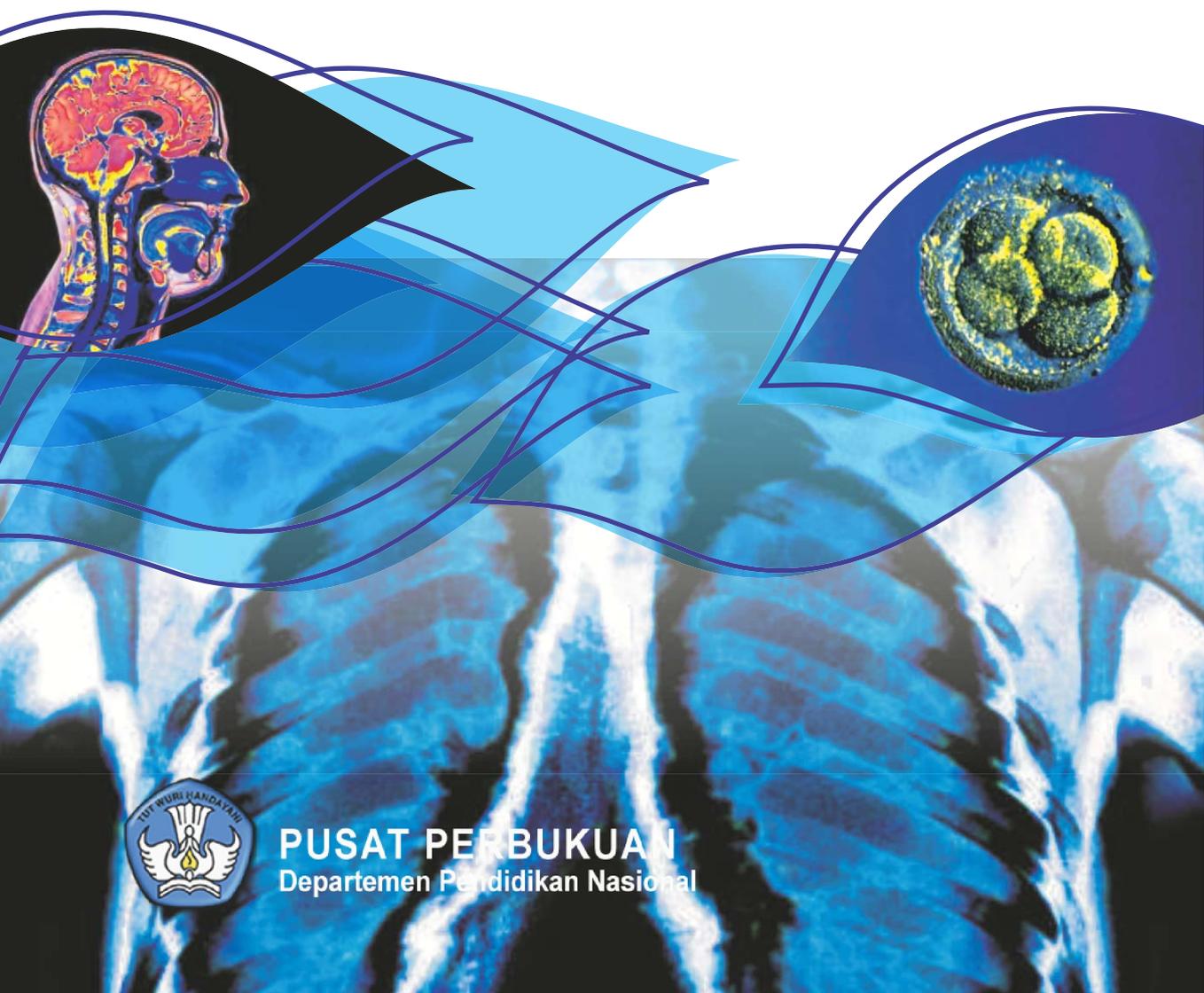


- Siti Nur Rochmah
- Sri Widayati
- Meirina Arif P.



BIOLOGI

SMA/MA Kelas XI

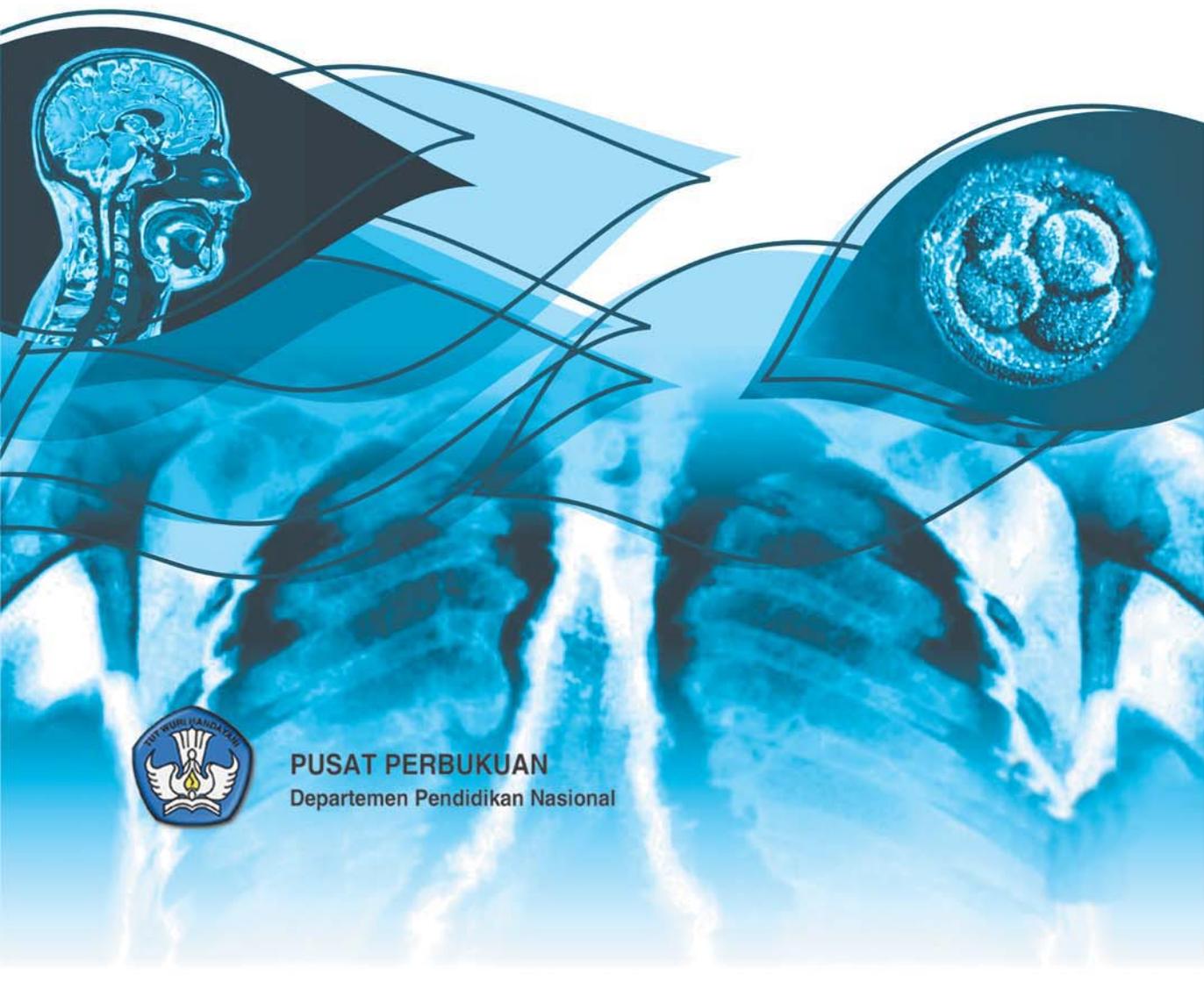


PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

Siti Nur Rochmah
Sri Widayati
Meirina Arif P.

B I O L O G I

SMA/MA Kelas XI



PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional
Dilindungi Undang-undang

Biologi SMA/MA Kelas XI

Penulis: Sri Widayati, Siti Nur Rochmah, Zubedi

Editor: Eti Arinastiti, Arif Kurniawan, Yunita Retnosari

Pembaca ahli: Maizer Said Nahdi

Desainer sampul: Aji Galarso Andoko

Desainer perwajahan: Sri Basuki

Ilustrator: Indradi Budi Santosa, Dwi Purwanto

Penata letak: Renita Fatmawati, Purwanto, Miftah Arifin

Pengarah artistik: Sudaryanto

574.07

SRI

SRI Widayati

b

Biologi : SMA dan MA Kelas XI /penulis, Sri Widiyati, Siti Nur Rochmah, Zubedi : editor, Eri Arinastiti, Yunita Retnosari, Arif Kurniawan ; ilustrator, Indradi Budi Santosa, Dwi Purwanto. -- Jakarta : Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009.

viii, 346 hlm. : illus. ; 25 cm

Bibliografi : hlm. 344-346

Indeks

ISBN 978-979-068-831-5 (no jld lengkap)

ISBN 978-979-068-840-7

1. Biologi-Studi dan Pengajaran I. Judul
II. Siti Nur Rochmah III. Zubedi IV. Eri Arinastiti
V. Yunita Retnosari VI. Arif Kurniawan
VII. Indradi Budi Santosa VIII. Dwi Purwanto

Hak cipta buku ini telah dibeli oleh Departemen Pendidikan Nasional
dari Penerbit Pustaka Insan Madani

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 2008, 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 27 Tahun 2007 tanggal 25 Juni 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

Biologi adalah ilmu hafal-menghafal. Barangkali itulah yang tertanam dalam benak kalian selama ini. Maka, yang dikejar oleh kalian bukanlah pemahaman, namun bagaimana menghafal materi sebanyak mungkin. Nah, untuk menghentikan kondisi seperti itu, kami menghadirkan Seri Biologi SMA/MA ini. Melalui pendekatan kontekstual, diharapkan pembelajaran biologi terasa mengasyikkan, dan merangsang rasa ingin tahu.

