susu Ibu)

Air susu ibu terbentuk secara alami melalui pengaruh hormon Prolaktin pada masa akhir kehamilan. Produksi ASI disebut dengan laktasi, terjadi di dalam kelenjar mammae di payudara. Selama kehamilan, estrogen dan progesteron beraksi mengembangkan sistem kelenjar mammae atau kelenjar susu untuk menghasilkan ASI.

Beberapa hari pertama pasca melahirkan, kelenjar susu memproduksi cairan yang kaya akan protein dan laktosa. Hormon prolaktin segera diproduksi oleh kelenjar pituitari untuk menyintesis enzim pemacu produksi ASI. Ketika bayi mengisap susu, pituitari melepas hormon oksitosin yang akan merangsang kontraksi kelenjar susu agar ASI mengalir deras.

ASI yang dihasilkan minggu pertama setelah melahirkan mengandung gizi yang tinggi dan kolostrum, suatu zat yang kaya akan antibiotik. Antibiotik tersebut bermanfaat untuk mencegah infeksi bibit penyakit pada bayi. Bayi akan segera membentuk antibodi sehingga tidak mudah terserang penyakit. ASI yang kaya dengan nutrisi dan antibiotik ini disebut ASI eksklusif. ASI eksklusif diperkirakan berlangsung sampai enam bulan. Itu sebabnya para dokter sangat menganjurkan para ibu untuk memberikan ASI eksklusif minimal 6 bulan dan maksimal 2 tahun. Selama dua tahun, semua kebutuhan nutrisi bayi terkandung di dalam ASI. Selain memenuhi nutrisi, ASI juga mengatur temperatur tubuh bayi agar normal.

6. Prinsip-Prinsip Kontrasepsi

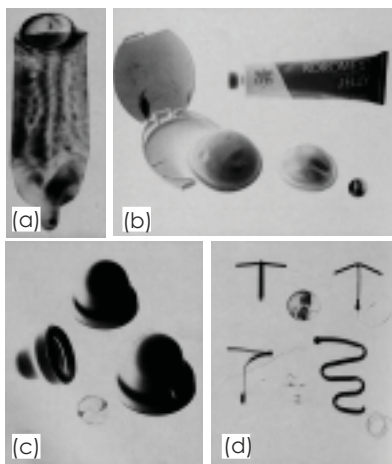
Kontrasepsi berasal dari kata kontra yang berarti mencegah dan konsepsi yang berarti pembuahan. Secara sederhana kontrasepsi dapat diartikan sebagai tindakan mencegah kehamilan. Berdasarkan waktu penggunaan alat kontrasepsi dan teknik penggunaannya, kontrasepsi dibedakan atas dua metode, yaitu permanen dan nonpermanen.

a. Metode Kontrasepsi Permanen

Metode ini disebut juga kontrasepsi menetap, yaitu membuat kemampuan untuk hamil sulit atau tidak dapat dikembalikan. Usaha kontrasepsinya dilakukan dengan cara operasi baik pada wanita maupun pria. Pada wanita dikenal dengan MOW (metode operasi wanita) disebut juga tubektomi. Pada pria dikenal dengan MOP (metode operasi pria) disebut juga vasektomi.

b. Metode Kontrasepsi Nonpermanen

Metode ini disebut juga kontrasepsi tidak menetap, yaitu suatu metode kontrasepsi yang tidak menutup kemungkinan untuk dapat hamil kembali. Metode ini dilakukan dengan berbagai cara.



- 1) Tanpa alat/obat, yaitu dengan memperpanjang masa menyusui, pantang berkala (sistem kalender), atau dengan senggama terputus (*coitus interruptus*).
- 2) Dengan menggunakan alat/obat, misalnya menggunakan pil, susuk, kondom, suntikan, diafragma, tablet busa, dan AKDR/IUD (Alat Kontrasepsi Dalam Rahim/Intra Urine/Device). Peralatan tersebut dapat kamu lihat pada Gambar 9.7.

Gambar 9.7 a. Kondom b. Diafragma dan kontrasepsi yang berbentuk jeli
c. Tudung cerviks d. Beberapa macam IUD

B. Kelainan pada Sistem Reproduksi

Sistem Reproduksi dapat mengalami kelainan dan penyakit. Beberapa kelainan tersebut, di antaranya:

1. Kemandulan

Dalam keadaan normal, seorang laki-laki yang mengalami ejakulasi mengeluarkan cairan semen atau mani sebanyak 4 mililiter setiap kalinya. Dalam 4 ml mani tersebut terkandung 120 juta ekor sperma. Jumlah ini memiliki peluang untuk dapat membuahi sel telur.

Apabila kandungan sperma di bawah angka 120 juta dalam setiap ejakulasi, sudah termasuk tidak subur atau kategori mandul. Bagi wanita,

kesuburan ditandai dengan matangnya satu buah sel telur sekali dalam sebulan. Jika dalam perjalanan hidupnya tidak setiap bulan sel telur yang siap dibuahi, wanita tersebut dikategorikan kurang subur atau mandul.

2. Tidak mampu melakukan fertilisasi
Ketidakmampuan ini termasuk matinya sperma ketika memasuki tuba falopii, berbeda waktu matangnya sel sperma dan sel telur.
3. Testis kosong atau tidak memproduksi sperma.
4. Ovarium kosong atau tidak ada sel telur.
5. Dinding rahim atau endometrium tidak mampu melaksanakan implantasi embrio sehingga terjadi keguguran atau abortus spontan.

Kelainan-kelainan ini dapat ditangani dengan cara-cara sebagai berikut:

1. melakukan teknik bayi tabung;
2. meminjam rahim wanita sehat;
3. pengaturan waktu konsepsi;
4. pembuahan langsung dengan bantuan alat untuk memasukkan sperma langsung ke dalam tuba falopii.

Rangkuman

1. Reproduksi manusia dilakukan secara seksual, dengan alat-alat reproduksi dan bantuan hormon-hormon.
2. Alat reproduksi laki-laki meliputi testis, epididimis, vas deferens, uretra, dan penis, dilengkapi dengan kelenjar vesikula seminalis, kelenjar prostat, dan kelenjar cowper.
3. Pembentukan sel sperma terjadi di dalam tubulus seminiferus pada testis, sedangkan cairan mani atau semen diproduksi secara padu oleh ketiga kelenjar tadi.
4. Alat reproduksi wanita meliputi ovarium, infundibulum, tuba falopi, uterus (rahim), serviks (leher rahim), vagina dan vulva. Pembentukan sel telur terjadi di ovarium, dan pembuahan terjadi di tuba falopi. Jika terjadi pembuahan, embrio mengalami implantasi dan berkembang di dalam uterus.
5. Jika sel telur tidak dibuahi, terjadi menstruasi akibat adanya aktivitas hormon estrogen dan hormon progesteron.

Kata Kunci

epitel
fertilisasi
implantasi

oogenesis
ovarium
ovulasi

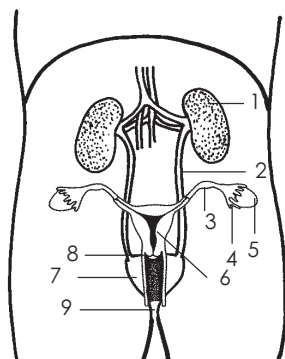
skrotum
spermatogenesis
testis

Evaluasi Akhir Bab

A. Pilih jawaban yang paling tepat.

1. Meiosis pada tubuh laki-laki terjadi di dalam . . .
A. testis
B. kelenjar prostat
C. tuba falopi
D. folikel
E. ovarium
2. Janin yang berkembang di rahim ibu akan memperoleh makanan yang terdapat di . . .
A. endometrium
B. uterus
C. plasenta
D. tuba fallopii
E. tali ari
3. Hampir seluruh wanita usia subur mengalami menstruasi. Arti sebenarnya mensturasi, yaitu . . .
A. rahim mengalami pendarahan
B. folikel de graaf mengalami pemasakan
C. terbentuknya corpus luteum dalam rahim
D. menebalnya dinding rahim
E. meluruhnya dinding rahim
4. Seluruh kegiatan reproduksi manusia diatur oleh bagian otak yang disebut . . .
A. pituitari
B. hipotalamus
C. hipofise
D. talamus
E. serebelum
5. Pada saat implantasi, . . . tertanam dalam lapisan endometrium.
A. zigot
B. gastrula
C. morula
D. blastokist
E. embrio
6. Hormon yang berperan dalam pembentukan dan pematangan spermatozoa dan ovum adalah . . .
A. FSH
B. LH
C. Testosteron
D. Estrogen
E. Oksitoksin

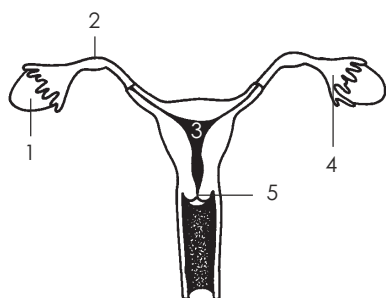
7. Perhatikan gambar berikut ini!



Tubektomi dilakukan terhadap organ nomor

- A. 3
- B. 4
- C. 5
- D. 6
- E. 9

8. Perhatikan gambar berikut ini!



Bagian nomor yang ditunjukkan pada nomor 2 merupakan

- A. tempat terjadinya kopulasi
- B. tempat terjadinya fertilisasi
- C. tempat terjadinya ovulasi
- D. tempat terjadinya implantasi
- E. tempat terjadinya ovum

9. Kontraksi uterus pada saat bayi akan lahir dikendalikan oleh hormon . . .

- A. progesteron dan prolaktin
- B. prostaglandin dan oksitosin
- C. ACH dan kortikosteroid
- D. Estrogen dan prolaktin
- E. Progesteron dan ekstrojen

10. Selama siklus menstruasi, . . . dan . . . disekresi oleh Korpus Luteum di uterus agar terjadi kehamilan.

- A. FSH dan LH
- B. FSH dan testosteron
- C. estrogen dan progesteron
- D. estrogen dan LH
- E. progesteron dan testosteron

11. Untuk menghilangkan keraguan terhadap penggunaan alat KB banyak pasutri (pasangan suami istri) yang memilih program KB menetap atau KB permanen. Salah satu caranya, yaitu
 - A. melaksanakan coitus interruptus
 - B. melakukan tubektomi dan vasektomi
 - C. melaksanakan pantang berkala
 - D. menggunakan kondom
 - E. menggunakan IUD
12. Produksi ASI dipengaruhi langsung oleh hormon
 - A. prolaktin
 - B. oksitosin
 - C. estrogen
 - D. progesteron
 - E. FSH
13. Umumnya, usia kandungan normal manusia adalah
 - A. 30 minggu
 - B. 32 minggu
 - C. 34 minggu
 - D. 36 minggu
 - E. 38 minggu
14. Jika pasangan suami istri sulit memperoleh anak kandung karena tuba falopii mengalami kegagalan pembuahan dapat ditolong dengan cara
 - A. mengatur waktu konsepsi
 - B. meningkatkan jumlah sperma
 - C. meningkatkan kesuburan ibu
 - D. melakukan pembuahan in vitro atau bayi tabung
 - E. memasukkan sperma ke dalam tub falopii dengan alat jarum suntik
15. Sistem pencegahan kehamilan permanen pada pria dilakukan melalui cara
 - A. vasektomi
 - B. tubektomi
 - C. sterilisasi
 - D. penggunaan kondom
 - E. sistem kalender

B. Jawab pertanyaan berikut ini dengan benar.

1. Urutkan nama-nama alat reproduksi laki-laki mulai dari tubulus seminiferus!
2. Apa yang akan dokter lakukan apabila seorang pasien menginginkan kontrasepsi permanen?
3. Apa peranan hormon ACTH yang dikeluarkan oleh bayi dalam kandungan?
4. Jelaskan, dari mana plasenta terbentuk!
5. Mengapa seorang perempuan subur dapat mengalami menstruasi?
6. Sebutkan metode kontrasepsi nonpermanen.
7. Jelaskan pentingnya ASI bagi bayi.
8. Faktor apa saja yang secara alami kadang-kadang dapat menunda masa subur wanita?
9. Tuliskan nama tempat mematangkan sel telur.
10. Bagaimana kembar identik bisa terjadi?



Bab X

Sistem Pertahanan Tubuh



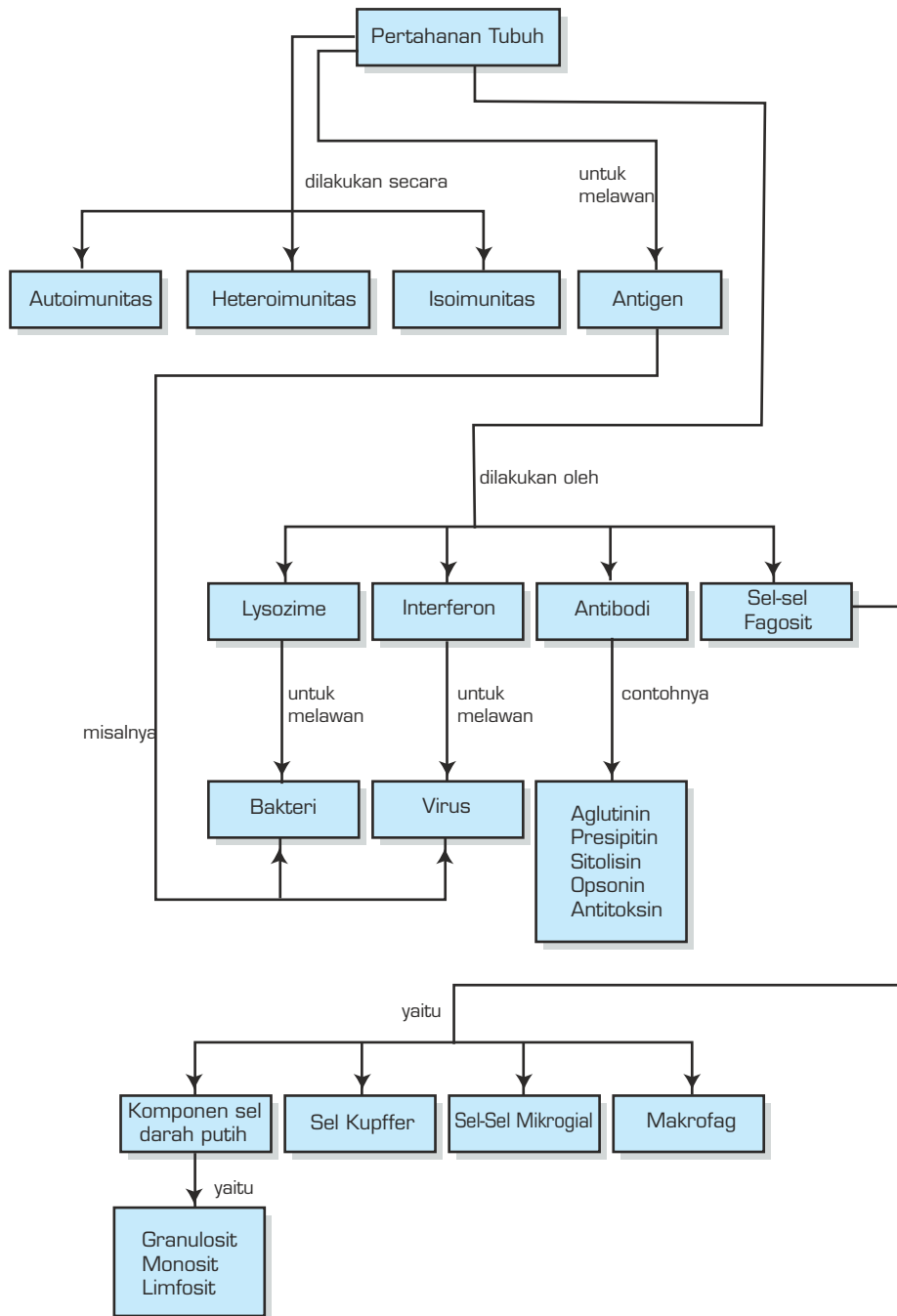
Sumber: *Biology*, Barret

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini, siswa dapat:

1. membedakan antigen dan antibodi;
2. menjelaskan fungsi antigen dan antibodi pada mekanisme pertahanan tubuh;
3. menjelaskan proses mekanisme pertahanan tubuh terhadap benda asing;
4. memprediksi dampak yang terjadi jika pertahanan tubuh lemah.

PETA KONSEP



Kita semua pernah menderita influenza. Tubuh mengalami demam, rasa sakit di seluruh tubuh mulai dari hidung tersumbat, nyeri tenggorokan, sakit kepala, dan seluruh tubuh terasa tidak nyaman. Biasanya influenza ditularkan oleh anggota keluarga, umumnya terjadi pada musim hujan dan masa pancaroba dari kemarau ke musim hujan. Penyakit ini menyerang banyak orang. Mengapa influenza dan penyakit lain dapat menular? Apa yang terjadi dengan daya tahan tubuh ketika suatu penyakit dapat menjangkit di tubuh? Mari kita pahami sistem pertahanan tubuh secara menyeluruh meliputi komponen-komponen yang saling terkait seperti dapat kamu lihat pada bagan konsep di halaman sebelumnya.

A. Mekanisme Pertahanan Tubuh

Sepanjang hidupnya, setiap organisme akan bersentuhan dengan bermacam-macam mikroorganisme dan berbagai parasit. Banyak mikroorganisme dan parasit dapat merusak tubuh, menimbulkan penyakit, bahkan membunuh atau mematikan. Secara alami, tubuh memiliki zat yang berfungsi sebagai alat pertahanan menghadapi ancaman bibit penyakit. Banyak cara tubuh melakukan pertahanan, dan semua cara disebut *kekebalan* atau *imunitas*.

Kekebalan tubuh berkaitan dengan zat asing yang masuk dan zat anti yang melawannya. Kekebalan tubuh atau imunitas merupakan reaksi tubuh terhadap zat asing yang masuk. Umumnya, zat asing itu adalah *makromolekul*. Semua zat yang direspons melalui imunitas disebut *antigen* atau *imunogen*. Apabila antigen masuk ke dalam jaringan tubuh, protein tubuh yang disebut *antibodi* atau *imunoglobulin* segera dikeluarkan, dan sel-sel khusus yang disebut sel T dibentuk. Mikroorganisme dan virus yang berhasil memasuki jaringan tubuh mengandung sejumlah antigen, kemudian terjadi respons imunisasi untuk mencegah dan mengendalikan munculnya penyakit. Pada kasus terjangkitnya influenza yang dipaparkan di awal tulisan, virus penyebab influenza merupakan *antigen*. Ketika virus melakukan invasi jaringan tubuh, antibodi diproduksi oleh limfosit untuk menghancurkan virus. Jika antibodi tidak mampu mencegah invasi tersebut, terjadilah penyakit influenza. Harus kita ketahui bahwa imunisasi terjadi jika antibodi dapat “mengenali” antigennya.

1. Kulit sebagai Pertahanan Mekanik

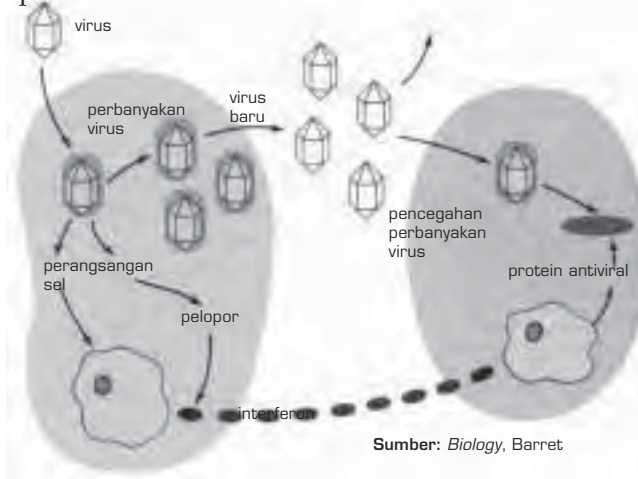
Pertahanan pertama tubuh terhadap serangan kuman-kuman dan benda-benda asing yang datang dari luar dilakukan oleh kulit pada permukaan tubuh atau oleh suatu selaput yang tersusun dari jaringan epitel berikut sekretnya seperti yang terdapat pada saluran pencernaan dan saluran pernapasan.

Sebagai pelindung tubuh, kulit memiliki peran penting di antaranya:

- Melindungi tubuh terhadap serangan kuman, jamur, dan bibit penyakit lainnya.
- Memiliki kemampuan regenerasi sehingga fungsi sebagai pelindung tubuh tetap berlangsung. Apabila terpotong atau tersayat, kulit akan melakukan regenerasi.
- Mengatur suhu tubuh. Kulit manusia dilengkapi dengan kelenjar keringat yang akan menguapkan air beserta sisa metabolisme sel. Berkeringat akan menyebabkan turunnya temperatur tubuh.
- Kulit dilengkapi dengan pigmen yang disebut *melanosit*, untuk melindungi tubuh dari sengatan sinar matahari.
- Kulit dipenuhi dengan ujung saraf-saraf reseptor sebagai penangkap isyarat-isyarat yang berbahaya dari luar tubuh agar tubuh dapat melakukan respons terhadap isyarat atau rangsang tersebut.

2. Sel Khusus dan Zat Khusus untuk Pertahanan Biokimiawi

Sebenarnya tubuh kita memiliki sejumlah zat yang dapat membunuh mikroorganisme. Selain antibodi atau imunoglobulin, tubuh juga menghasilkan *Lysozime*, enzim yang mampu merusak dinding sel bakteri. *Beta Lysin* dibentuk untuk membunuh bakteri yang sedang melakukan sporulasi.



Gambar 10.1 Infeksi virus pada sel merangsang produksi interferon, yang mengaktifkan sintesis protein antiviral, yang dapat menghambat perbanyakan virus baru dalam sel inang.

Contoh lainnya yaitu *interferon*. Interferon adalah protein yang diproduksi sel-sel tubuh segera setelah terjadi infeksi virus. Interferon akan menutup permukaan sel-sel yang belum terinfeksi. Adanya interferon merangsang sel-sel yang sehat untuk memproduksi *antivirus*. Penyelidikan selanjutnya diketahui bahwa interferon efektif pula menekan pertumbuhan sel-sel kanker. Itu sebabnya, interferon diproduksi secara massal melalui teknologi DNA rekombinan meng-gunakan bakteri *Escherchia coli*.

Alat pertahanan tubuh lainnya yaitu sel-sel yang bersifat fagosit, yaitu *sel darah putih granulosit, monosit* dalam peredaran darah, sel Kupffer dalam hati, sel-sel *mikroglial* pada otak, *makrofag* di paru-paru dan *makrofag* pada jaringan limfe. Sel-sel fagosit ini mampu memproduksi zat kimia, *chemotaksin* (baca: komotaksin) untuk merusak bibit penyakit.

Sel-sel makrofag dan beberapa jenis sel darah putih seperti neutrofill dan monosit bersifat fagosit, sedangkan limfosit berperan dalam kekebalan tubuh karena dapat menghasilkan zat-zat antibodi yang sesuai dengan antigen yang akan dilawannya. Zat antibodi merupakan suatu bentuk dari protein darah, yaitu *gammoglobulin* yang umumnya dihasilkan karena adanya rangsangan antigen yang masuk ke dalam tubuh berupa benda-benda asing, virus, ataupun racun (toksin) dari kuman-kuman tersebut. Ada beberapa macam antibodi berdasarkan reaksinya dengan antigen, yaitu aglutinin, presipitin, sitolisin, opsonin, dan antitoksin.

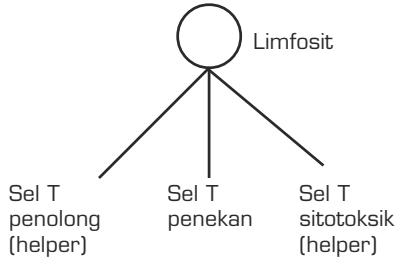
Aglutinin ialah suatu antibodi yang dapat menggumpalkan antigen asing sehingga sel-sel atau kuman-kuman terkumpul menjadi partikel-partikel yang lebih besar. Antibodi lainnya ialah presipitin, yaitu antibodi yang dapat mengendapkan antigen-antigen asing sehingga memudahkan sel-sel fagosit untuk mengangkutnya, seperti dalam proses “pembersihan” limfa pada simpul limfa. *Opsonin*, yaitu suatu jenis antibodi yang dapat bereaksi dengan bahan-bahan tertentu pada dinding sel bakteri untuk memudahkan kerja sel-sel fagosit. *Sitolisin* adalah antibodi yang dapat menghancurkan atau memecahkan sel, misalnya bakteriolisin yang dapat menghancurkan sel bakteri. Contoh lainnya hemolisin dapat memecahkan eritrosit yang sudah tua di dalam limfa dan hati. *Antitoksin*, yaitu antibodi yang dapat menetralisasi atau menawarkan racun (toksin) yang dihasilkan kuman-kuman penyakit atau benda-benda asing yang masuk ke dalam tubuh.