Dalam buku ini, kami menyajikan beragam elemen dan rubrikasi antara lain: *Apersepsi*, berisi judul bab, gambar, serta keterangan gambar yang terkait dengan materi yang akan dipelajari. *Peta Konsep*, berupa konsep-konsep inti yang akan diberikan pada setiap bab. *Tujuan Pembelajaran*, yakni target yang ingin dicapai pada setiap bab. *Kata Kunci*, berisi kata-kata yang merupakan inti materi dalam bab terkait. *Telisisik*, yaitu rubrik berisi kegiatan siswa yang terkait dengan materi. *Percobaan*, yakni kegiatan siswa yang dilakukan di dalam kelas atau laboratorium, untuk membuktikan suatu teori yang terkait dengan materi. *Diskusi*, yaitu rubrik yang menyajikan suatu tema menarik untuk didiskusikan oleh siswa. *Galeri*, berisi aneka informasi tambahan. *Uji Kompetensi*, merupakan soal-soal akhir subbab. *Kilas*, berisi cuplikan informasi penting yang telah dipelajari oleh siswa pada materi ataupun kelas sebelumnya. *Senarai kata*, berisi penjelasan istilah-istilah penting dalam materi. *Ikhtisar*, yaitu rubrik khusus berisi ringkasan materi dalam satu bab. *Ulangan Harian*, berisi soal-soal tes di akhir bab, untuk menguji pemahaman siswa atas keseluruhan materi bab yang bersangkutan.

Selain rubrik-rubrik tersebut, masih ada ulangan blok yang meliputi *Latihan Ulangan Tengah Semester*, *Latihan Ulangan Akhir Semester*, dan *Latihan Ulangan Kenaikan Kelas*. Ketiganya berfungsi menguji ketercapaian kompetensi.

Demikianlah, buku ini telah kami upayakan agar dapat tampil maksimal. Untuk itu, kami mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Sunan Kalijaga Yogyakarta, penerbit Pustaka Insan Madani, dan semua pihak atas berbagai bentuk dukungannya.

Yogyakarta, November 2006

Tim Penulis Biologi

Daftar Isi

Kata Sambutan | iii

Kata Pengantar | iv

Daftar Isi | v

Bab I Struktur dan Fungsi Sel

- A. Sel Penyusun Makhluk Hidup • 2
 - 1. Sejarah Penemuan Sel • 2
 - 2. Komponen Kimiawi Sel • 3
 - 3. Struktur dan Fungsi Sel • 4
 - 4. Perbandingan Sel Hewan dan Sel Tumbuhan • 17
- B. Perbandingan Transport Zat pada Membran • 20
 - 1. Transpor Pasif • 20
 - 2. Transpor Aktif • 26

Bab II Struktur dan Fungsi Jaringan Tumbuhan

- A. Jenis-jenis Jaringan Tumbuhan • 32
 - 1. Jaringan Meristem • 32
 - 2. Jaringan Permanen • 34
 - 3. Sistem Jaringan pada Tumbuhan • 41
 - 4. Proses Pengangkutan Zat pada Tumbuhan • 42
- B. Organ Tumbuhan • 46
 - 1. Akar • 47
 - 2. Batang (*Stem*) • 51
 - 3. Daun (*Leaf*) • 55
- C. Sifat Totipotensi Sel Tumbuhan dan Kultur Jaringan • 59
 - 1. Sifat Totipotensi Sel Tumbuhan • 59
 - 2. Sifat Totipotensi Sebagai Dasar Kultur Jaringan • 60

Bab III Struktur dan Fungsi Jaringan Hewan

- A. Jaringan Hewan • 68
 - 1. Jaringan Epitel • 68
 - 2. Jaringan Ikat • 70
 - 3. Jaringan Saraf • 76
 - 4. Jaringan Otot • 77
 - B. Organ dan Sistem Organ • 80
 - 1. Organ • 80
 - 2. Sistem Organ • 81
 - 3. Tranplantasi Organ • 83
- Latihan Ulangan Tengah Semester I • 89

Bab IV Sistem Gerak Manusia

- A. Sistem Gerak • 94
 - 1. Rangka • 94
 - 2. Otot • 109
- B. Gangguan dan Kelainan pada Sistem Gerak Manusia • 115
 - 1. Gangguan dan Kelainan pada Tulang atau Rangka • 115
 - 2. Produk Teknologi yang Berkaitan dengan Kelainan Tulang • 118
 - 3. Gangguan atau Kelainan pada Otot • 119
 - 4. Produk Teknologi yang Terkait dengan Kelainan Otot • 120

Bab V Sistem Peredaran Darah

- A. Sistem Peredaran Darah Manusia • 126
 - 1. Darah • 126
 - 2. Alat-alat Peredaran Darah • 141
 - 3. Macam Peredaran Darah • 147
 - 4. Kelainan dan Penyakit pada Sistem Peredaran Darah • 148
- B. Sistem Peredaran Darah Hewan • 152
 - 1. Sistem Peredaran Darah Invertebrata • 152
 - 2. Sistem Peredaran Darah Vertebrata • 153

Latihan Ulangan Akhir Semester I • 163

Bab VI Sistem Pencernaan Makanan

- A. Makanan • 170
 - 1. Karbohidrat • 172
 - 2. Lemak • 175
 - 3. Protein • 177
 - 4. Vitamin • 180
 - 5. Mineral • 183
 - 6. Air • 186
- B. Sistem Pencernaan Makanan pada Manusia • 188
 - 1. Proses Pencernaan pada Manusia • 189
 - 2. Gangguan atau Kelainan Sistem Pencernaan Manusia • 196
 - 3. Pelbagai Teknologi yang Dapat Mencegah/Mengatasi Gangguan atau Kelainan Sistem Pencernaan Makanan • 198
- C. Sistem Pencernaan Makanan pada Hewan Ruminansia • 199

Bab VII Sistem Pernapasan

- A. Sistem Pernapasan Manusia • 206
 - 1. Struktur dan Fungsi Alat Pernapasan Manusia • 206
 - 2. Mekanisme Pertukaran Gas Oksigen (O₂) dan Karbondioksida (CO₂) • 210
 - 3. Mekanisme Pernapasan • 212
 - 4. Volume, Kapasitas, dan Frekuensi Paru-paru • 213
 - 5. Kelainan dan Penyakit pada Sistem Pernapasan Manusia • 216
- B. Sistem Pernapasan Hewani • 219

Bab VIII Sistem Ekskresi

- A. Sistem Ekskresi Manusia • 230
 - 1. Alat-alat Ekskresi Manusia • 230
 - 2. Gangguan dan Kelainan pada Sistem Ekskresi Manusia • 240

- B. Sistem Ekskresi Hewan • 242
 - 1. Sistem Ekskresi Cacing Pipih • 242
 - 2. Sistem Ekskresi Cacing Tanah • 242
 - 3. Sistem Ekskresi Serangga • 243
 - 4. Sistem Ekskresi Ikan • 244

Latihan Ulangan Tengah Semester II • 249

Bab IX Sistem Regulasi Manusia

- A. Sistem Saraf Manusia • 252
 - 1. Sel Saraf (Neuron) • 253
 - 2. Mekanisme Penghantaran Impuls Saraf • 254
 - 3. Mekanisme Terjadinya Gerak Refleks • 257
 - 4. Susunan Sistem Saraf • 258
 - 5. Gangguan atau Kelainan yang Terjadi pada Sistem Saraf • 266
- B. Sistem Hormon Manusia • 267
 - 1. Kelenjar Hipofisis (Pituitari) • 268
 - 2. Kelenjar Tiroid (Kelenjar Gondok) • 269
 - 3. Kelenjar Paratiroid (Anak Gondok) • 270
 - 4. Kelenjar Timus • 271
 - 5. Kelenjar Adrenal (Anak Ginjal) • 271
 - 6. Kelenjar Pankreas • 271
 - 7. Kelenjar Kelamin • 272
 - 8. Kelenjar Pencernaan • 273
- C. Sistem Indra • 273
 - 1. Indra Penglihat • 274
 - 2. Indra Peraba dan Perasa • 277
 - 3. Indra Pendengar • 279
 - 4. Indra Pembau • 283
 - 5. Indra Pengecap • 283

Bab X Sistem Reproduksi Manusia

- A. Sistem Reproduksi Pria • 292
 - 1. Alat-alat Reproduksi Pria • 292
 - 2. Proses Pembentukan Sperma (Spermatogenesis) • 295
 - 3. Kontrol Hormonal pada Sistem Reproduksi Pria • 296
- B. Sistem Reproduksi Wanita • 297
 - 1. Alat-alat Reproduksi Wanita • 297
 - 2. Oogenesis • 299
 - 3. Kontrol Hormonal pada Sistem Reproduksi Wanita • 300
 - 4. Siklus Menstruasi • 301
 - 5. Fertilisasi, Gestasi (Kehamilan), dan Persalinan • 302
 - 6. Air Susu Ibu (ASI) • 306
- C. Gangguan Sistem Reproduksi dan Teknologi Reproduksi Manusia • 307
 - 1. Gangguan atau Kelainan Sistem Reproduksi Manusia • 307
 - 2. Teknologi Reproduksi Manusia • 308
 - 3. Penyakit Menular Seksual (PMS) • 309

- A. Antigen dan Antibodi • 316
 - 1. Pengertian Antigen dan Antibodi • 316
 - 2. Struktur dan Fungsi Antibodi • 318
 - 3. Pembentukan Antigen dan Antibodi • 319
 - B. Mekanisme Pertahanan Tubuh • 322
 - 1. Ragam Mekanisme Pertahanan Tubuh • 322
 - 2. Kegagalan Mekanisme Pertahanan Tubuh • 324
- Latihan Ulangan Kenaikan Kelas • 329
Kunci Jawaban • 335
Indeks • 342
Daftar Pustaka • 344

B a b I

Struktur dan Fungsi Sel



Dok. PIM

Sebuah rumah tersusun dari tembok, pintu, jendela, atap, dan lain-lain. Sebidang tembok, tersusun atas ribuan batu bata yang direkatkan satu sama lain. Tanpa batu bata, mustahil tembok dapat berdiri.

Ibarat batu bata yang tersusun membentuk tembok, demikian pula sel menyusun tubuh makhluk hidup. Lalu, apa yang dimaksud dengan sel? Apa fungsinya di dalam tubuh? Bahasan berikut akan menjelaskannya.

Kata Kunci

- Sel
- Protoplasma
- Membran sel
- Organel sel
- Osmosis
- Difusi
- Transpor aktif

Pada bab berikut, kita akan mempelajari struktur dan fungsi sel sekaligus komponen kimiawi yang menyusunnya. Selain itu, kita juga akan mengidentifikasi pelbagai organel sel penyusun tubuh tumbuhan dan hewan. Sementara itu, mekanisme transpor yang terjadi pada membran sel juga akan kita pelajari di bagian akhir bab ini.

Dengan mempelajari bab ini, kalian diharapkan mampu mengetahui struktur dan fungsi sel, baik sel hewan maupun sel tumbuhan. Sekaligus juga kalian diharapkan mampu membedakan struktur sel hewan dan struktur sel tumbuhan tersebut.