Reaksi tubuh terhadap antibodi kadang-kadang hipersensitivitas, yaitu tanggapan dari jaringan tubuh secara berlebihan terhadap reaksi antibodi-antigen, misalnya berupa alergi yang menyebabkan beberapa gangguan, seperti sesak napas (asma) atau penyempitan pembuluh vena.

3. Bagaimana Limfosit Memerangi Zat Asing

Limfosit adalah jenis sel darah putih, dihasilkan oleh simpul-simpul limfa. Limfosit berperan dalam proses menghadapi infeksi. Jika infeksi terlalu berat, limfosit bisa rusak dan membentuk bengkak bernanah.

Ketika terjadi infeksi, limfosit membentuk tiga macam sel T, yang memiliki fungsi berbeda, yaitu:

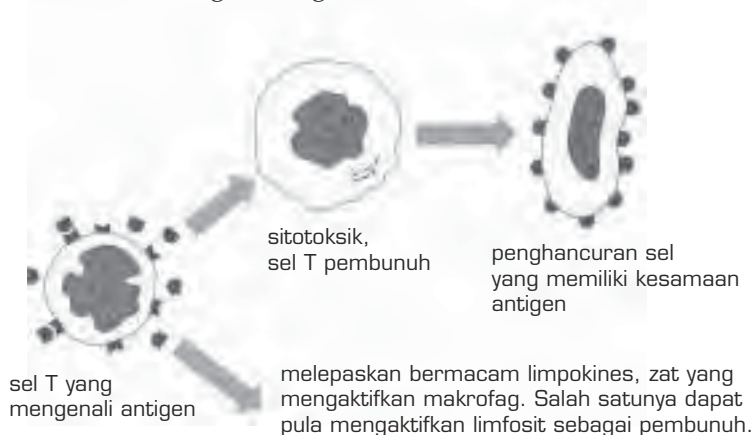


Gambar 10.2 Tiga macam sel T

- Sel T sitotoksik (killer), berfungsi membunuh sel-sel berbagai bibit penyakit, dan sel kanker.
- Sel T penekan mempunyai efek menstabilkan jumlah sel killer.
- Sel T penolong (helper) membantu zat antibodi dan sel B penghasil antibodi. (Perhatikan Gambar 10.2)

Seperti telah dijelaskan di depan, reaksi tubuh terhadap masuknya antigen menyebabkan pembentukan alat pertahanan berupa zat kimia yang disebut *antibodi*. Antibodi dihasilkan oleh limfosit, berupa sel T maupun sel B. Beda antara sel T dan sel B adalah sel T langsung menyerang antigen, sel B memproduksi zat kimia yang akan merusak antigen. Sel B akan bekerja efektif apabila dibantu/dirangsang oleh sel T penolong (helper). Cara kerja sel T dengan sel B sebagai berikut.

- Antigen menginfeksi tubuh.
- Sel T mengenali antigen tersebut dan segera mengikatnya.
- Sel T sitotoksik atau pembunuh akan menghancurkan sel asing/ antigen.
- Sel B di dalam organ-organ limfa mengeluarkan antibodi yang segera berinteraksi dengan antigen.



Sumber: *Biology*, Barret

Gambar 10.3 Cara sel T bekerja menghadapi bibit penyakit

B. Macam-Macam Imunitas (Pertahanan Tubuh)

Imunitas dapat dibedakan menjadi imunitas alami dan imunitas buatan. Imunitas alami, yaitu kekebalan yang sudah dimiliki seseorang sejak lahir, misalnya kekebalan manusia terhadap penyakit-penyakit hewan atau dikenal sebagai kekebalan spesies walaupun ada juga penyakit hewan yang dapat menular pada manusia, misalnya penyakit tuberkulosis dari sapi yang ditularkan melalui susu sapi, penyakit antraks dari biri-biri dan sapi serta beberapa penyakit lainnya. Imunitas buatan, yaitu kekebalan yang diperoleh seseorang selama hidupnya, imunitas ini dapat dibedakan lagi menjadi imunitas aktif dan imunitas pasif. Timbulnya imunitas aktif disebabkan oleh adanya rangsangan antigen tertentu dari kuman atau benda asing yang masuk ke dalam tubuh secara kebetulan atau sengaja sehingga tubuh menghasilkan antibodi tertentu pula sesuai dengan antigen yang harus dilawan. Masuknya antigen secara kebetulan, misalnya karena terinfeksi kuman penyakit campak, cacar air, atau gondong, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

Istilah “vaksinasi” digunakan untuk menyatakan upaya tubuh membangkitkan kekebalan terhadap suatu penyakit secara sengaja, yaitu dengan memasukkan antigen tertentu ke dalam tubuh. Antigen yang sudah tidak membahayakan inti disebut vaksin. Ada beberapa macam vaksin yang dikelompokkan berdasarkan jenis antigen yang terkandung di dalamnya, yaitu sebagai berikut (Gambar 10.3).

1. Toksoid yaitu larutan toksin diubah melalui perlakuan-perlakuan kimia dan fisika sehingga tidak bersifat racun lagi terhadap tubuh.
2. Bakteri atau virus yang sudah dimatikan oleh sinar ultraungu, pemanasan, atau secara kimia, misalnya vaksin Salk pencegah kelumpuhan pada anak-anak karena polio.
3. Bakteri atau virus yang sudah dilemahkan sehingga hanya menimbulkan infeksi ringan dalam waktu singkat, misalnya, vaksin cacar, tuberkulosis, antraks, dan vaksin *Sabin* pencegah polio.
4. Antigen yang telah dipisahkan dari kuman penyebab penyakit tertentu, misalnya antigen yang diperoleh dari bakteri penyakit pneumonia.

Imunitas aktif biasanya diperoleh beberapa minggu setelah vaksinasi dan berguna sebagai tindak pencegahan terhadap beberapa penyakit, misalnya batuk rejan (pertusis), cacar (variola), hepatitis, polio, difteri, dan campak. Kekebalan tersebut dapat bertahan sampai bertahun-tahun bahkan ada yang seumur hidup. *Imunitas pasif* dilakukan dengan cara memasukkan antibodi tertentu dalam bentuk serum, yaitu plasma darah yang sudah tidak mengandung fibrinogen. Dalam hal ini tubuh kita berperan aktif untuk mendapatkan kekebalan tersebut. Kekebalan yang diperoleh dengan cara ini biasanya bersifat sementara, yaitu berkisar dari beberapa minggu sampai beberapa bulan.

Serum yang mengandung antibodi diperoleh dari manusia atau hewan, seperti kuda dan kelinci yang tubuhnya telah diberi antigen dari kuman penyakit tertentu. Beberapa serum yang telah lama dikenal, misalnya serum yang mengandung antibodi terhadap kuman tetanus, difteri, campak, gondong, cacar, dan rabies. Imunitas pasif dapat juga berasal dari tubuh ibu yang masuk ke tubuh fetus melalui plasenta.. Hal ini sangat penting untuk melindungi bayi pada minggu-minggu pertama kelahiran terhadap beberapa penyakit. Zaat antibodi dapat juga diberikan dari ibu yang baru melahirkan melalui air susunya.

C. Imunitas Khusus

Menghadapi kenyataan terjangkitnya cacar, demam kuning, dan berbagai penyakit menular lainnya, timbul upaya para ahli dan dokter untuk melakukan *imunisasi buatan*. Edward Jenner, berkebangsaan Inggris merintisnya pada akhir abad ke-18. Caranya dengan melemahkan bibit cacar, kemudian menyuntikkannya ke dalam tubuh orang-orang sehat. Tujuan imunisasi ini untuk memancing antibodi bekerja melawan bibit penyakit. Diharapkan jika bibit penyakit yang sebenarnya masuk, antibodi yang sudah terlatih ini mampu melumpuhkannya.



Sumber: *Biology*, Barret

Gambar 10.4 Louis Pasteur sedang memerhatikan asistennya melakukan vaksinasi rabies.

Langkah Edward Jenner diikuti oleh Louis Pasteur (1822 - 1895) dengan membuat vaksin anthrax dan rabies (Gambar 10.4). Untuk menghormati Jenner, Pasteur memberi nama “vaksin” untuk setiap zat yang dibuat dengan cara melemahkan bibit penyakit. Melakukan injeksi vaksin disebut *vaksinasi*, dengan tujuan membagkitkan kekebalan terhadap suatu penyakit secara sengaja.

Imunitas khusus atau imunisasi buatan dibedakan menjadi *imunitas aktif* dan *imunitas pasif*. Imunitas yang dilakukan Edward Jenner adalah imunitas aktif.

Imunitas pasif dilakukan dengan cara memasukkan *serum* atau *antibodi*, yaitu plasma darah yang sudah tidak mengandung fibrinogen. Serum diperoleh dari plasma darah hewan, sedangkan antibodi diperoleh dari

plasma darah manusia. Kekebalan yang diperoleh hanya beberapa minggu sampai beberapa bulan. Imunisasi pasif dilakukan untuk mencegah beberapa penyakit, di antaranya difteri, campak, gondong, dan cacar. Pencegahannya dengan menyuntikkan antibodi. Selain itu juga untuk mencegah anthrax, tetanus, dan rabies dengan cara menyuntikkan serum.

Secara alami, imunitas pasif dapat terjadi ketika ibu mentransfer antibodi kepada bayi yang sedang dikandung melalui plasenta. Antibodi dapat pula diberikan ibu kepada bayi melalui ASI yang mengandung kolostrum. Kolostrum ini terkandung dalam ASI eksklusif pada minggu-minggu awal menyusui.

D. Immunodefisiensi

Apabila respons kekebalan sangat rendah atau bahkan hilang, seseorang dikatakan mengalami *immunodefisiensi*. Immunodefisiensi menyebabkan tubuh rentan terhadap infeksi bibit penyakit. Orang yang mengalami immunodefisiensi tiba-tiba mudah terinfeksi mikroba. Pada beberapa kasus, tiba-tiba menderita kanker.



Sumber: *Biology*, Barret

Gambar 10.5 Anak ini lahir tanpa memiliki sistem imun, tidak mampu bertahan dari infeksi bibit penyakit. Dia harus mengenakan pakaian khusus, menutupi ujung kaki sampai kepala.

Imunodefisiensi terjadi mungkin karena dirusaknya sel B atau sel T, atau keduanya. Sel B dan sel T adalah sel-sel yang dihasilkan oleh limfosit yang berperan dalam merusak antigen.

Melalui percobaan terhadap hewan, didapati apabila sel T dan sel B dipulihkan, fungsi kekebalan tubuh pun pulih kembali. Banyak penderita imunodefisiensi ditransplantasi kelenjar thymus dan sumsum tulang, kemampuan imunitasnya pulih. Tentu kita semua memahami tentang penyakit AIDS (*Acquired Immune Deficiency Syndrom*). Mereka menjadi salah satu fokus dan prioritas utama masyarakat untuk disembuhkan. Penderita AIDS dapat terjangkit segala macam penyakit. Penyakit ringan pun dapat menjadi pembunuh mereka.

T u g a s

Kunjungi Puskesmas. Kumpulkan informasi tentang imunisasi yang dilaksanakan di Indonesia. Laporkan hasilnya dalam bentuk makalah. Kamu dapat memanfaatkan makalah ini untuk membantu menginformasikan pentingnya imunisasi kepada teman-teman di sekolah dan tetangga di rumah.

INFO BIOLOGI



Sumber: Biology, Barret

EDWARD JENNER Perintis Vaksinasi (1766 – 1843)

Meskipun imunobiologi merupakan disiplin ilmu yang relatif baru, tetapi konsep imunitas sebagai kekebalan tubuh terhadap infeksi bibit penyakit sudah ada sejak masyarakat terjangkit penyakit menular, seperti cacar dan rabies.

Edward Jenner, ilmuwan berkebangsaan Inggris merupakan ilmuwan pertama yang melakukan imunisasi buatan, pada akhir abad ke 18. Jenner melakukan penyelidikan terhadap para petani di Inggris yang menderita semacam cacar sapi, penyakit yang menyebar di sekitar peternakan sapi perah dan masyarakatnya. Petani yang telah mengidap cacar sapi tidak pernah menderita cacar air.

Cacar air bukan saja fatal (10 - 40 persen yang terkena meninggal, dan anak-anak mudah terkena), tetapi bila sembuh meninggalkan bekas bopeng. Cacar sapi lebih ringan, penderita yang sembuh, kulitnya kembali bersih, tidak ada noda bekas cacar.

Diam-diam selama 20 tahun Jenner meneliti dan melakukan penyuntikan bibit cacar air terhadap orang-orang yang pernah menderita cacar sapi. Jenner kemudian secara hati-hati melakukan imunisasi cacar sapi kepada masyarakat lainnya. Hasilnya mereka tetap sehat. Bahkan anak usia 4 tahun pun setelah diimunisasi, tidak pernah menderita kedua macam cacar tersebut. Seperti Jenner harapkan, imunisasi virus cacar sapi hanya menyebabkan demam ringan pada anak-anak. Ketika Jenner mengulang imunisasi tersebut, anak tersebut tidak menunjukkan gejala sakit.

Pada tahun 1800, Edward Jenner melakukan imunisasi di seluruh Inggris bahkan di negara-negara Eropa lainnya. Imunisasi yang kemudian dikenal dengan nama vaksinasi, mulai dilakukan di Amerika pada tahun 1805. Napoleon memerintahkan seluruh prajurit Prancis untuk divaksinasi.

Rangkuman

1. Sebagai makhluk hidup, manusia akan mengalami kontak dengan makhluk hidup lain yang ada di sekelilingnya.
2. Kontak yang biasa terjadi yaitu dengan mikroorganisme dan parasit, tetapi tubuh manusia telah dilengkapi dengan sistem pertahanan tubuh.
3. Sel darah putih berperan karena bersifat *fagosit*, dapat melawan bibit penyakit yang masuk ke dalam tubuh.
4. Limfosit berperan membentuk antibodi, demikian pula plasma darah yang dialirkan khusus dalam pembuluh limfe menghasilkan antibodi.
5. Selain limfosit, monosit juga memproduksi makrofag untuk mencegah zat asing yang masuk ke dalam tubuh. Ada yang lainnya juga, di antaranya sel kupffer, beta lysin, Lysozime, dan interferon. Semua antibodi tersebut berperan melawan antigen.
6. Pertahanan tubuh selanjutnya disebut imunitas, dan upaya membangkitkan pertahanan tubuh disebut imunisasi. Imunisasi terdiri atas imunisasi alami dan imunisasi buatan. Imunisasi buatan dilakukan melalui vaksinasi.

Kata Kunci

<i>antigen</i>	<i>imunogen</i>
<i>antibodi</i>	<i>interferon</i>
<i>fagosit</i>	<i>serum</i>
<i>imunisasi</i>	<i>vaksin</i>
<i>imunitas</i>	<i>vaksinasi</i>

Evaluasi Akhir Bab

A. Pilih jawaban yang paling tepat.

1. Reaksi imunisasi ketika virus atau bakteri menginfeksi tubuh, yaitu terjadinya reaksi antara . . .
A. Antibodi – Imunoglobulin D. Limfosit – Virus
B. Antibodi – Antigen E. Leukosit – Bakteri
C. Antigen – Imunogen

Berikut ini istilah-istilah yang berhubungan dengan imunitas.

- | | | |
|-------------|---------------|-------------------|
| 1. Makrofag | 4. Betalysin | 7. Sel Kupffer |
| 2. Sel B | 5. Lysozom | 8. Sel Mikroglial |
| 3. Sel T | 6. Interferon | |

Soal nomor 2 sampai nomor 4, berdasarkan istilah tersebut.

2. Seorang perokok dengan sadar akan memasukkan racun rokok ke dalam paru-parunya. Padahal dia telah mengancam kekuatan imunitas paru-paru yang mengandalkan . . . sebagai penghancur racun rokok tersebut.
A. 1 D. 7
B. 4 E. 8
C. 6
3. Tubuh memiliki keistimewaan, justru ketika virus melakukan infeksi ke dalam sel. Tubuh segera membentuk zat yang bermanfaat untuk pertahanan tubuh. Zat tersebut adalah . . .
A. 8 D. 5
B. 7 E. 4
C. 6

4. Banyak bakteri menjadi patogen ketika sedang melakukan sporulasi. Tubuh akan bereaksi terhadap ancaman ini dengan memproduksi
- A. 1
 - B. 2
 - C. 3
 - D. 4
 - E. 5
6. Bayi akan memiliki kekebalan yang ditransfer dari ibunya melalui ASI. Imunisasi seperti ini dikategorikan sebagai
- A. Imunisasi aktif
 - B. Imunisasi pasif
 - C. Imunisasi alami
 - D. Imunisasi aktif alami
 - E. Imunisasi pasif alami
7. Jika digigit anjing, segeralah ke dokter untuk mendapatkan kekebalan terhadap penyakit rabies. Dokter akan memberikan suntikan
- A. serum kuda
 - B. serum anjing
 - C. serum sapi
 - D. antibodi kuda
 - E. antibodi Anjing
8. Kamu tentu pernah diberi vaksinasi DPT agar tidak terjangkit
- A. penyakit TBC
 - B. penyakit difteri
 - C. kolera dan disentri
 - D. difteri, pertusis, dan tetanus
 - E. disentri, pertusis dan tetanus
9. Vaksinasi yang dilakukan secara oral, di antaranya vaksinasi
- A. BCG
 - B. Cacar
 - C. Polio
 - D. DPT
 - E. Anthraks
10. Pada kasus imunodefisiensi, orang yang menderita mengalami kerusakan
- A. monosit
 - B. limfosit
 - C. sel B
 - D. sel T
 - E. sel B dan sel T

B. Jawab pertanyaan berikut ini dengan benar.

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan vaksin.
2. Ceritakan secara singkat apa yang dilakukan oleh Edward Jenner.
3. Mengapa orang yang divaksinasi biasanya mengalami demam?
4. Apa keuntungan ditemukannya pengetahuan tentang Interferon?
5. Jelaskan apa yang menyebabkan penderita AIDS bisa tewas akibat AIDS itu sendiri?

Evaluasi Akhir Tahun

A. Pilih jawaban yang paling tepat.

1. Pernyataan yang sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa sel merupakan unit struktural makhluk hidup adalah . . .
 - A. di dalam sel terdapat berbagai aktivitas kehidupan
 - B. semua organisme baik hewan maupun tumbuhan tersusun atas sel
 - C. di dalam sel terkandung substansi pembawa sifat keturunan
 - D. sel dengan bagian-bagiannya mempunyai fungsi yang khusus
 - E. membran sel, sitoplasma, nukleus, dan organel menyusun sistem sel yang kompak
2. Retikulum endoplasma dibedakan menjadi retikulum endoplasma halus dan kasar berdasarkan . . .
 - A. fungsi retikulum endoplasma
 - B. struktur membran pembentuk retikulum endoplasma
 - C. letaknya terhadap inti di dalam sitoplasma
 - D. ada tidaknya ribosom yang menempel pada retikulum
 - E. panjang pendeknya saluran retikulum endoplasma
3. Zat yang disekresikan lisosom, di dalam tubuh manusia berhubungan dengan . . .
 - A. proses tumbuhnya jaringan baru pada bagian tubuh luka
 - B. terhindarnya infeksi kuman yang masuk ke dalam tubuh
 - C. berlangsungnya penyusunan protein pembangun tubuh
 - D. proses penyusunan energi untuk aktivitas kehidupan
 - E. pembentuk membran berbagai organel sel
4. Arteriosklerosis merupakan kelainan sistem sirkulasi yang disebabkan oleh . . .
 - A. gangguan proses pembekuan darah
 - B. pengerasan pembuluh darah oleh senyawa lemak
 - C. produksi sel-sel darah putih tak terkendali
 - D. gumpalan lemak pada nadi
 - E. pengerasan pembuluh darah oleh zat kapur
5. Perhatikan gambar organel mitokondria berikut!
Bagian yang ditunjuk pada gambar merupakan . . .
 - A. membran luar
 - B. DNA
 - C. matriks
 - D. krista
 - E. ribosom

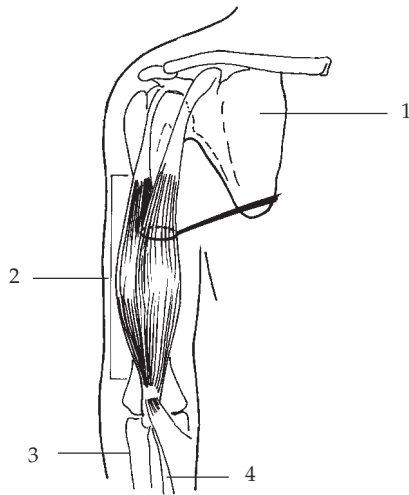


6. Kontraksi otot bisep menghasilkan gerak
- rotasi, yaitu gerak melingkari satu sumbu sentral
 - ekstensi, yaitu gerak meluruskan tangan
 - fleksi, yaitu gerak membengkokkan tangan
 - abduksi, yaitu gerak tungkai menjauhi sumbu tubuh
 - adduksi, yaitu gerak tungkai mendekat
7. Berbagai jaringan akan membentuk suatu organ. Jaringan di bawah ini yang bukan penyusun organ usus adalah
- epitel kolumnar
 - pengikat longgar
 - otot polos
 - otot lurik
 - epitel kelenjar
8. Pada tumbuhan terdapat bermacam-macam jaringan dan masing-masing memiliki fungsi khusus. Di bawah ini macam jaringan dan fungsi yang tidak benar adalah

	Macam Jaringan	Fungsi
A	epidermis	proteksi
B	parenkim	penyokong
C	kolenkim	penyokong
D	xilem dan floem	pembuluh
E	sklerenkim	penyokong

9. Suatu kecambah tanaman yang mulai tumbuh diletakkan pada suatu tempat dan diberi cahaya dari arah kanan. Pernyataan yang benar tentang pertumbuhan kecambah di atas adalah
- mengalami pembengkokan ke arah kiri
 - mengalami pembengkokan ke arah kanan
 - auksin akan aktif di daerah yang kena cahaya
 - batang membengkok ke sisi yang gelap
 - batang akan tumbuh lurus ke atas
10. Otot sebagai alat gerak aktif memiliki kemampuan ekstensibilitas. Ekstensibilitas menunjukkan kemampuan otot untuk
- berkerut
 - memanjang
 - berkontraksi
 - memendek
 - kembali ke semula

11.



Tulang penyusun lengan manusia yang ditunjukkan nomor 1, 3, dan 4 di samping ini adalah . . .

	1	3	4
A.	femur	radius	metakarpal
B.	skapula	ulna	radius
C.	femur	tarsal	metatarsal
D.	skapula	radius	ulna
E.	femur	tibula	metatarsal

12. Jaringan yang tidak termasuk ke dalam jaringan penunjang adalah . . .

- A. skelereid
- B. serat
- C. kolenkim
- D. sklerenkim
- E. parenkim

13. Sel penutup pada stomata adalah pasangan sel epidermis yang . . .

- A. mengandung kloroplas
- B. tidak mengandung kloroplas
- C. tidak berpigmen
- D. banyak mengandung CO_2
- E. mengandung pigmen nonklorofil

14. Rangka tubuh manusia sewaktu embrio masih berbentuk kartilago (tulang rawan). Perubahan untuk menjadi tulang keras, karena adanya . . .