A. Sel Penyusun Makhluk Hidup

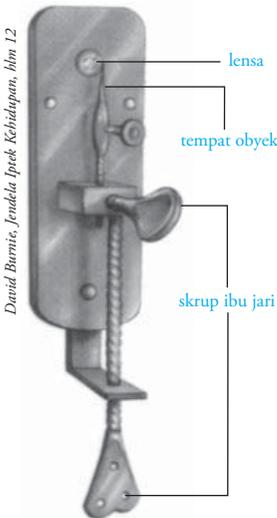
Saat terdengar kata “sel”, mungkin yang tebersit dalam benak adalah tempat untuk mengurung penjahat atau pelaku tindak kriminal. Pemahaman ini tidak seutuhnya salah, sebab sel diibaratkan sebuah kamar-kamar kecil yang tersebar di seluruh tubuh. Isi kamar tersebut berupa organel sel yang selalu beraktivitas. Karena itu, **sel** dapat diartikan sebagai unit terkecil penyusun makhluk hidup dan sebagai tempat berlangsungnya aktivitas kehidupan. Aktivitas kehidupan sel meliputi sintesis, pengangkutan zat, pernapasan, pengeluaran zat sisa, pertumbuhan dan perkembangan.

1. Sejarah Penemuan Sel

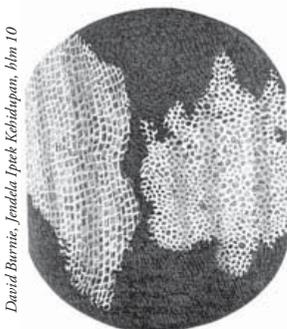
Penemuan sel pertama kali diawali dengan ditemukannya mikroskop oleh **Antoni von Leeuwenhoek**. Bentuk mikroskop tersebut dapat kalian ketahui dengan mencermati Gambar 1.1. Adanya penemuan mikroskop ini mengilhami ilmuwan Inggris, **Robert Hooke** (1635-1703), ahli pembuat mikroskop, melakukan pengamatan terhadap suatu obyek biologi. Saat itu ia mengamati irisan penampang melintang gabus batang tumbuhan. Irisan melintang tersebut tampak pada Gambar 1.2. Ia melihat bahwa di dalam irisan itu terdapat rongga segi enam yang kosong dan mati. Ia menyebut rongga tersebut dengan nama **sel**, yang berasal dari kata *cellula* yang berarti ‘kamar’.

Tahun 1838, dua ahli biologi Jerman, yakni **Mathias J. Schleiden** yang ahli botani dan **Theodor Schwann** yang ahli zoologi, membuktikan bahwa sel itu hidup dan bukanlah kamar kosong. Namun, di dalam sel tersebut terdapat sitoplasma yang berisi cairan. Oleh karena itu, muncullah teori terkait sel. Teori ini dinamakan **teori sel** yang berbunyi bahwa semua makhluk hidup tersusun atas sel. Sel merupakan bagian terkecil makhluk hidup yang memiliki aktivitas kehidupan. Sehingga hal ini menunjukkan bahwa sel merupakan penyusun dasar tubuh makhluk hidup.

Penelitian tentang sel kemudian dilanjutkan oleh **Felix Dujardin**. Ia menemukan bahwa sel terdiri atas dinding sel dan isi sel. Isi sel ini meliputi materi yang bersifat hidup dan termasuk bagian terpenting sel hidup. Isi sel tersebut dinamakan **protoplasma** dengan arti zat pertama yang dibentuk. Sebenarnya, istilah protoplasma sudah diperkenalkan



Gambar 1.1 Bentuk mikroskop yang ditemukan pertama kali



Gambar 1.2 Irisan melintang gabus batang tumbuhan yang diamati Hooke

pertama kali tahun 1839 oleh ahli fisiologi **J. Purkinye**. Protoplasma merupakan bagian sel yang berisi cairan menyerupai agar-agar.

Pada tahun 1858 **Rudolf Virchow** melengkapi teori tentang sel tersebut. Ia menemukan bahwa setiap sel berasal dari sel yang ada sebelumnya (*omnis cellula cellula*), sehingga muncul teori sel yang menyatakan bahwa sel merupakan kesatuan pertumbuhan. Tahun 1880 **August Weismann** memberikan suatu kesimpulan bahwa sel yang ada saat ini dapat ditelusuri asal-usulnya hingga makhluk hidup yang paling awal.

Inilah sejarah penemuan sel dari awal hingga abad ke-19. Tentu-nya, pembahasan sel saat ini semakin berkembang. Untuk mengetahui lebih mendalam tentang sejarah penemuan sel, coba kalian lakukan kegiatan pada rubrik berikut.

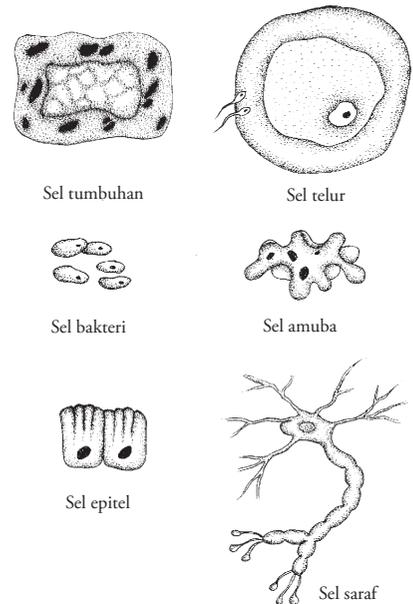
Telisisik

Bersama teman sebangku kalian, carilah artikel yang terkait perkembangan teori sel pada koran, majalah, internet, atau sumber lainnya. Kalian dapat mengumpulkan artikel tersebut dalam bentuk kliping. Hasilnya dapat dikumpulkan pada guru yang selanjutnya diberikan ke perpustakaan sebagai koleksi referensi.

Sel hidup memiliki berbagai ukuran dan bentuk, yakni bulat, oval, panjang, pendek, berekor, atau lainnya. Untuk mengetahui pelbagai bentuk sel pada makhluk hidup, perhatikan Gambar 1.3. Sekelompok sel yang memiliki bentuk dan fungsi sama akan membentuk sebuah **jaringan**. Sekelompok jaringan yang berbeda akan menyusun suatu **organ**. Kemudian, organ-organ yang berbeda bekerja bersama membentuk **sistem organ**. Berbagai sistem organ yang berbeda akan berkumpul sehingga terbentuk **individu**.

Seiring perkembangan teknologi mikroskop dan teknik pewarnaan, penemuan bagian sel pun mengalami kemajuan. Hal ini dibuktikan dengan adanya penemuan **organel sel** sebagai penyusun sel hidup. Alhasil, komponen sel yang diketahui semakin bertambah. Sel tidak hanya tersusun atas membran plasma, inti sel dan sitoplasma saja, namun juga organel sel. Bahkan, pada tahun 1944 telah ditemukan komponen sel yaitu DNA atau gen.

Selain sebagai unit terkecil dalam kehidupan, sel juga sebagai unit fungsional. Artinya, sel-sel yang menyusun tubuh makhluk hidup tersebut dapat melakukan fungsi atau kegiatan hidup. Selain itu, sel juga berperan sebagai unit hereditas (pewaris), yakni penurun sifat genetik dari satu generasi ke generasi berikutnya.



Gambar 1.3 Berbagai bentuk sel

2. Komponen Kimiawi Sel

Protoplasma adalah sejenis substansi kompleks seperti agar-agar yang tidak habis digunakan saat aktifitas kimiawi dalam menjaga kelangsungan hidup sel. Substansi kompleks sel tersebut merupakan campuran beberapa senyawa yang memiliki perbandingan sama. Seba-

gian besar komposisi protoplasma adalah air, yakni sekitar 70% sampai 90%. Di dalamnya terdapat garam mineral dan senyawa organik/senyawa karbon seperti karbohidrat, lemak, dan protein.

Komposisi protoplasma dalam setiap sel makhluk hidup berbeda. Sebab, protoplasma tersusun atas berbagai campuran zat. Oleh karena itu, kemungkinan protoplasma yang menyusun sel penyusun organ tubuh tertentu berbeda dengan sel penyusun organ tubuh yang lain. Sebagai contoh, protoplasma yang menyusun sel otot berbeda dengan protoplasma penyusun sel otak.

Berdasarkan asal bahannya, protoplasma memiliki dua bentuk, yakni bagian cair dan semi cair seperti gel. Kedua bentuk protoplasma ini amat bergantung pada bahan fisiologis sel.

Sekalipun para ilmuwan mengetahui berbagai jenis senyawa dalam protoplasma, namun tidak satupun yang mampu membuat sebuah campuran sehingga bisa disebut protoplasma. Kendalanya adalah sifat pasti dari protoplasma masih belum diketahui. Selain itu, para ilmuwan belum mampu menghasilkan kondisi lingkungan yang hidup dapat mulai. Ini membuktikan kuasa dari Tuhan Yang Maha Esa.

Protoplasma sebuah sel tersusun atas tiga bagian, antara lain membran sel, sitoplasma, dan organel sel (termasuk nukleus). Kalian dapat mempelajarinya pada bahasan berikutnya. Untuk mengetahui lebih lanjut mengenai bahasan komponen kimiawi sel, laksanakan tugas di rubrik *Telisik* berikut.

Telisik

Secara mandiri, coba kalian cari informasi yang terkait dengan komponen kimiawi sel dari internet atau buku referensi lainnya. Komunikasikan hasilnya dengan guru dan teman kalian.

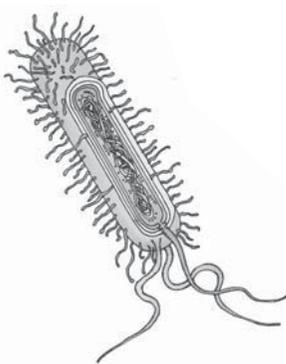
3. Struktur dan Fungsi Sel

Sebuah sel merupakan unit terkecil dalam kehidupan. Di dalamnya berisi suatu zat hidup yang dinamakan protoplasma. Protoplasma merupakan gabungan dua kata yang berasal dari Yunani, yakni *protos* artinya pertama dan *plasm* artinya bentuk.

Secara umum, struktur sel makhluk hidup terbagi dalam dua jenis, meliputi sel prokariotik dan sel eukariotik.

Prokariotik (*prokaryote*) berasal dari bahasa Yunani, yakni *pro* artinya 'sebelum' dan *karyon* artinya 'kernel' atau 'nukleus'. Berdasarkan asal kata tersebut, **sel prokariotik** diartikan sebagai sel makhluk hidup yang tidak bernukleus. Ciri-ciri sel prokariotik adalah materi genetiknya berada di dalam nukleoid; tidak bermembran; dan tidak memiliki beberapa organel khusus, seperti mitokondria, kloroplas, retikulum endoplasma, aparatus Golgi, lisosom, dan peroksisom.