- A. osteoklas
- B. osteoblas
- C. osifikasi
- D. kondrioblas
- E. sel-sel mesenkim

15. Untuk melakukan kontraksi otot diperlukan energi yang diperoleh dari perubahan kimia di bawah ini, *kecuali*
- A. Glukosa + O₂ $\rightarrow$ CO₂ + H₂O + energi
 B. ADP $\rightarrow$ AMP + P + energi
 C. kreatin fosfat $\rightarrow$ kreatin + fosfat + energi
 D. AMP $\rightarrow$ P + energi
 E. ATP $\rightarrow$ ADP + P + energi
16. Seorang anak yang jatuh terduduk dan mengalami kelainan pada punggungnya, kemungkinan dia mengalami kelainan pada tulang belakang yang disebut
- A. lordosis
 B. skoliosis
 C. rakhitis
 D. kifosis
 E. artritis
17. Pernyataan yang menunjukkan perbedaan antara eritrosit dan leukosit pada manusia yang benar berdasarkan data di bawah ini adalah

	Perbedaan	Eritrosit	Leukosit
A.	Bentuk	tidak teratur	bikonkaf
B.	Perbandingan	500	1
C.	Inti	ada	tidak ada
D.	Fungsi	pertahanan	transpor oksigen
E.	Tempat dibentuk	kelenjar limfa	tulang spons

18. Berikut ini beberapa penyebab terjadinya proses bernapas.
1. Tulang rusuk terangkat ke atas dan ke depan.
 2. Otot diafragma berkontraksi.
 3. Otot-otot antartulang rusuk berkontraksi.
 4. Rongga dada membesar.
 5. Tekanan intrapleura menurun.
- Urutan fase inspirasi adalah nomor
- A. 1 - 2 - 3 - 4
 B. 1 - 2 - 4 - 5
 C. 2 - 3 - 4 - 5
 D. 3 - 1 - 4 - 5
 E. 3 - 1 - 5 - 4

19. Seorang pelajar sedang beristirahat setelah berolahraga. Manakah pernyataan yang benar tentang kandungan ATP dan ADP di dalam tubuhnya pada saat dia istirahat?
- Jumlah ATP meningkat, ADP menurun
 - Jumlah ADP meningkat, ATP menurun
 - Jumlah ATP dan ADP tidak berubah
 - Jumlah ATP dan ADP menurun
 - Jumlah ADP menurun, ATP tetap
20. Sistem koordinasi meliputi kerja sama antara
- sistem saraf dan sistem hormon
 - sistem saraf dan sistem indra
 - sistem indra dan sistem hormon
 - sistem saraf dan sistem sirkulasi
 - sistem sirkulasi dan sistem hormon
21. Perhatikan gambar sel saraf berikut ini!



- Bagian pada gambar yang merupakan badan sel, dendrit, neurilema, dan akson berturut-turut
- | | |
|-------------------|-------------------|
| A. 1, 2, 3, dan 4 | D. 3, 4, 2, dan 1 |
| B. 3, 2, 4, dan 1 | E. 4, 3, 2, dan 1 |
| C. 3, 2, 1, dan 4 | |
22. Jika kita menderita pilek, kita akan kehilangan rasa atau selera makan. Hal ini disebabkan oleh
- di dalam rongga hidung banyak lendir
 - sel-sel saraf pembau mengalami gangguan
 - lidah tertutup oleh ludah yang disekresi
 - sel-sel saraf pengecap mengalami gangguan
 - suhu tubuh yang melebihi normal
23. Salah satu reseptor yang terdapat pada kulit adalah Corpus Krause. Reseptor ini merasakan
- | | |
|-----------|----------|
| A. panas | D. kasar |
| B. dingin | E. halus |
| C. nyeri | |

24. Jika kita berjalan pada malam hari, bagian mata yang paling berperan, yaitu
- A. sel batang
 - B. sel kerucut
 - C. bintik kuning
 - D. koroid
 - E. vitreus humor
25. Urutan yang benar bagian telinga yang dilewati oleh suara adalah
- A. martil - labirin - kohlea - organ korti
 - B. sanggurdi - kohlea - organ korti - labirin
 - C. martil - sanggurdi - organ korti - kohlea
 - D. membran tympani - kohlea - tingkap oval
 - E. martil - membran tympani - kohlea - organ korti
26. Hormon-hormon yang bekerja antagonis terjadi pada
- A. insulin dan tiroksin
 - B. FSH dan LH
 - C. insulin dan adrenalin
 - D. progesteron dan prolaktin
 - E. adrenalin dan tiroksin
27. Apabila seorang ayah memiliki rhesus positif dan ibu rhesus negatif, pernyataan yang benar adalah
- A. semua anak yang dilahirkan akan meninggal sebab akan terjadi penggumpalan darah
 - B. keturunan pertama lahir selamat, pada tubuh ibu terbentuk antirhesus
 - C. semua anak yang dilahirkan selamat, tubuh ibu tidak mengalami perubahan
 - D. jika keturunan pertama rhesus positif, anak tersebut akan meninggal karena terjadi hubungan darah antara anak dan ibu
 - E. si ibu dapat meninggal karena terjadi penggumpalan darah
28. Jaringan otot yang serabutnya tidak memiliki percabangan, sistem kerjanya dipengaruhi oleh saraf otonom, warnanya polos, berbentuk gelendongan dan sifat kerjanya lambat. Ciri otot tersebut dapat kita temukan pada
- A. otot biseps
 - B. jantung
 - C. otot wajah
 - D. lambung
 - E. lidah
29. Mekanisme gerak pada tubuh manusia terjadi sebagai hasil kerja sama antara tulang/rangka dan otot. Macam kerja sama otot dan tulang yang ditimbulkan pada waktu berjalan kaki adalah gerakan
- A. rotasi dan sirkulasi
 - B. ekstensi dan fleksi
 - C. depresi dan elevasi
 - D. abduksi dan adduksi
 - E. supinasi dan pronasi

30. Berdasarkan tabel data uji makanan yang dilakukan beberapa siswa, bahan makanan berikut yang banyak mengandung protein, glukosa, dan amilum adalah . . .

Bahan Makanan	Uji makanan dengan menggunakan reagen			
	Biuret	Fehling A + B	Lugol	Kertas Karton
A.	Gumpalan ungu	Biru ungu	Merah bata	Membayang
B.	Endapan putih	Hijau kebiruan	Hitam	Tak membayang
C.	Gumpalan violet	Merah bata	Hitam	Membayang
D.	Merah bata	Biru tua	Ungu	Membayang
E.	Gumpalan ungu	Merah darah	Coklat muda	Membayang

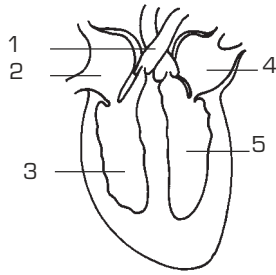
31. Fungsi ginjal yang erat hubungannya dengan usaha untuk menjaga keseimbangan adalah . . .
- mengeluarkan zat yang berlebihan
 - melakukan augmentasi zat yang tidak berguna
 - mengekskresikan zat yang beracun
 - mengadakan filtrasi zat yang berguna
 - melakukan reabsorpsi zat yang berguna
32. Berikut ini adalah fungsi hati, *kecuali* . . .
- menyimpan gula dalam bentuk glikogen
 - tempat pembongkaran sel darah merah
 - menawarkan racun yang masuk ke dalam tubuh
 - menghasilkan enzim-enzim pencernaan
 - tempat pembakaran dan pembentukan protein
33. Uremia dapat terjadi akibat kerusakan pada glomerulus karena infeksi kuman. Penyakit ini disebut . . .
- polynuria
 - albuminuria
 - diabetes melitus
 - nefritis
 - anuria
34. Mekanisme pernapasan disebabkan oleh beberapa perubahan sebagai berikut.
- Diafragma mendatar.
 - Tulang rusuk tertekan.
 - Tulang rusuk terangkat.
 - Otot diafragma berkontraksi.
 - Volume rongga dada mengecil.
 - Volume rongga dada membesar.
 - Otot-otot tulang rusuk luar berkontraksi.

8. Otot-otot antar tulang rusuk dalam berkontraksi.
9. Tekanan udara dalam rongga dada lebih kecil daripada di luar.
10. Tekanan udara dalam rongga dada lebih besar daripada di luar.

Mekanisme inspirasi pernapasan dada secara berurutan adalah

- A. 1 - 4 - 5 - 10
- B. 4 - 8 - 5 - 9
- C. 7 - 2 - 6 - 10
- D. 7 - 3 - 6 - 9
- E. 8 - 2 - 5 - 10

35.



Gambar di samping ini menunjukkan potongan vertikal jantung manusia dilihat dari arah depan. Tekanan darah yang paling tinggi terjadi pada bagian

- A. 1
- B. 2
- C. 3
- D. 4
- E. 5

36. Perhatikan ciri-ciri darah berikut ini.

1. Bentuk bervariasi.
2. Mengandung haemoglobin.
3. Bergerak ameboid.
4. Tidak mempunyai inti sel.
5. Bersifat fagositosis.
6. Berwarna bening.
7. Plasma bergranulosit atau agranulosit.
8. Bentuk cairan bikonkaf.

Sel-sel darah yang berfungsi sebagai pertahanan tubuh dari kuman penyakit, mempunyai ciri-ciri

- A. 1, 2, 3, 4, 5, 7
- B. 1, 3, 4, 5, 6, 7
- C. 2, 4, 5, 6, 8
- D. 3, 5, 6, 7, 8
- E. 1, 3, 5, 6, 7

37. Tabel macam-macam otot dan sifatnya

No.	Sifat	Otot polos	Otot lurik	Otot jantung
1.	Keadaan inti	Satu, di tepi	Banyak, di tepi	Satu, di tengah
2.	Serat lintang	Ada	Ada	Tidak ada
3.	Bentuk sel	Gelendong	Silindris	Silindris bercabang
4.	Tempat	Jantung	Kerangka	Pembuluh darah

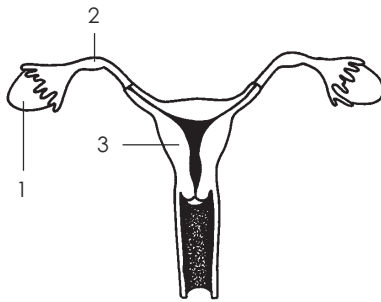
Ciri yang dimiliki masing-masing otot yang benar adalah . . .

- A. 1 dan 2
- B. 1 dan 3
- C. 2 dan 3
- D. hanya 3
- E. hanya 4

38. Pil KB dan suntik KB merupakan zat kimia yang mengandung hormon pencegah ovulasi. Artinya, dalam pil dan cairan yang disuntikkan terdapat hormon . . .

- A. follicle stimulating hormone
- B. progesteron
- C. lutenizing hormone
- D. testosteron
- E. androgen

39. Perhatikan gambar alat reproduksi dalam wanita berikut ini. Bagian yang ditunjukkan pada no. 2 merupakan tempat terjadinya



- A. kopulasi
- B. fertilisasi
- C. ovulasi
- D. implantasi
- E. pembentukan ovum

40. Hormon yang berperan dalam pembentukan dan pematangan spermatozoa dan ovum adalah . . .

- A. FSH
- B. LH
- C. testosteron
- D. estrogen
- E. oksitosin

41. Antigen yang sangat penting dalam pertahanan tubuh adalah . . .

- A. nukleotida
- B. trigliserida
- C. steroid
- D. protein
- E. lipida

42. Berikut ini yang akan menjadi sasaran racun Sel T adalah . . .

- A. partikel virus dalam darah
- B. virus yang menginfeksi sel tubuh atau sel-sel tumor
- C. parasit dalam organ hati
- D. sel bakteri
- E. serbuk sari pada saluran lendir hidung

43. Antibodi akan bekerja baik melawan
- A. patogen dalam sel
 - B. patogen luar sel
 - C. racun-racun di luar sel
 - D. patogen dan racun-racun di luar sel
 - E. patogen dan racun baik yang di dalam sel maupun yang di luar sel
44. Makrofag merupakan jenis sel turunan dari
- A. basofil
 - B. monosit
 - C. nutrofil
 - D. eosinofil
 - E. leukosit
45. Berikut ini yang dapat mencegah berbagai patogen masuk ke permukaan tubuh adalah
- A. kulit yang sehat dan selaput lendir
 - B. air mata, liur, cairan lambung
 - C. bakteri yang hidup dalam tubuh
 - D. aliran urine
 - E. pencernaan yang sehat

B. Jawablah pertanyaan berikut ini dengan benar.

46. Apabila seseorang telah melakukan kegiatan fisik yang berat, akan timbul lelah dan pegal pada otot. Mengapa rasa lelah dan pegal pada otot tersebut dapat terjadi? Jelaskan!
47. Lengkung refleks merupakan unit fungsional dari sistem saraf. Jelaskan dibangun oleh apa lengkung refleks ini.
48. Coba kamu jelaskan tentang proses pembekuan darah. Faktor-faktor apa yang dapat menghalangi berlangsungnya proses tersebut?
49. Proses pengambilan air dan zat-zat hara dari dalam tanah pada tumbuhan akan melibatkan proses osmosis, transpor aktif, dan difusi, baik difusi aktif maupun difusi pasif. Jelaskan perbedaan antara transpor aktif dan difusi.
50. Untuk kelangsungan hidupnya manusia memerlukan makanan yang selanjutnya makanan tersebut akan dicerna menjadi sari-sari makanan yang siap diserap oleh usus.
- a. Sebutkan bahan-bahan makanan yang diperlukan tubuh.
 - b. Jelaskan proses kimia metabolisme bahan makanan tersebut hingga menjadi molekul-molekul sederhana yang siap diserap villus usus. Sebutkan organ tempat pencernaannya.

GLOSARIUM

A

Aglutinin, 103, 105, 267	antibodi yang menggumpalkan antigen asing.
Anemia, 100, 113	kekurangan sel darah merah.
Angiospermae, 38	tumbuhan yang bijinya terdapat di dalam bakal buah.
Antibodi, 105, 265, 267, 268, 269, 270, 270, 271	zat yang dibentuk dalam darah untuk memusnahkan bakteri, virus, atau untuk melawan toksin.
Antigen, 105, 265, 267, 268, 269, 271	zat yang dapat merangsang pembentukan antibodi jika diinjeksikan ke dalam tubuh.
Arteri, 97, 106, 109, 115, 116, 190	pembuluh darah yang mengalirkan darah dari jantung ke seluruh tubuh.
Arteriosklerosis, 106	penimbunan senyawa-senyawa lemak pada dinding arteri.
Artikulasi, 75	hubungan antara tulang dan tulang.
Arthritis, 88	peradangan sendi, bisa terjadi pada tulang rawan, sinovial, dan ligamen.
Atrofi, 79	otot yang menciut.

B

Bikuspid, 109	katup berkelopak dua yang terdapat di antara serambi kiri dan bilik kiri.
Bilirubin, 100, 153, 191, 195	sisa perombakan hemoglobin.
Bintik buta, 231	daerah pada retina yang merupakan tempat masuknya saraf optik. Pada bagian ini tidak ada sel sensorik.
Bronkhitis, 171	radang tenggorokan akibat infeksi bakteri yang menyerang selaput epitel bronki.

C

Cairan sinovial, 76	cairan kental, tidak berwarna, transparan; sebagai pelumas di antara kedua tulang.
---------------------	--

D

Diafragma, 166, 168, 169	sekat berotot yang membatasi rongga dada dan rongga perut.
--------------------------	--

GLOSARIUM

Diartrosis, 75, 76, 89	kedua ujung tulang tidak dihubungkan oleh jaringan sehingga tulang dapat bergerak bebas.
Dwarfisme, 222	kegagalan pertumbuhan tulang yang menyebabkan seseorang menjadi cebol.

E

Eksositosis, 9, 12, 14, 17, 18	mengeluarkan zat ke luar sel.
Ekspirasi, 166, 168, 174, 178, 179	mengembuskan udara dari paru-paru ke udara luar.
Emboli, 172	gumpalan darah yang menyumbat kapiler di paru-paru.
Emfisema, 172	hilangnya elastisitas paru-paru karena terendam cairan.
Endodermis, 41, 42, 253	selapis sel yang bentuk dan strukturnya khusus, dan merupakan batas terdalam lapisan korteks.
Endometrium, 225, 248, 251, 252, 253, 258	rongga uterus yang dilapisi jaringan epitel dan mengandung banyak pembuluh darah.
Endositosis, 9, 12, 16, 18	memasukkan zat ke dalam sel.
Endosteum, 75	jaringan ikat kencang yang membatasi rongga sumsum.
Epidermis, 37, 41, 42, 45, 63, 189	lapisan sel yang berada paling luar dari tubuh tumbuhan dengan bentuk sel seperti balok tersusun.

F

Fagosit, 56, 98, 100, 267,	kemampuan untuk memakan partikel-partikel tertentu sehingga berperan dalam pertahanan tubuh.
Fasikulum, 58	kumpulan serabut-serabut otot.
Filtrasi, 193, 198, 200	penyaringan yang menghasilkan urine primer.
Floem, 37, 38, 41- 44	pembuluh pengangkut yang mengalirkan senyawa hasil fotosintesis ke seluruh bagian tubuh tumbuhan.
Folikel, 225, 249, 250, 251	sekelompok sel-sel yang menyelubungi oosit.
Fraktura, 88	retak/patahnya tulang pipa.

GLOSARIUM

G

Globulin, 98	protein sederhana yang membeku karena panas, tidak larut dalam air, tetapi dalam cairan garam.
Glomerulus, 193, 200	kelompok pembuluh darah di dalam kapsul Bowman, tempat terjadinya proses penyaringan urine.

H

Hemofili, 113	kelainan yang bersifat genetis, penderita tidak mampu melakukan proses pembekuan darah pada saat luka atau pembuluh darah pecah.
Hemoroid, 113	pelebaran pembuluh pada dubur.
Hipertensi, 115	tekanan darah tinggi.
Hipertrofi, 79	otot yang membesar.
Hipotensi, 115	tekanan darah rendah.
Hymen, 248	selaput yang menutupi sebagian lubang vagina.

I

Ileum, 149, 150	bagian ketiga usus halus.
Implantasi, 252, 253, 255	pelekatan embrio pada dinding uterus.
Impuls, 59, 137, 208, 209, 211	rangsangan atau gerak hati yang timbul dengan tiba-tiba untuk melakukan sesuatu.
Insersi, 79, 86	tendon yang melekat pada tulang yang bergerak.
Inspirasi, 166, 170, 178, 179	menarik napas, memasukkan udara ke dalam paru-paru.

J

Jaringan meristem, 33, 41, 47, 63	jaringan yang tetap bersifat embrional, yaitu memiliki kemampuan untuk terus membelah diri tak terbatas.
Jaringan parenkim, 34, 36, 44, 46, 63	jaringan yang tersusun oleh sel-sel hidup yang aktif melakukan kegiatan, berbentuk bulat dengan diameter bervariasi.

K

Kapasitas vital, 170	jumlah udara paling banyak yang dapat di-ekspirasi setelah usaha inspirasi maksimal.
----------------------	--

GLOSARIUM

Kartilago, 54, 72	tulang rawan.
Kifosis, 88	bungkuk, terjadi karena infeksi TBC vertebra ataupun proses ketuaan.
Kolenkim, 36, 37, 63	sel-sel yang mengalami penebalan selulosa pada sudut-sudutnya.

L

Leukoplas, 22	plastida yang tidak berwarna.
Lisosom, 7, 16, 26	organel yang sangat kecil, dihasilkan oleh badan golgi.

M

Membran plasma, 5, 7-11, 13, 14, 17, 19, 22, 26	lapisan rangkap lipoprotein, yang membatasi bagian dalam sel dengan lingkungan luar.
Meristem, 47	jaringan yang terdiri atas sel-sel muda yang aktif membelah, terletak di ujung akar, batang dan kambium.
Metafisis, 75	sambungan epifisis dan diafisis.
Mikrofilamen, 18, 19, 26	benang-benang halus dengan diameter berkisar antara 5-7 mm.
Multiseluler, 4	organisme bersel banyak.

N

Nefritis, 196	peradangan yang terjadi pada nefron, terutama pada daerah glomerulus.
Nekrosa, 88	matinya sel tulang karena kerusakan periostium.

O

Origo, 86, 89	tendon yang melekat pada tulang yang tidak bergerak.
Osteoblas, 55, 73	sel-sel pembentuk tulang.
Osteon, 72, 73	tulang keras.
Osteosit, 73, 74	osteoblas yang tidak aktif lagi.
Ovulasi, 247, 250-252	pelepasan sel telur (ovum) dari ovarium.

GLOSARIUM

P

Penulangan endrokonal, 73	penulangan (osifikasi) yang diawali dengan bentuk tulang rawan.
Perimisium, 78	selaput yang membungkus kumpulan serabut otot.
Pita kaspari, 42	penebalan gabus yang mengelilingi dinding sel endodermis yang terlihat seperti pita.
Pleuritis, 172	radang pleura di sekeliling paru-paru.

R

Reabsorpsi, 193, 200	proses penyerapan kembali zat-zat yang masih berguna yang terdapat pada urine primer.
Refleks, 212	satuan fungsional terkecil dari sistem saraf.

S

Sekresi, 12, 193, 194, 200	menyekresikan zat-zat yang tidak berguna bagi tubuh dari darah ke dalam cairan tubuh.
Sphincter, 148, 151	otot lingkar pada kantung kemih.
Sinapsis, 209, 220	sambungan dua sel saraf.
Sklerenkim, 44	sel-sel mati yang di sekeliling dindingnya mengalami penebalan karena penumpukan lignin.
Spons, 36	disebut juga jaringan bunga karang, banyak terdapat rongga-rongga antarsel. Sedikit mengandung klorofil, terletak di bawah jaringan pali-sade.

T

Trakeid, 38	sel kayu tidak berperforasi di kedua ujungnya berpenebal cincin spiral atau berceruk terlindung, menghantar air dan menyusun jaringan kayu.
Transplantasi, 62, 113	pemindahan jaringan tubuh dari suatu tempat ke tempat lain, pencangkokan.

V

Villus, 149	tonjolan halus pada usus halus.
-------------	---------------------------------

GLOSARIUM

Volume residu, 170, 182 udara yang tersisa setelah ekspirasi maksimal.
Volume tidal, 169, 182 jumlah udara yang keluar masuk pada sekali inspirasi dan sekali ekspirasi.

X

Xilem, 37, 38, 41- 44, 47, 63 pembuluh pengangkut yang mengalirkan air serta zat hara dari akar ke daun.

Z

Zigot, 248, 252, 252, 254 sel telur yang telah dibuahi.

DAFTAR PUSTAKA

- Baker, Jeffrey J.W. & Garland E. Allen. 1981. *The Study of Biology*. California: Addison-Wesley Publishing Company.
- Barret, Abramoff, Kumaran, Millington. 1986. *Biology*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Becket, B.S.1983. *Beginning Science Biology*. Oxford University Press, Walton Street, Oxford OX 26 DP.
- Campbell, A. Neil. 1994. *Biology jilid 1, 2, 3* (terjemahan). Jakarta: Erlangga.
- Clegg, CJ & DG Mackean. 1994. *Advanced Biology Principles and Applications*. London: John Murray (Publisher) Ltd.
- Craigmyle, M.B..L. 1986. *Histology*. Second edition. Wolf Medical Publishing Company Inc.
- Forma, R. 1986. *Human Biology*. Melbourne: Longman Explorations. New York: Macmillan Publishing Company.
- Green, N.P.O, *et all*. 1986. *Biological Science 1*. London: Cambridge University Press.
- Green, N.P.O, *et all*. 1986. *Biological Science 2*. London: Cambridge University Press.
- Hopson, Janet L. & Norman K. Wessells. 1990. *Essential of Biology*. Singapore: McGraw-Hill, Inc.
- Ilmu Pengetahuan Populer Jilid 8*. Grollier International, Inc.
- Johnson, Willis H, *et all*. 1961. *General Biology*. New York: Holt, Rinehart and Winston, Jnc.
- Kimball, J.W. 1990. *Biologi*, jilid 2. Edisi kelima. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Levy, Charles K. 1973. *Elements of Biology*. Philippiness. Addison-Wesley Publishing Company Inc.
- Mackean, D.G.1986. *GCSE Biology*. London: John Murray (Publisher) Ltd.
- Miller, Stephen A. & John P. Harley. 2005. *Zoology*. New York: McGraw-Hill
- Muchtadi, Deddy. 1993. *Metabolisme Zat Gi i*. Jakarta: Pustaka Sinar Harapan.
- Oram, Raymond F, *et al*. 1986. *Biology Living Systems*. London: Charles E. Merrill Publishing Company.
- Pearce, Evelyn C. 1985. *Anatomi dan Fisiologi*. Jakarta:Gramedia.
- Philips, W.D. and T.J.Chilton.1989. *A Level Biology*. Oxford: Oxford University Press.
- Postlethwait, John H. & Janet L. Hopson. 1995. *The Nature of Life*. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Roberts, M.B.V. 1986. *Biology for Life*, Second Edition. New York: Thomas Nelson Ltd.

DAFTAR PUSTAKA

- Robson, M.D dan A.G. Morgan. 1980. *Biology Today*. London: Macmillan Education Ltd.
- Smith, Ella Thea. 1959. *Exploring Biology*. New York: Harcourt, Brace & World, Inc.
- Starr, Cecie and Ralph Taggart. 2004. *Biology The Unity and Diversity of Life*. USA: Thomson
- Storer and Usinger. 1957. *General Zoology*. New York: McGraw Hill Book Company, Inc.
- Suntoro, Susilo Handari, dkk. 1993. *Anatomi dan Fisiologi Hewan*. Proyek Penataran Guru Setara D III, Dirjen Dikdasmen, Depdikbud. Jakarta.
- Weier, T. E. *et all*. 1982. *Botany: An Introduction to Plant Biology*. Fifth Edition. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Williams, Gareth. 1996. *Biology for You*. London: Stanley Thornes Ltd.
- Whitten, Tony. 2002. *Indonesia Heritage: Margasatwa (terjemahan)*. Jakarta: Buku Antar-Bangsa.
- Yahya, Harun. 2002. *Menyingkap Rahasia Alam Semesta*. Bandung: Dzikra.