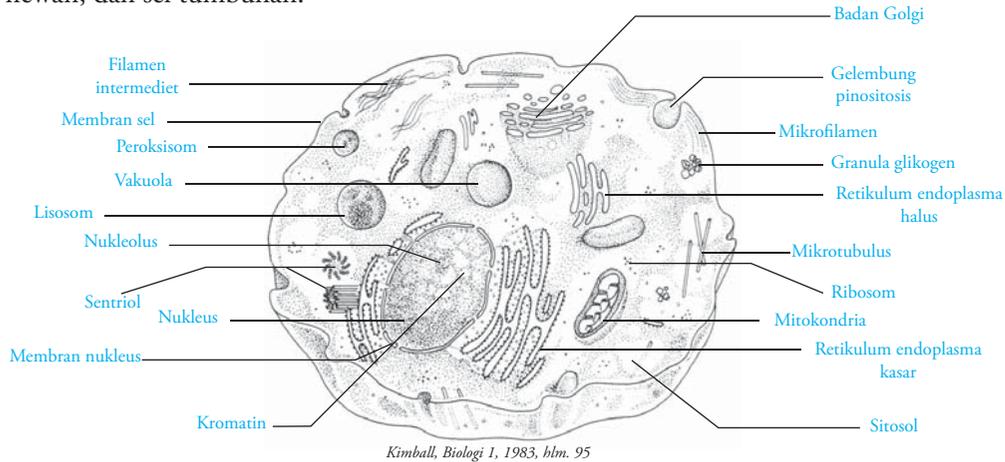
Di samping itu, sel prokariotik memiliki materi genetik seperti DNA dan RNA, DNA plasmid, dan beberapa organel sel, semisal ribosom, dinding sel, mesosom, dan kromatofor yang berfungsi sama



Gambar 1.4 Sel prokariotik bakteri *Bacillus coagulans*

dengan kloroplas dan mitokondria. Makhluk hidup yang berjenis sel prakariotik, misalnya bakteri dan alga hijau biru.

Sebaliknya, **sel eukariotik** (Yunani: *eu*, berarti sebenarnya) merupakan sel makhluk hidup bernukleus yang diselaputi membran. Di dalam membran ini terdapat cairan yang disebut sitoplasma. Contoh sel eukariotik adalah protozoa (seperti amoeba, flagellata, ciliata), sel hewan, dan sel tumbuhan.

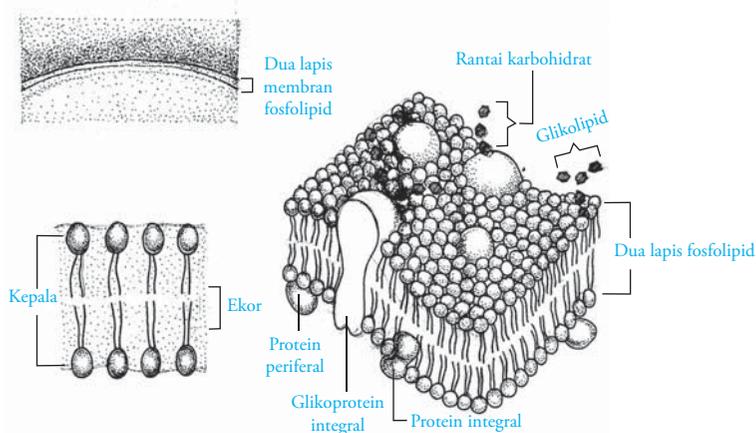


Gambar 1.5 Sel dan bagian-bagiannya

Telah disebutkan di depan bahwa protoplasma sel tersusun oleh membran sel, sitoplasma, dan organel sel. Kita dapat mengetahui struktur dan fungsinya dengan menyimak dan memahami uraian berikut.

a. Membran Sel

Membran sel disebut juga **membran plasma**. Membran sel merupakan bagian sel yang terletak pada bagian terluar. Sebagian besar bagian sel ini dimiliki oleh sel organisme eukariotik. Perhatikan Gambar 1.6.



Gambar 1.6 Struktur membran sel

Membran sel merupakan pembatas antara bagian dalam sel dengan lingkungan luarnya. Fungsinya antara lain melindungi isi sel, pengatur keluar-masuknya molekul-molekul, dan juga reseptor rangsangan dari

Kilas

Pada bahasan sejarah penemuan sel, disebutkan bahwa protoplasma yang ditemukan Felix Dujardin adalah salah satu bagian sel yang berisi organela sel. Sel memiliki bagian berisi cairan yang disebut sitoplasma.

luar. Bagian khusus membran sel yang berfungsi sebagai reseptor adalah **glikoprotein**. Glikoprotein merupakan bagian membran sel yang tersusun atas karbohidrat dan protein. Selain itu, pada membran plasma terdapat glikolipid yang tersusun atas karbohidrat dan lemak.

Membran sel tersusun atas molekul yang disebut **lipoprotein**. Lipoprotein merupakan senyawa kimia yang terdiri atas lemak fosfolipid dan protein. Letak molekul lemak berada di tengah membran. Karena itu, membran ini dinamakan **fosfolipid lapis ganda** (*bilayer fosfolipid*).

Di sebelah luar dan sebelah dalam lapisan lemak pada membran sel terdapat dua lapisan protein, yakni protein integral dan **protein perifer**. Protein membran yang terbenam di antara lapisan lemak disebut protein integral. Sementara, protein yang menempel pada lapisan lemak disebut **protein tepi** (**protein perifer**).

Pada bagian luar membran plasma terdapat karbohidrat yang melekat pada protein. Di samping itu, karbohidrat juga melekat pada fosfolipid. Fosfolipid merupakan bagian membran plasma yang memiliki kepala dan ekor. Bagian kepala fosfolipid bersifat hidrofilik atau suka air, sedangkan bagian ekornya bersifat menolak air atau hidrofobik.

Membran sel berbentuk tak simetris. Walau demikian, berbagai zat yang masuk dan keluar dari sel dapat terseleksi dengan baik. Zat yang masuk melalui fosfolipid lapis ganda meliputi molekul-molekul hidrofobik. Sementara, zat yang tertolak misalnya saja ion Na^+ , K^+ , dan Cl^- . Kemampuan ini dimiliki karena membran sel bersifat **selektif permeabel**.

b. Sitoplasma

Sitoplasma merupakan cairan yang mengelilingi inti sel dengan membran sel sebagai batas luarnya. Dasar penyusunnya ialah sitosol yang bersifat koloid. Di dalam sitosol terdapat ion sederhana misalnya natrium, fosfat dan klorida, molekul organik seperti asam amino, ATP dan nukleotida, dan tempat penyimpanan bahan. Sitosol dapat berubah dari fase sol (cair) ke fase gel (semi-padat) atau juga sebaliknya. Cairan sitosol yang lebih pekat dan berbatasan dengan membran sel dinamakan ektoplasma.

Keberadaan sitoplasma bagi sel amatlah penting. Ini ditunjukkan dengan beragamnya fungsi yang dimiliki, antara lain: tempat penyimpanan bahan-bahan kimia yang berguna saat proses metabolisme sel (seperti enzim, protein, dan lemak); tempat berlangsungnya reaksi metabolisme; dan tempat organel-organel untuk bergerak dan bekerja sesuai fungsinya.

c. Organel Sel

Organel sel menyusun setiap sel makhluk hidup prokariotik dan eukariotik. Organel sel prokariotik telah kita singgung di depan, sementara sel eukariotik memiliki beberapa organel sel khusus. Organel sel eukariotik meliputi nukleus, retikulum endoplasma, mitokondria, plastida, aparatus Golgi/badan Golgi, lisosom, badan mikro, sentriol, kloroplas, mikrotubulus, dan mikrofilamen.

Sel tumbuhan mempunyai beberapa organel yang khas seperti adanya dinding sel, vakuola, dan kloroplas. Sedangkan sel hewan tidak memiliki ketiga organel tersebut. Sel hewan bisa mempunyai vakuola dengan ukuran sangat kecil. Sel hewan juga bisa memiliki dua vakuola misalnya hewan bersel satu.

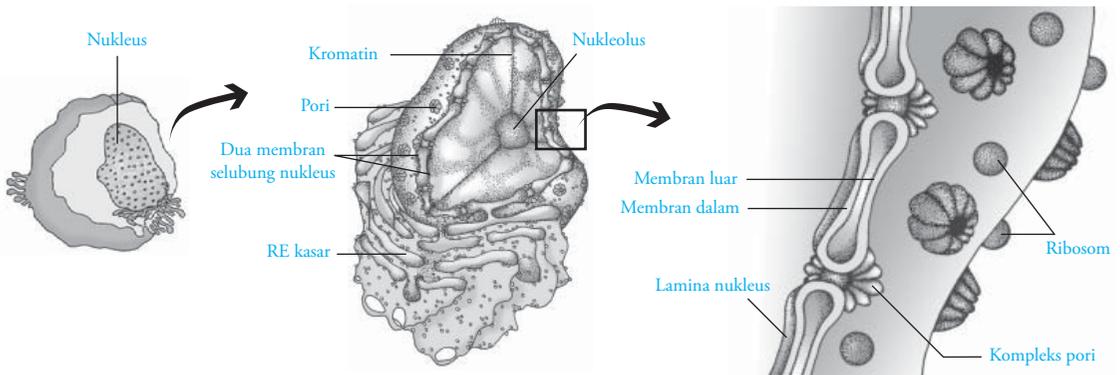
Organel sel makhluk hidup dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok, yakni organel sel bermembran dan tidak bermembran. Mari kita perhatikan ulasan berikut.

1) Organel Sel Bermembran

Organel sel bermembran dari makhluk hidup antara lain; nukleus, retikulum endoplasma, aparatus Golgi, mitokondria, lisosom, badan mikro, vakuola, dan kloroplas.

a) Nukleus (Inti Sel)

Nukleus atau inti sel merupakan organel sel terbesar dibanding organel sel lainnya. Diameter nukleus berkisar antara 10 sampai 20 μm . Nukleus ini berbentuk bulat oval. Bagian-bagian yang melapisi nukleus meliputi membran inti, nukleoplasma, dan nukleolus (anak inti). Perhatikan Gambar 1.7.



Gambar 1.7 Struktur nukleus

Membran inti atau **karioteka** merupakan lapisan pembungkus inti sel. Pada permukaannya terdapat pori-pori yang berfungsi sebagai tempat keluar-masuknya molekul dari sitoplasma ke nukleoplasma. Membran inti ini berhubungan dengan membran sel melalui organel yang disebut **retikulum endoplasma**.