INDEKS

A

Abduktor, 89
Abomasum, 154, 155, 157
ACTH (*Adrenocorticotropic Hormone*), 221, 255
Adiposum, 53
Adrenal, 221, 224, 225
Adrenalin, 84, 85
Aferen, 217
Aglutinin, 103, 105, 267
Aglutininogen, 103, 104
Agranulosit, 101
Akomodasi, 233
Akson, 58, 59, 208, 209, 210, 213
Alat: ekskresi, 188; gerak aktif, 71; gerak pasif, 71; pencernaan, 133, 143, 157; reproduksi, 41
Albumin, 98
Aleuroplas, 22
Alograf, 62
Alveoli, 164, 179, 180
Alveolus, 164, 165, 168, 169, 171
Amiloplas, 22
Ampula, 236
Anatomi, 41, 63
Anemia, 100, 113
Angiospermae, 38
Antibiotik, 256
Antibodi, 105, 265, 267, 268, 269, 270, 270, 271
Antigen, 105, 265, 267, 268, 269, 271
Antikoagulan, 198
Antioksidan, 77
Antitoksin, 98, 267
Aorta, 109, 116
Aqueous humor, 231, 233

Arteri: 97, 106, 109, 115, 116, 190; pulmonalis, 106
Arteriol, 116
Artherisklerosis, 106
Artikulasi, 75
Artritis, 88
Asam amino: 134; esensial, 134, 156; nonesensial, 134, 156
Asetilkolin, 84
Aterosklerosis, 114
Atrium: 106; kiri, 108
Atrofi, 79
Autofagosit, 16
Autograf, 62
Autolisis, 17

B

Badan golgi, 7, 14, 15, 16, 19, 26, 59
Badan malphigi, 193
Bakteri aerob, 157
Bakteri, 4, 5, 12, 16
Basofil, 100
Bayi tabung, 258
Berkas pembuluh, 45, 46
Bikonkaf, 99
Bikonveks, 230
Bilirubin, 100, 153, 191, 195
Biliverdin, 100, 153
Bintik buta, 231
Bintik kuning, 231, 232, 233
Blastokist, 252
Blastula, 252, 253
Bongkol sinaps, 210
Bronki, 168, 171, 178
Bronkitis, 171
Bronkus, 179

INDEKS

C

Cairan sinovial, 76
Cervix, 248
Choroid, 230
Colon, 142

D

Daur: folikuler, 251; Krebs, 17;
menstruasi, 251; uterine, 251
Dendrit, 58, 59, 208, 209
Diabetes: Mellitus, 114; Insipidus,
196
Diafise, 75
Diafragma, 166, 168, 169
Diartrrosis, 75, 76, 89
Diastol, 109, 110
Difusi: 9, 10, 11, 165, 231; fasilitas, 9
Diktiosom, 16
Dinding selulosa, 4
Diploid, 248, 252
Disakarase, 150
Disakarida, 134
DNA, 13, 114
Donath, 103
Donor: 103, 104; universal, 104
Dorsobronki, 178
Duktus: hepaticus, 152; koledokus,
152; sistikus, 152
Duodenum, 147, 149, 152
Dwarfisme, 222

E

Efektor, 58, 59, 209, 211
Eferen, 217
Eksokrin, 51

Eksositosis, 9, 12, 14, 17, 18
Ekspirasi, 166, 168, 174, 178, 179
Emboli, 172
Emfisema, 172
Endodermis, 41, 42, 253
Endokardium, 105
Endokrin, 51
Endometrium, 225, 248, 251, 252, 253,
258
Endomisium, 78
Endositosis, 9, 12, 16, 18
Endosperm, 47
Endosteum, 75
Enterokinase, 149
Enzim: 9, 14, 15, 36, 133, 153;
hidrolitik, 16, 26; katalase, 14,
15; lipase, 148; pencernaan, 16;
pepsinogen, 148; renin, 148;
selulose, 154, 157
Epidermis: 37, 41, 42, 45, 63, 189;
batang, 44
Epididimis, 50, 247
Epifise, 75
Epiglotis, 168
Epimisium, 78
Epinefrin, 87
Epitel, 165, 246
Epitelium, 49, 51, 175
Erepsin, 150
Eritrosit, 56, 99, 100, 103, 105, 113, 113,
164, 191, 267
Esofagus, 142, 167
Estrogen, 225, 226, 252, 255

F

Fagosit, 56, 98, 100, 267,

INDEKS

Fagositosis, 12
Faring, 142, 146, 167, 168
Fasikulum, 58
Fermentasi, 154
Fertilisasi, 33, 47, 245, 252, 253, 255, 258,
258,
Fibrinogen, 98, 102, 269, 270
Filtrasi, 193, 198, 200
Floem, 37, 38, 41- 44
Folikel, 225, 249, 250, 251
Fotosintesis, 14, 22, 27, 36, 38, 45, 46
Fraenkel, Gottfried, 174
Fraktura, 88

G

Gammoglobulin, 267
Gastrulasi, 253
Gestasi, 253
Gimnospermae, 38
Glikogen, 223
Glikoprotein, 16
Glikosaminnoglikan, 75
Glioksisom, 14, 15
Gliserol, 148
Globulin, 98
Glomerulus, 193, 200
Golgi, Camillio, 15
Gonadotropin, 221, 225

H

Haploid, 248
Helikotrema, 236
Hemofili, 113
Hemoglobin, 100, 113, 114, 163
Hemoroid, 113

Hepatosit, 189
Hewan transgenik, 114
Hidrofilik, 8
Hidrofobik, 8
Hipertensi, 115
Hipertonis, 10
Hipertrofi, 79
Hipofise, 221, 224, 225, 228, 255, 256
Hipofisis, 195, 196, 212, 214, 225
Hipotalamus, 212, 214, 227, 228, 255
Hipotensi, 115
Hipotiroidisme, 222
Hipotonis, 10
Histiosit, 191
Histologi, 33, 62
Histon, 13
Homeostatis, 187, 192
Hooke, Robert, 4, 5
Hormon: 9, 195, 207, 220; anti-
diuretik, 237; asetilkolin, 219;
dopamine, 225; epinefrin, 224;
estrogen, 249; gastrin, 148; go-
nadotropin, 252; insulin, 226,
237; koleositokinin, 153; nero-
pinefrin, 224; oksitoksin, 255,
256; pertumbuhan, 221; pro-
laktin, 256; prostaglandin, 255;
relaksin, 255
Hymen, 248

I

Ikatan pembuluh, 37
Ileum, 149, 150
Impermeabel, 42
Implantasi, 252, 253, 255
Impuls saraf, 59, 137, 208, 209, 211

INDEKS

Imunitas, 265, 269, 272

Imunodefisiensi, 271

Imunogen, 265

Imunoglobulin, 265, 266

Infundibulum, 247

Inseri, 79, 86

Inspirasi, 166, 170, 178, 179

Interferon, 267, 273

Intestine, 142

Intrapleura, 165, 168

Isograf, 62

Isotonis, 10

J

Jantung, 105, 106, 108, 109; koroner, 114, 115

Jaringan: 3, 31-68, 101, 163; benih, 48, 63; darah, 56; embrional, 33; endodermis, 36; endotel, 106; epidermis, 33, 35; epitel berlapis, 49, 51; epitel 48, 49, 51, 266; hewan, 48; ikat, 48, 53, 54, 86, 106; kolenkim, 36, 37, 63; lemak, 54; meristem, 33, 41, 47, 63; mesenkim, 33; mesofil, 36; otot, 48, 57, 64, 78, 107; palisade, 46; parenkim, 34, 36, 44, 46, 63; pembuluh, 43; pengangkut, 44; penyusun akar, 41; penyusun batang, 43, 45; perisikel, 36, 42; permanen, 33, 34, 63; retikulo endotelium, 100; saraf, 48, 58; skeleton, 54; sklerenkim, 37; struktur dan fungsi, 41; tumbuhan, 4, 33, 39, 40, 46

Jenner, Edward, 270, 272, 273

K

Kaliptra, 41

Kambium: 33, 43, 44; vaskuler, 44

Kanalikuli, 55, 74

Kapasitas vital, 170

Kapsul Bowman, 193, 200

Kardiak, 147

Karotenoid, 23, 77

Karpal, 76

Kartilago, 54, 72

Katup: bikuspidalis, 109; kardiak, 148; pylorus, 148; trikuspidalis, 109

Kekebalan tubuh, 272

Kelenjar: Brunner, 149; ekskresi, 190; eksokrin, 153; endokrin, 153; Lieberkuhn, 149; limfe, 112; ludah, 144; pankreas, 221, 223, 226, 237; paratiroid, 222; parotid, 144; pencernaan, 142, 152, 157; pituitari, 221, 256; prostat, 247; sekresi, 190; sublingual, 144; submandibular, 144; tiroid, 222

Kifosis, 88

Klorofil, 22, 23, 44, 46

Kloroplas, 14, 22, 36, 46

Knob, 210

Kohlea, 235

Kolenkim, 44

Kolesterol, 114, 139

Kolostrum, 271

Kondrium, 72

Kondroblas, 54

Kontrasepsi, 256

Kopulasi, 247

Kornea, 230, 231, 233

INDEKS

Korpus luteum, 225, 225, 251, 252, 255
Korteks, 37, 41, 42, 44, 63, 191, 192, 224, 226, 227
Kortikosteroid, 255
Kretinisme, 222
Krista, 17, 26
Kromoplas, 22
Kromosom, 13, 18, 248
Kultur jaringan, 47, 48
Kupula, 236
Kutikula, 36, 44, 45

L

Labirin, 176
Laktasi, 256
Lakuna, 73, 74
Lamela, 73, 74
Lamina, 45
Landsteiner, Karl, 103
Lapisan mesoderm, 78
Laring, 167, 168
Laringitis, 171
Leewenhoek, A., 4
Lempeng tapisan, 39
Lengkung: Henle, 193; refleks, 211
Leukoplas, 22
Leukosit, 100, 113, 56, 98, 99
Ligamen, 88
Limfe, 56
Limfosit, 101, 112, 265, 268, 271, 273
Lionel, 105
Lipase, 150
Lipida, 134, 156
Lipoprotein, 5
Lisosom, 7, 16, 26

Lobulus, 189
Lobus optikus, 212
Longitudinal, 147
Lordosis, 88

M

Makhluk hidup: 3; struktur dan fungsi, 3
Makrofag, 101, 189, 273
Makula, 236
Master gland, 221, 227
Matriks, 53, 55
Medula: 191; oblongata, 212, 213
Megakariosit, 101
Meiosis, 248
Melanosit, 266
Membran: 9, 10, 12, 13, 22; fosfolipida, 9; inti, 13; lipoprotein, 13; mukosa, 51, 167; nukleus, 13; pernapasan, 172; plasma, 5, 7-11, 13, 14, 17, 19, 22, 26; sel, 8, 9, 25, 26; timpani, 234
Menopause, 249
Meristematis, 42, 44
Mesin dialisis, 197
Mesobronkus, 178
Mesodermis, 253
Mesofil, 45, 46
Metabolisme: 5, 9, 97, 98, 14, 23, 116, 135, 163, 187, 220, 222, 226, 266; protein, 190; sel, 26; sisa, 197, 200
Metafisis, 75
Metakarpal, 76
Metanefridia, 200
Metanefridium, 198
Mielin, 215

INDEKS

Mikroba, 271
Mikrofilamen, 18, 19, 26
Mikroglial, 267
Mikroskop, 5, 6, 20, 21, 35, 41, 45, 57,
99; cahaya, 5, 7; elektron, 7
Mikrotubula, 18, 19
Mikrotubulus, 17, 18, 26
Miofibril, 57, 84
Miofilamen, 57, 85
Miokardium, 105
Mitokondria, 7, 14, 17, 19, 26, 231
Molekul: gliserol, 134; protein, 8
Monokotil, 37, 46, 63
Monosakarida, 134
Monosit, 101, 267, 273
Morula, 253
MSH (Melanosit Stimulating Hor-
mone), 221

N

Napza, 219, 220
Nefridiofora, 199
Nefritis, 196
Nefron, 191, 200
Nekrosa, 88
Netrofil, 101
Neurit, 59, 208, 209, 210
Neuroglia, 215
Neurohumor, 84, 85
Neuron: 58, 64, 207; aferen, 58;
eferen, 58; motorik, 58;
penghubung, 58; sensorik, 58
Neurotransmitter, 210
Neutrofil, 100
Nodus: atrioventrikular, 109;
sinoatrial, 109, 115

Norepinephrin, 219
Nukleolus, 13
Nukleoplasma, 13
Nukleoprotein, 14
Nukleus, 13, 19, 26, 44

O

Obligus, 147
Oksidasi, 163
Oksitosin, 226
Omasum, 154, 157
Omnis cellula-cellula, 5
Oogenesis, 249, 250, 251
Oosit, 249
Opimisin, 98
Opson, 267
Opsonin, 267
Organ: 37, 53; corti, 235; dalaman, 33;
ekskresi, 188; tumbuhan, 41
Organel, 7, 9, 12, 13, 14, 16, 18, 22, 26
Organisme: 3, 4, 12, 13; multiseluler,
4; uniseluler, 4
Organogenesis, 253
Origo, 86, 89
Ortopedi, 89
Osifikasi, 73, 222
Osmosis, 9, 10, 11
Osteoblas, 55, 73
Osteoklas, 229
Osteomalasi, 88
Osteon, 72, 73
Osteoporosis, 88
Osteosit, 73, 74
Otot: 71, 78; bisep, 58; diafragma, 166;
jantung, 57, 58, 78, 80, 110, 114,
115; lurik, 57, 58, 78, 79, 146;

INDEKS

polos, 57, 78, 80, 146; pylorus, 148; rangka, 78, 80; serambi, 109, 110; serat lintang, 58; siliaris, 230, 233; sphincter, 148, 151; trisep, 58; volunter, 151
Ovarium, 225, 247, 248-250, 255, 258
Ovulasi, 247, 250-252

P

Palisade, 36
Pancaindra, 227
Papila, 146
Parasit, 265
Parkinye, Johannes, 4
Pasteur, Louis, 270
Pembuluh: arteri, 115; balik, 97; darah, 57, 103, 133, 145, 177, 190, 248; kapiler, 106; kayu, 38; kil, 111; nadi, 97, 106, 116; saraf, 145; tapis, 38, 44; trakea, 174; vena, 163
Pencernaan: kimiawi, 133, 143, 144, 150, 157; mekanik, 133, 143, 144, 150, 157
Penulangan endokondral, 73
Periderm, 36
Perikambium, 43
Perikardium, 72, 105
Perimisium, 78
Periosteum, 75
Perisikel, 43
Pernapasan: dada, 169; eksternal, 165; perut, 169
Peroksisom, 14, 19
Petiola, 45
Pinositosis, 12

Pita kaspari, 42
Plasenta, 252, 255, 256
Plasma darah, 56, 98, 105, 111, 164, 197, 269, 270
Plasmodesma, 42
Plasmodesmata, 22
Plastida, 22
Pleura, 165
Pleuritis, 172
Pneumonia, 171
Polisakarida, 16, 134
Preparat, 6
Progesteron, 225, 251, 252, 255, 256
Prolaktin, 221
Proses pencernaan, 133, 137
Protein: 134; integral, 8; perifer, 8
Protoplasma, 4, 22, 47, 139
Protrombin, 101
Pulau Langerhans, 223
Pylorus, 147

R

Rabun senja, 232
Rangka, 71-91
Rawan: elastik, 54, 73; fibrosa, 54; hialin, 54, 72; serabut, 72
Reabsorpsi, 193, 200
Refleks, 212
Regenerasi, 266
Rehabilitasi, 88
Rektum, 151
Reseptor, 58, 85, 227, 229, 235
Resipien: 62, 103, 194; universal, 104
Respirasi: 163, 165; eksternal, 163, 181; internal, 163, 181; sel, 17, 26, 163, 164; siklik, 174

INDEKS

Respons: eksternal, 207; motoris, 214
Retikulum: 154, 157; endoplasma, 7, 13, 14, 19, 23, 26
Retina, 230
Retinal, 231, 232
Rhesus: negatif, 105; positif, 105
Ribosom, 7, 14, 16, 19
RNA, 13
Rodopsin, 231, 232
Rotasi, 89
Rumen, 154, 157
Ruminansia, 154
Rutledge, 103

S

Sahidin, Sutriadi, DR. M.Si, 112
Sakulus, 236
Saluran: eustachius, 234; Havers, 55, 73, 74; pencernaan, 57, 142, 266; pernapasan, 266; Volkman, 55
Saraf : 195kranial, 84, 215, 218; motorik, 84, 208, 216, 217; otonom, 215, 217, 218, 219, 224, 228; parasimpatetik, 110, 218, 219; penghubung, 208, 209; sensorik, 208, 211, 216, 217, 229; simpatetik, 110, 218, 219; spinal, 84, 215, 217; tepi, 215
Sarkomer, 85, 86
Schleiden, Matthias, 4
Schwann, Theodor, 4
Sekresi, 12, 193, 194, 200
Sekretin, 226
Seksual, 245
Sekum, 151
Sel: 1-30; alfa, 223; bagian-bagian, struktur dan fungsi, 7- 12; batu, 37; beta, 223; buluh tapis, 38, 39; darah merah, 56; darah putih, 16, 56; endotel, 106; epidermis, 36; eukariotik, 13, 14, 16, 17, 25; fagosit, 100; fotosintetik, 46; goblet, 51; hewan, 14, 16-25; kelenjar, 15; Kupffer, 190, 267, 273; leydig, 246; meristem, 47; otak, 15, 17; parenkim, 34, 36, 38, 42, 44; pengiring, 38, 39; prokariotik, 14, 25; saraf, 15, 17, 58, 207; Schwann, 59; sensorik, 236; serabut, 38; sertoli, 249; spermatozoit, 17; trakea, 38; trakeid, 38; tubuh, 97, 100, 133; tumbuhan, 14, 16, 17, 19, 20, 22, 24, 25
Selaput mielin, 210
Selulosa, 38
Sendi: engsel, 76; gulung, 76; kaku, 76; pelana, 76; peluru, 76; putar, 76
Sentriol, 19
Sentrosom, 18, 26
Senyawa Buffer, 97
Septum: atrioventriculorum, 106; Cordiz, 106
Serabut: elastis, 53; kolagen, 53, 55, 75
Serebelum, 212, 214
Serebrum, 212-214
Serum, 98, 270
Siklus Krebs, 191
Silinder pusat, 41
Simpul Renvier, 59
Sinapsis, 209, 220
Sinatrosis, 75, 77

INDEKS

Sindesmosis, 77
Sinfibrosis, 77
Sinkondrosis, 77, 89
Sintesis: protein, 14; ribosom, 14
Sinusoid, 189
Sirkular, 147
Sirkumduksi, 84
Sistem: A-B-O, 103; ekskresi, 185-204; endokrin, 207, 220, 227; gerak, 69-94; Havers, 73; hormon, 221; kekebalan, 61, 62; limfatis, 111, 117; pencernaan, 131-160; penggolongan darah, 103; peredaran darah, 33, 95-120; pernapasan, 161-184; pertahanan Tubuh, 263-276; regulasi, 205; reproduksi, 243-262; Rhesus, 105; saraf pusat, 189, 207, 227, 228; sirkulasi, 116; transportasi, 97
Sisterna, 15
Sistitis, 196
Sistol 110, 109, 114
Sitolisin, 267
Sitoplasma, 5, 7, 9, 13, 15, 16, 26, 44, 57, 59
Sitruilin, 190
Skeleton, 53
Sklera, 230
Sklereid, 37
Sklerenkim, 44
Skoliosis, 88, 135
Skotopsin, 231, 232
Somatis, 48, 63
Spektrofotometer, 100
Spermatid, 249
Spermatogenesis, 249 - 251
Spermatozoa, 249

Spermatozoid, 226
Sphygmomanometer, 110
Spirakel, 174, 175
Spons, 36
Sporulasi, 266
Sprain, 88
Stimulans, 219
Stomata, 35, 36, 45, 46
Stroke, 114
Stroma, 23

T

Tanaman dikotil, 36
Tendon, 54, 78, 86
Tensimeter, 110
Testis 225, 226, 246, 248, 258
Testosteron, 226
Thalasemia, 114
Timus, 221
Tiroid, 221, 226
Tirosin, 222
Tirotropin, 221
Toksoid, 269
Tonoplas, 23
Totipotensi, 47
Trakea, 167, 168, 173, 178, 180
Transfer elektron, 17
Transfusi darah, 103, 104, 113
Transplantasi: kulit, 62; organ, 62; sumsum tulang belakang, 113
Transpor: aktif, 9, 11, 12; zat, 9
Tripsinogen, 150
Trofoblas, 253
Trombin, 101, 102
Trombokinas, 101
Tromboplastin, 101

INDEKS

Trombosit, 99, 101
Tuba falopi, 247, 248, 252
Tubektomi, 257
Tubulus: 193; distal, 195; malphigi, 199, 200; nefron, 193; seminiferus, 246, 249
Tudung akar, 41
Tulang: 71; keras, 7; kompak, 55, 56, 73; pendek, 74; pipa, 74; pipih, 74; rawan, 54, 72, 73, 168; sejati, 73; spons, 56, 73
Tumbuhan: berpembuluh, 37, 38; dikotil, 33, 39, 43 – 45; monokotil, 39, 44, 45

U

Unit: fungsional, 4; struktural, 3, 4
Ureter, 194
Uretra, 247
Urine, 193
Urobilin, 153
Urobilinogen, 191, 195
Uterus, 248, 255
Utrikulus, 236
Uvula, 167

V

Vaksin: 269; Antraks, 270; Cacar, 269; Salk, 269
Vaksinasi, 269, 270, 272, 273
Vakuola: 12, 14, 23, 34; sentral, 34
Vas deferens, 247
Vasektomi, 257

Vassopressin, 226
Vena: 97, 107, 112, 113; pulmonalis, 110; subklavia, 111
Ventilasi alveolar, 169
Ventrikel, 79
Ventrikulus, 142
Venula, 107
Vesica felea, 152
Vesikula, 15, 16
Villus, 149
Virchow, Rudolf, 5
Virus, 265
Vitreous humor, 231
Volume: residu, 170, 182; tidal, 169, 182; vital, 182
Vulva, 248

W

Weismann, August, 5
Winer, 105

X

Xantofil, 22
Xenograf, 62
Xilem, 37, 38, 41- 44, 47, 63

Y

Yeyenum, 149

Z

Zigot, 248, 252, 252, 254

BIOLOGI 2



Ilmu Pengetahuan dan Teknologi saat ini berkembang dengan cukup pesat. Sebagai ilmu dasar dan ilmu murni serta sebagai salah satu bidang IPA, Ilmu Biologi pun mengalami hal yang sama. Ilmu Biologi, saat ini telah memasuki era rekayasa genetika dan bioteknologi yang menghasilkan berbagai penemuan baru.

Buku Biologi untuk SMA dan MA ini merupakan salah satu penunjang dalam proses belajar mengajar. Materi yang terdapat dalam buku ini membahas berbagai konsep Biologi yang mendorong siswa untuk lebih mengembangkan keterampilan, sikap, wawasan, dan nilai ilmiah.

Kelebihan buku ini:

- Disusun dan ditelaah oleh para penulis yang cukup handal dan berpengalaman di bidangnya.
- Disusun secara sistematis sesuai dengan struktur ilmu.
- Disajikan dengan menggunakan bahasa yang jelas, lugas, dan mudah dipahami.
- Dilengkapi gambar-gambar yang jelas dan menarik untuk menunjang materi.
- Disajikan dengan cara diskusi dan melalui pengamatan serta percobaan sederhana sehingga konsep-konsep biologi yang dibahas mudah dimengerti.
- Dilengkapi dengan tugas dan kegiatan yang menunjang materi pembelajaran serta Info Biologi sebagai penambah pengetahuan.
- Dilengkapi evaluasi akhir bab, akhir semester, dan akhir tahun yang mencakup tiga ranah evaluasi, yaitu kognitif, afektif, dan psikomotorik. Juga dilengkapi dengan glosarium dan indeks.

ISBN 978-979-068-831-5 (nomor jilid lengkap)

ISBN 978-979-068-839-1

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 22 Tahun 2007 tanggal 25 Juni 2007 Tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran Yang Memenuhi Syarat Kelayakan Untuk Digunakan Dalam Proses Pembelajaran.

Harga Eceran Tertinggi (HET) Rp15.761,-