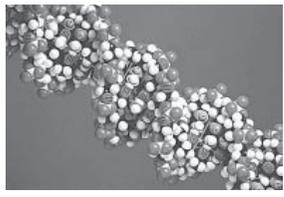
Di dalam nukleus terdapat cairan yang dinamakan **nukleoplasma**. Cairan nukleoplasma tersusun dari air, asam inti, protein, dan enzim. Sifat cairannya adalah gel. Pada nukleoplasma bisa ditemui benang kromatin. Saat sel mengalami pembelahan, benang kromatin ini akan mengalami penebalan sehingga membentuk kromosom. Kromosom merupakan zat yang berisi materi genetik.

Kilas

Susunan sel prokariotik antara lain: materi genetik (DNA dan RNA), DNA plasmid, ribosom, dinding sel, mesosom, dan kromatofor yang berfungsi sama dengan kloroplas dan mitokondria.

Galeri

Spiral yang Menakjubkan



Struktur DNA berupa untai spiral rangkap, mirip tangga terpilin. Urutan anak tangga adalah kode yang memberikan perintah pada sel untuk membentuk protein tertentu. Saat protein dibuat, pilinan membuka ke tengah sehingga kode terbuka.

DNA ditemukan oleh dua ilmuwan muda, Francis Crick dari Inggris dan James Watson dari Amerika Serikat pada tahun 1953.

Burnie, *Jendela Iptek Kehidupan*, 2000, hlm. 35

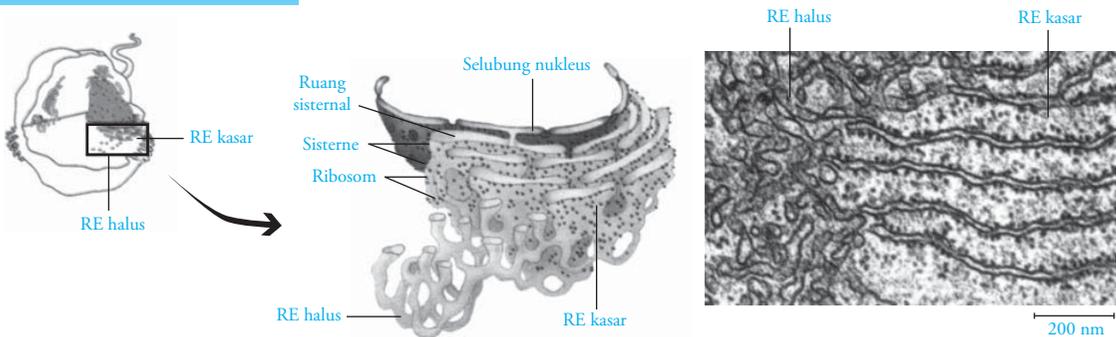
Nukleoplasma menyelubungi bagian penting sel yang disebut **nukleolus (anak inti)**. Setiap nukleolus memiliki peran dalam pembentukan protein, semisal RNA ribosom (disingkat RNAr) dan RNA. RNA ribosom merupakan salah satu bahan pembentuk ribosom. Saat pembelahan sel secara mitosis, tepatnya saat fase profase, nukleolus lenyap atau hilang. Namun, saat fase interfase, nukleolus terbentuk kembali.

Di dalam sel, nukleus memiliki peran penting, antara lain: menjadi pusat kontrol sel; pembawa perintah sintesis protein dalam inti DNA; memperbaiki sel yang rusak dalam nukleolus; memengaruhi produksi ribosom dan RNA; dan berperan dalam pembelahan sel.

b) *Retikulum Endoplasma*

Antara organel sel satu dengan organel sel lainnya, seperti nukleus dan membran sel, dihubungkan oleh organel yang disebut retikulum endoplasma (RE). **RE** merupakan sebuah sistem membran kompleks yang membentuk kantong pipih dan meluas hampir menutupi sitoplasma. RE memiliki jaringan tubula dan gelembung membran yang disebut **sisterne**.

RE terbagi atas dua macam, yakni RE kasar dan RE halus. Permukaan RE kasar tertutup oleh ribosom, sedangkan permukaan RE halus tidak tertutupi oleh ribosom. Perhatikan Gambar 1.8.



Campbell, Reece, Mitchell, Biologi 1, 2003, hlm. 122

Gambar 1.8 Retikulum endoplasma (RE) kasar dan RE halus

RE kasar berfungsi sebagai penampung protein sekretoris yang telah disintesis oleh ribosom. Protein ini akan dimasukkan ke dalam kantong pipih yang disebut **lumen RE**. RE kasar juga berperan dalam produksi membran yang ditranspor ke organel lainnya. Membran yang demikian dinamakan **membran RE**.

Berbeda dengan RE kasar, RE halus memiliki beberapa fungsi, antara lain: mensintesis berbagai zat seperti lemak, kolesterol, fosfolipid, dan steroid; metabolisme karbohidrat, misalnya proses penyimpanan karbohidrat dalam bentuk glikogen pada sel hati; dan membantu proses penetralan obat dan racun yang biasa terjadi pada RE sel hati.

Namun demikian, RE kasar dan RE halus mempunyai fungsi yang sama, yakni sebagai alat transpor molekul dari satu sel ke sel lain, memproduksi antibodi, dan berperan dalam proses glikolasi yaitu penambahan gula pada molekul protein.

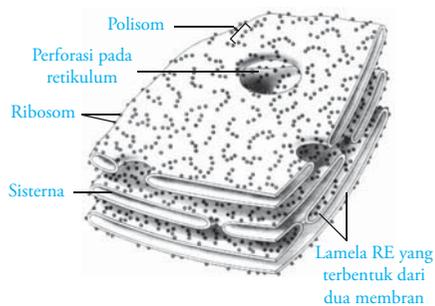
c) *Aparatus Golgi*

Protein yang dihasilkan ribosom akan ditranspor melewati aparatus Golgi. Di dalam aparatus Golgi tersebut, protein diproses dan disimpan, kemudian dikirim ke organel lainnya.

Dinamakan aparatus Golgi karena ditemukan oleh ilmuwan yang bernama **Camilio Golgi**. Organel ini disebut pula **badan Golgi** atau **diktiosom**. Secara struktural, aparatus Golgi tersusun atas kantong pipih bertumpuk-tumpuk yang disebut sisterne. Perhatikan Gambar 1.10.

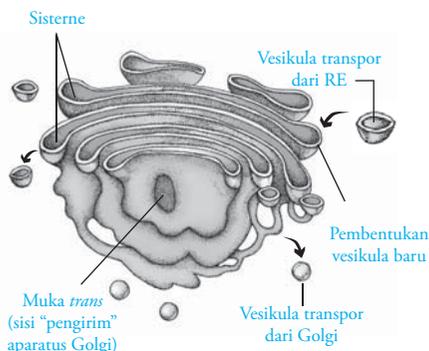
Pada proses metabolisme sel, aparatus Golgi berfungsi sebagai penerima dan pengirim vesikula transpor yang berisi protein. Selain itu, aparatus Golgi dijadikan tempat terjadinya glikolasi. **Glikolasi** merupakan suatu proses modifikasi protein sesuai protein disintesis dengan mereaksikan bersama glikosilat (gula). Hasil glikolasi yang berupa glikoprotein disimpan dan selanjutnya dikirimkan ke luar sel oleh vesikula transpor.

Di samping fungsi tersebut, aparatus Golgi dapat pula berperan dalam pembentukan lisosom dan berbagai enzim pencernaan yang belum aktif, misalnya enzim zymogen dan koenzim.



Glenn, Susan Toole, *Understanding Biology*, 1999, hlm. 59

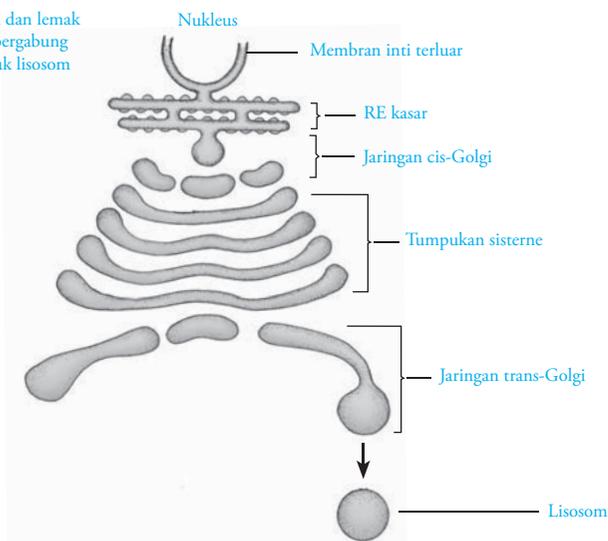
Gambar 1.9 Struktur retikulum endoplasma kasar



Campbell, Reece, Mitchell, *Biologi 1*, 2003, hlm. 124

Gambar 1.10 Aparatus Golgi

Vesikel (kantong) yang berisi protein dan lemak melewati badan Golgi, kemudian bergabung dengan bagian yang lain membentuk lisosom



Gambar 1.11 Aparatus Golgi dan hubungannya dengan nukleus, retikulum endoplasma dan liso-

Sebagian besar badan Golgi terdapat pada sel-sel sekretori, sehingga produknya banyak disekresikan. Sebagai contoh, sel sekretori pada kelenjar pencernaan yang mengeluarkan enzim-enzim pencernaan, misalnya laktase dan peptidase. Badan Golgi juga ada yang terdapat pada sel-sel pankreas yang mengeluarkan tripsin dan lipase, termasuk juga pada kelenjar air mata yang mengeluarkan antibodi.

d) *Lisosom*

Lisosom (*lysis* = pemisahan, pembelahan, *soma* = tubuh) adalah badan berbentuk bulat seperti kantong kecil dengan diameter 0,1 sampai 1 μm . Perhatikan Gambar 1.12. Di dalam lisosom terdapat 50 enzim dan kebanyakan adalah enzim hidrolitik yang bersifat asam. Enzim hidrolitik digunakan lisosom untuk mencerna makromolekul saat pencernaan intraseluler. Contoh enzim hidrolitik adalah lipase, protase, nuklease, dan fosfatase. Sementara, makromolekul yang dihidrolisis misalnya protein, polisakarida, lemak, dan asam nukleat.

Di dalam sel, lisosom berperan saat terjadi fagositosis. **Fagositosis** merupakan proses pencernaan yang dilakukan makhluk hidup dalam memakan organisme atau zat makanan yang lebih kecil dari tubuhnya. Pada makhluk hidup uniseluler, proses fagositosis terjadi pada *Amoeba*. Sementara pada manusia, proses ini terjadi pada **sel makrofaga**, yakni suatu sel yang berperan dalam pertahanan tubuh dari bakteri perusak dan penyerang lainnya.

Selain proses fagositosis, lisosom juga berperan dalam proses autofagi. **Autofagi** adalah proses daur ulang materi organik oleh enzim hidrolitik secara individual. Di dalam tubuh manusia, proses autofagi misalnya terjadi pada sel hati.

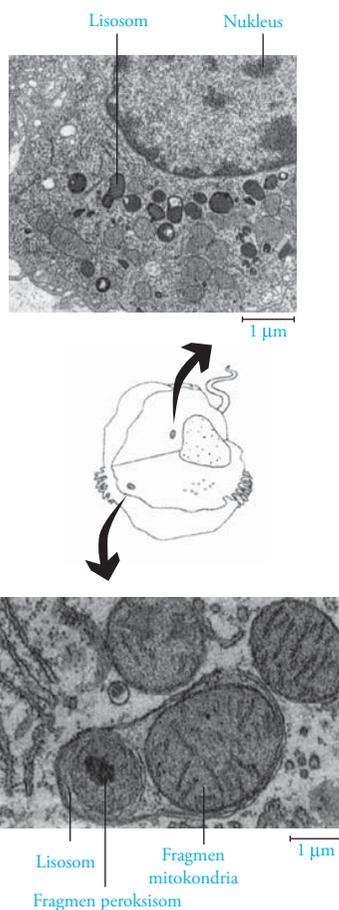
Di dalam sel, lisosom juga mampu mencerna partikel-partikel yang masuk secara endositosis dan pengeluaran enzim secara eksositosis. Misalnya, saat terjadi pembentukan tulang keras dari tulang rawan.

Lisosom dapat pula melakukan autolisis. **Autolisis** juga termasuk proses yang terjadi pada lisosom. Autolisis merupakan proses penghancuran bagian tertentu suatu makhluk hidup secara mandiri. Contohnya, perusakan sel ekor katak saat masih berudu.

e) *Mitochondria*

Mungkin kalian pernah melihat sosis, makanan yang bahan bakunya dari daging berbentuk bulat lonjong. Bentuk mitokondria hampir menyerupai sosis. Perhatikan Gambar 1.13.

Di dalam sel, mitokondria berperan dalam proses respirasi aerob yang menggunakan oksigen. Untuk itu, mitokondria memiliki jumlah lebih dari satu di dalam sel. Variasi jumlahnya bergantung pada tingkat metabolismenya. Andaikan kebutuhan energi sel besar,



Campbell, Reces, Mitobell, Biologi 1, 2003, hlm. 125

Gambar 1.12 Lisosom

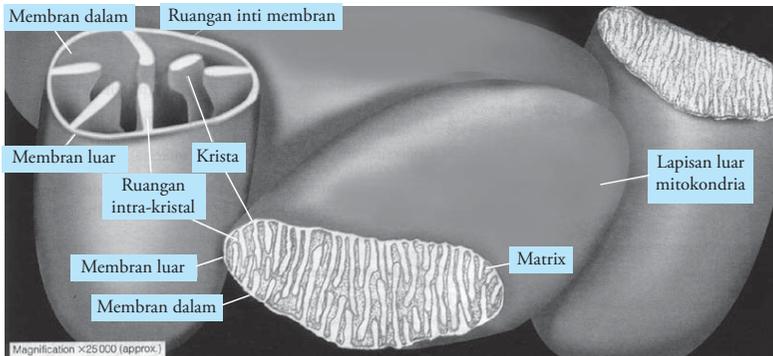
Microsoft Encarta Premium 2006



Gambar 1.13 Mitochondria ibarat sosis

jumlah mitokondria di dalam sel sangat banyak. Sebaliknya, apabila kebutuhan energi sel kecil, jumlah mitokondria sedikit.

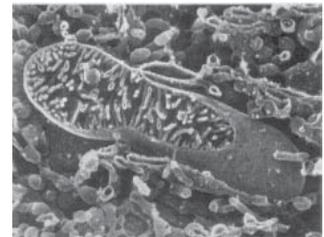
Secara struktural, sebuah mitokondria dibungkus oleh selapis membran rangkap. Membran rangkap ini terdiri atas membran luar yang halus dan membran dalam yang berlekuk-lekuk. Membran dalam mitokondria dinamakan **krista**. Krista memiliki lekukan yang banyak jumlahnya. Fungsi krista adalah memperluas permukaan saat berlangsung respirasi. Dengan begitu, hasil respirasi seluler yang diperoleh dapat meningkat. Perhatikan Gambar 1.14.



Glenn, Susan Toole, *Understanding Biology*, 1999, hlm. 57

Gambar 1.14 Struktur Mitokondria

Membran dalam mitokondria terbagi menjadi dua ruangan, yaitu ruang intermembran dan ruang matriks mitokondria. **Ruang intermembran** adalah ruang sempit yang berada di antara membran dalam dan membran luar. Sedangkan **ruang matriks mitokondria** diselubungi oleh membran dalam. Untuk lebih jelasnya, simaklah Gambar 1.15. Pada matriks mitokondria ini terdapat enzim pernapasan yang disebut **sitokrom**, sehingga oksidasi asam lemak dapat berlangsung. Enzim sitokrom ini berfungsi sebagai pengontrol siklus asam sitrat yang mengandung protein.



Glenn, Susan Toole, *Understanding Biology*, 1999, hlm. 58

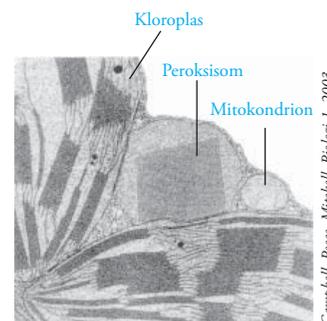
Gambar 1.15 Mitokondria dalam sel

f) *Badan Mikro*

Sesuai namanya, badan mikro berukuran kecil dengan diameter 0,3 hingga 1,5 μm . Organel ini terbungkus oleh selapis membran yang terdiri atas peroksisom dan glioksisom. Perhatikan Gambar 1.16.

Perioksisom mengandung banyak enzim katalase. Enzim katalase berperan untuk menguraikan hidrogen peroksida (H_2O_2) sehingga menjadi netral dari racun. Selain itu, enzim katalase juga berperan dalam metabolisme lemak dan fotospirasi.

Perioksisom dapat kita temukan pada sel hewan dan sel tumbuhan. Pada sel hewan, banyak perioksisom terdapat pada sel hati, sel otot, dan sel ginjal. Perioksisom ini sangat terkait dengan retikulum endoplasma. Sebab, peroksisom merupakan membran yang dihasilkan retikulum endoplasma.



Campbell, Reece, *Mitchell, Biologi 1*, 2003, hlm. 129

Gambar 1.16 Peroksisom yang berada pada sel daun

Sementara itu, glioksisom terdapat banyak pada sel tumbuhan yang berlemak, misalnya saja pada biji. Di dalamnya terdapat enzim katalase dan oksidase yang berperan dalam metabolisme lemak yakni mengubah lemak menjadi gula. Energi hasil metabolisme ini digunakan saat perkecambahan biji.

g) *Vakuola*

Vakuola merupakan organel dalam sel yang berisi cairan. Di dalam vakuola terdapat membran yang disebut **tonoplas**. Organel ini banyak terdapat pada sel tumbuhan. Kalau pun ada pada sel hewan, bentuk vakuolanya amat kecil. Lihat Gambar 1.17.

Sebuah vakuola tumbuhan berisi larutan garam mineral, gula, asam amino, bahan sisa (seperti tanin) dan beberapa pigmen seperti antosianin.

Setiap sel tumbuhan memiliki bentuk vakuola yang amat beragam. Vakuola sel tumbuhan dewasa berbentuk besar, sedangkan vakuola tumbuhan muda berbentuk kecil. Semakin tua usia tumbuhan, maka vakuolanya akan bertambah besar, bahkan bisa menjadi bagian yang dominan dalam sel.

Pada sel tumbuhan, vakuola memiliki berbagai fungsi, antara lain: sebagai tempat menyimpan cadangan makanan dan ion anorganik, seperti gula, protein, kalium, dan klorida; sebagai **osmoregulator** yakni penjaga nilai osmotik sel; dan berperan dalam proses sekresi hasil sisa metabolisme yang membahayakan sel.

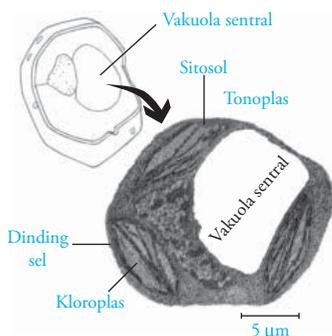
Untuk menarik datangnya serangga penyerbuk, sebagian vakuola sel tumbuhan memiliki pigmen. Contohnya, pigmen merah dan biru pada mahkota bunga. Sebaliknya, supaya hewan pemangsa tidak datang mendekat, vakuola sel tumbuhan mengandung senyawa beracun dan bau tak sedap.

Pada sel hewan, vakuola hanya terdapat pada hewan uniseluler saja. Contohnya adalah protozoa. Fungsi vakuola adalah sebagai vakuola pencernaan makanan (vakuola non-kontraktile). Selain itu, protozoa juga memiliki vakuola berdenyut (vakuola kontraktile) yang berperan dalam pengaturan tekanan osmotik sitoplasma.

h) *Kloroplas*

Selain vakuola, ciri organel khas yang dimiliki sel tumbuhan adalah kloroplas. Kloroplas termasuk pada sebuah kelompok organel besar yang disebut **plastida**. Pada sel tumbuhan, kloroplas ini tersebar pada cairan sitoplasma. Kloroplas memiliki diameter sekitar 5 sampai 10 μm . Hampir setiap sel tumbuhan mengandung kloroplas dengan jumlah 20 hingga 40 buah.

Secara struktural, kloroplas memiliki membran rangkap yang disebut **selubung kloroplas**. Selubung kloroplas ini tersusun atas membran luar dan membran dalam. Untuk membran dalamnya, memiliki struktur yang sama dengan membran sel. Perhatikan Gambar 1.18.



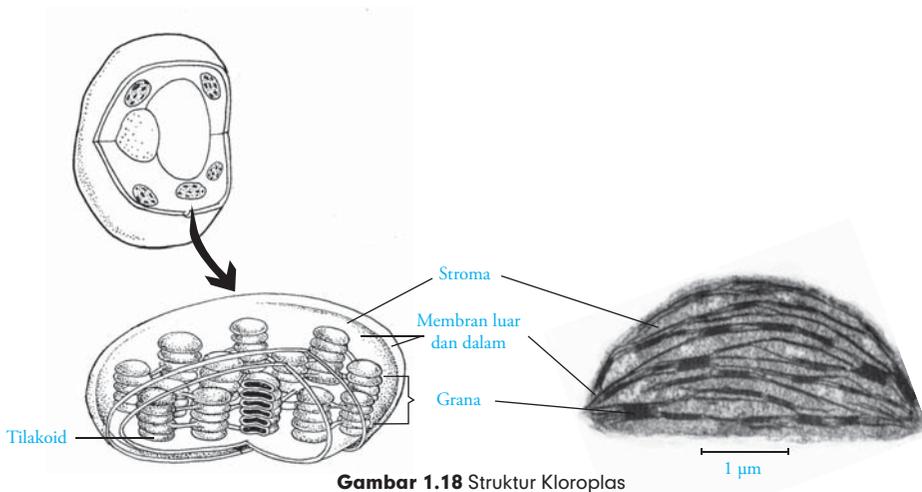
Campbell, Reece, Mitchell, *Biologi 1*, 2003, hlm. 126

Gambar 1.17 Vakuola sel tumbuhan

Galeri

Tekanan Turgor

Apakah tekanan turgor itu? Turgidus artinya menggelembung. Tekanan turgor terjadi bila sitoplasma bersifat hipertonic terhadap vakuola. Oleh karena itu, vakuola menyerap air, membesar, sehingga tekanannya meningkat (tekanan turgor). Selanjutnya, cairan vakuola mendesak tonoplas, sehingga dinding sel juga ikut terdesak. Dinding sel ini membatasi volume sitoplasma. Akibatnya, lingkungan di luar sel memberi tekanan pada tonoplas untuk memelihara turgiditas sel.



Gambar 1.18 Struktur Kloroplas

Kloroplas juga mempunyai dua bagian, yakni bagian grana dan stroma. **Grana** merupakan tumpukan sejumlah tilakoid. **Tilakoid** adalah suatu kantong yang berbentuk pipih. Adapun, stroma merupakan cairan yang berada di luar tilakoid. Di dalam stroma terkandung pelbagai macam zat, misalnya enzim, asam-asam organik, dan karbohidrat hasil fotosintesis dalam bentuk tepung.

Bagi tumbuhan, kloroplas mempunyai peran penting terutama saat terjadi fotosintesis. Sebab, di dalam kloroplas terdapat klorofil berpigmen hijau dan pigmen fotosintetik lainnya. Klorofil dan pigmen fotosintetik ini terdapat pada sistem membran dan stroma.

Pada proses fotosintesis, pigmen fotosintetik--khususnya klorofil dan karotenoid--akan menyerap energi cahaya matahari yang selanjutnya diubah menjadi energi kimia. Klorofil menyerap sinar merah, biru, dan ungu, sementara sinar hijau dipantulkan. Sehingga, warna yang terlihat pada klorofil adalah warna hijau.

Berbeda dengan klorofil, karatenoid memiliki banyak pigmen, seperti ungu, biru, kuning, oranye, merah dan coklat. Di antara warna tersebut, warna yang diserap karatenoid hanyalah warna ungu dan biru. Karatenoid ini banyak terdapat pada bunga dan buah tumbuhan. Selain menyerap warna, karatenoid juga berperan dalam melindungi klorofil dari sinar matahari yang terlalu kuat.

Beberapa jenis plastida selain klorofil adalah sebagai berikut.

- (1) **Kromoplas**, yakni plastida yang berpigmen merah, jingga atau kuning, dan biasanya terdapat pada buah tomat dan wortel.
- (2) **Leukoplas**, merupakan plastida yang tidak memiliki pigmen. Plastida ini terletak pada jaringan yang tidak terkena cahaya. Selain itu, leukoplas terdapat pula pada sel-sel embrional empulur batang. Kemudian, plastida ini terdapat pula pada bagian tanaman yang berwarna putih di dalam tanah.
- (3) **Amiloplas**, adalah plastida yang tak berpigmen dan mengandung banyak amilum.

Nah, inilah uraian struktur dan fungsi berbagai organel sel bermembran. Untuk selanjutnya, kita akan membahas struktur dan fungsi organel sel yang tidak bermembran.

2) Organela Sel Tak Bermembran

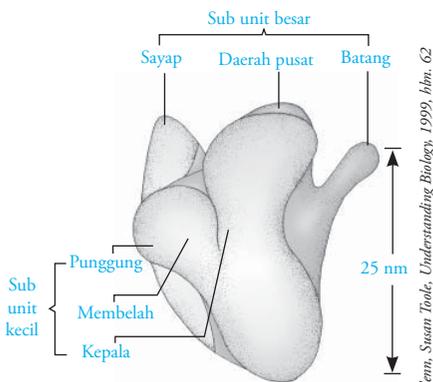
Pada sel makhluk hidup, terdapat pula organel yang tidak bermembran, antara lain: ribosom, sitoskeleton, sentriol dan dinding sel. Pahami penjelasannya berikut.

a) Ribosom

Ribosom merupakan organel sel yang bentuknya kecil berupa butiran nukleoprotein. Pada sel eukariotik, ribosom berbentuk bulat dengan diameter 25 nm, sedangkan pada sel prokariotik lebih kecil lagi.

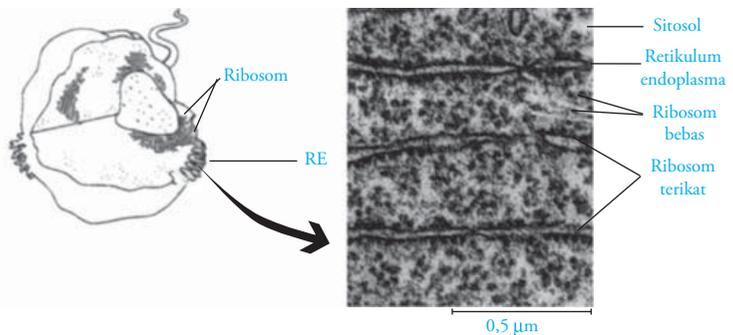
Ribosom tersusun atas subunit besar dan subunit kecil. Di dalamnya, berisi RNA ribosom (RNAr) dan protein. Fungsi utamanya adalah sebagai tempat sintesis protein. Perhatikan Gambar 1.19.

Pada permukaan ribosom, butiran nukleoprotein memiliki dua letak persebaran. Butiran nukleoprotein yang tersebar bebas pada sitoplasma disebut **ribosom bebas**. Sementara, butiran nukleoprotein yang menempel pada permukaan retikulum endoplasma disebut **ribosom terikat**. Ribosom bebas berperan dalam proses sintesis enzim. Enzim yang dihasilkan berfungsi menjadi katalisator di dalam cairan sitosol. Adapun ribosom terikat berguna dalam sintesis protein. Lihat Gambar 1.20.



Gambar 1.19 Struktur ribosom

Campbell, Reece, Mitchell, Biologi 1, 2003, hlm. 122



Gambar 1.20 Ribosom bebas dan ribosom terikat

b) Sitoskeleton

Salah satu organel yang cukup penting keberadaannya dalam sel adalah sitoskeleton. Sitoskeleton merupakan struktur rangka sel yang berbentuk jalinan serabut. Strukturnya membentang dalam sitoplasma.

Di dalam sel, sitoskeleton memiliki beberapa fungsi. Fungsi itu antara lain sebagai pendukung pergerakan sel dan penjaga kestabilan bentuk sel, atau menjadi rangka sel dan

pemberi bentuk sel; pemberi kekuatan mekanik sel dan pembantu motilitas sel (gerakan substansi dari satu bagian ke bagian lain); menjaga keseluruhan organel sel supaya tetap pada posisinya; dan membantu gerakan kromosom ke arah kutub saat pembelahan sel.

Berdasarkan fungsinya, sitoskeleton memiliki tiga jenis serabut, meliputi mikrotubulus, filamen antara (serabut antara), dan mikrofilamen (filamen aktin).

(1) Mikrotubulus

Bentuk mikrotubulus adalah tabung berongga dengan diameter 25 nm. Panjang tubuhnya antara 200 nm sampai 25 μm . Mikrotubulus mempunyai suatu protein yang disebut **tubulin**. Tubulin terdiri atas dua macam, yakni alpha-tubulin dan betatubulin. Mikrotubulus ini berfungsi mempertahankan bentuk sel; berperan saat motilitas sel, seperti silia atau flagela; dan membantu pergerakan kromosom saat pembelahan sel.

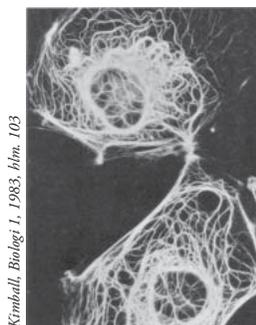
(2) Filamen antara

Filamen antara disebut juga dengan **serabut antara** atau **filamen intermediet**. Diameter serabut antara lebih besar dibandingkan diameter mikrofilamen. Namun, bila dibandingkan dengan diameter mikrotubulus, serabut antara memiliki diameter yang lebih kecil, yakni 8-10 nm.

Sebagian besar bahan penyusun filamen antara dalam sel adalah **fimentin**. Berbeda dengan lainnya, filamen antara pada sel kulit bernama **protein keratin**. Fungsi filamen antara misalnya sebagai penguat bentuk kerangka sel saat beraktivitas dan pemerkokoh posisi organel dalam sel.

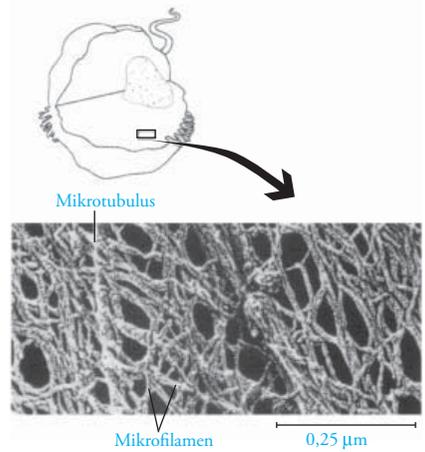
(3) Mikrofilamen

Serabut sitoskeleton yang terdiri atas bola-bola molekul protein disebut **mikrofilamen**. Serabut ini dinamakan pula **filamen aktin**. Sebab, mikrofilamen tersusun dari protein aktin, meskipun sebagian kecil juga terbuat dari miosin. Fungsi utama mikrofilamen adalah sebagai penahan tegangan (gaya tarik) saat sel bergerak dan bermanfaat saat proses pengaliran sitoplasma. Perhatikan Gambar 1.24.



Kimbrell, Biologi 1, 1983, hlm. 103

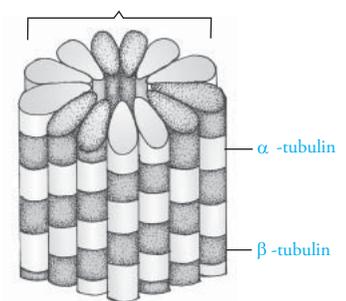
Gambar 1.23 Struktur filamen antara



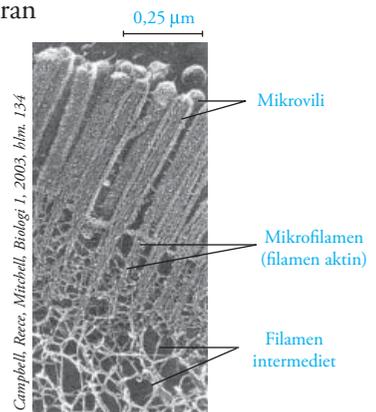
Campbell, Reece, Mitchell, Biologi 1, 2003, hlm. 129

Gambar 1.21 Sitoskeleton

13 filamen disusun dalam sebuah silinder

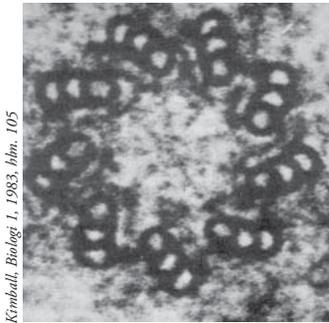


Gambar 1.22 Susunan alpha dan beta tubulin pada mikrotubulus



Campbell, Reece, Mitchell, Biologi 1, 2003, hlm. 134

Gambar 1.24 Struktur mikrofilamen dan filamen antara



Kimball, Biologi 1, 1983, blm. 105

Gambar 1.25 Sentriol pada embrio tikus

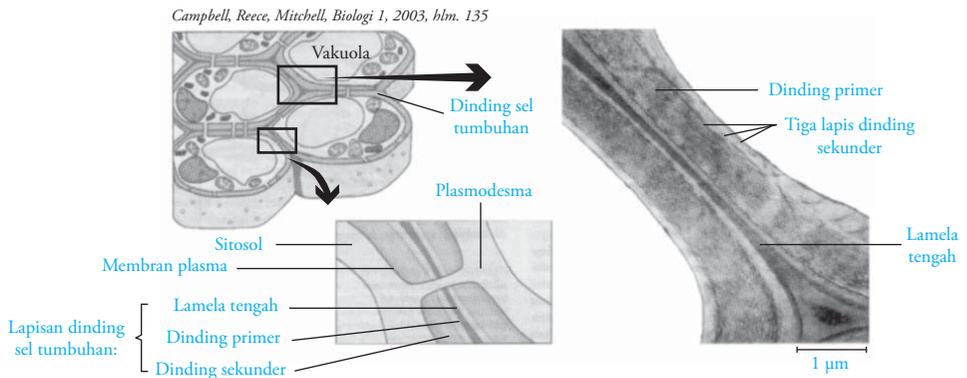
c) *Sentriol*

Sentriol memiliki struktur dasar yang sama seperti tubuh dasar sili, yakni berbentuk silinder. Sentriol ini tersusun atas mikrotubulus seperti jala. Hanya sel hewan saja yang memilikinya. Di dalam sel, sentriol memiliki jumlah sepasang yang disebut **sentrosom**.

Saat terjadi pembelahan sel, sentriol membentuk benang gelondong atau benang spindel. Kedua ujung benang ini mempunyai tempat pelekatan yang berbeda. Ujung yang satu melekat pada sentriol, sedangkan ujung yang lain melekat pada kromosom.

d) *Dinding Sel*

Dinding sel merupakan organel yang berada pada sel tumbuhan, sementara sel hewan tidak memilikinya. Dinding sel bersifat kaku, sehingga bentuk sel tumbuhan tidak mudah berubah. Ketebalannya berkisar 0,1 μm . Bagi sel tumbuhan, dinding sel berfungsi sebagai pelindung dan pencegah dari penghisapan air yang berlebihan sehingga sel tetap utuh.



Gambar 1.26 Dinding sel tumbuhan

Berdasarkan jenisnya, dinding sel ada dua, yaitu dinding sel primer dan dinding sel sekunder. **Dinding sel primer** terbentuk saat sel membelah, sedangkan **dinding sel sekunder** terbentuk setelah sel mengalami penebalan.

Saat masih muda, dinding sel tersusun oleh selulose polisakarida (lignin dan pektin) yang memiliki daya renggang. Akibatnya, dinding sel berbentuk tipis dan lentur. Antara dinding sel satu dengan dinding sel lainnya dipisahkan oleh **lamela tengah**. Lamela tengah tersusun dari gel yang berisi magnesium dan kalsium pektat. Antara dinding sel yang satu dengan lainnya dihubungkan oleh pori-pori yang memiliki benang plasma atau **plasmodermata**. Adanya plasmodermata memberikan peluang zat antarsel bergerak.

Sementara itu, dinding sel sekunder berada di antara membran plasma dan dinding primer. Di dalam dinding sekunder terdapat jaringan xilem dan sklerenkim. Sehingga, selulosa dinding sekunder bisa mengalami penebalan oleh zat lignin (zat kayu)

melalui proses **lignifikasi**. Melalui proses ini, dinding sekunder sel menjadi keras, kaku, dan tahan tekanan.

Nah, itulah struktur dan fungsi organel sel makhluk hidup yang bermembran dan tidak bermembran. Selanjutnya, untuk memantapkan pengetahuan kalian, coba lakukan rubrik *Telisik* berikut.

T e l i s i k

Membuat Model

Setelah kalian memahami struktur/bagian dan fungsi sel hewan atau tumbuhan, sekarang coba kalian buat model sel atau bagian sel secara berkelompok. Kalian bisa memilih, membuat model sel hewan atau sel tumbuhan. Kalian bisa juga membuat model struktur organel yang ada dalam sel. Model ini dapat kalian buat dengan memanfaatkan benda-benda yang ada di sekitar kalian. Setelah dibuat, kumpulkan hasilnya kepada Bapak/Ibu Guru.

Sebagai contoh adalah membuat model organel mikrofilamen. Kalian dapat menggunakan tasbih yang dipilih hingga menyerupai mikrofilamen. Apabila kalian membuat model sel hewan, kalian bisa menggunakan botol air mineral yang dipotong bagian lehernya. Selanjutnya, isi botol tersebut dengan sebuah bola pingpong sebagai inti sel, manik-manik sebagai ribosom, atau balon yang ditiup sebagai badan Golgi.

4. Perbandingan Sel Hewan dan Sel Tumbuhan

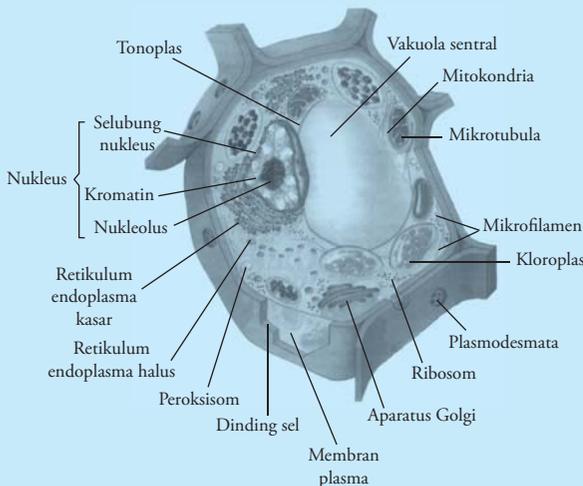
Sel tumbuhan dan sel hewan memiliki bagian-bagian tertentu yang berbeda. Perbedaan ini dapat kita tentukan dari ragam organel penyusun sel kedua makhluk hidup tersebut.

Karena kalian sudah mempelajari struktur dan fungsi sel makhluk hidup, maka kalian dapat mengidentifikasi organel penyusun sel hewan dan sel tumbuhan melalui rubrik *Telisik* berikut.

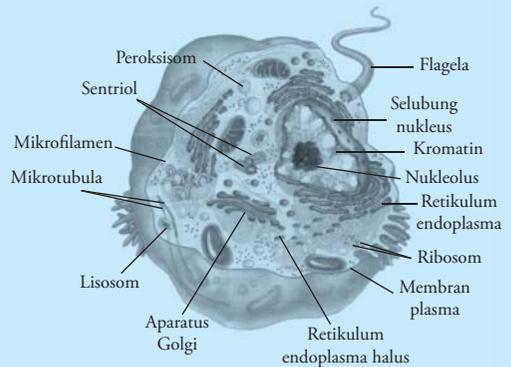
T e l i s i k

Bersama kelompok atau teman sebangku, lakukanlah tugas berikut.

- Perhatikan gambar struktur sel hewan dan sel tumbuhan berikut.



Struktur sel tumbuhan



Struktur sel hewan

Campbell, Reece, Mitchell, Biologi 1, 2003, blm. 118-119

- Amati gambar sel hewan dan sel tumbuhan sesuai gambar. Selanjutnya, tulis hasil pengamatan kalian dalam tabel. Tuliskan tanda (+) untuk organel sel yang sesuai dan tanda (-) bila tidak.

Perbandingan Sel Hewan dan Sel Tumbuhan

No	Bagian yang diamati	Sel tumbuhan	Sel hewan
1	Membran plasma	...	...
2	Dinding sel	...	...
3	Nukleus	...	...
4	Sitoplasma	...	...
5	Retikulum endoplasma	...	...
6	Ribosom	...	...
7	Aparatus Golgi	...	...
8	Lisosom	...	...
9	Mitokondria	...	...
10	Kloroplas	...	...
11	Vakuola	...	...
12	Sentriol/sentrosom	...	...

- Sebutkan jenis dan fungsi organel sel yang ditemukan pada sel tumbuhan. Sebutkan pula jenis dan fungsi organel sel yang menyusun sel hewan.
- Sebutkan perbedaan organel sel penyusun sel tumbuhan dan sel hewan.
- Sebutkan persamaan organel sel penyusun sel hewan dan sel tumbuhan.
- Presentasikan hasil yang kalian peroleh di depan guru dan teman kalian. Bandingkan pula hasilnya dengan kelompok lain.

Nah, untuk membuktikan hasil di atas, kalian dapat mengadakan penyelidikan melalui rubrik *Percobaan* berikut.

Percobaan

Mengamati Sel Hewan dan Sel Tumbuhan

A. Dasar Teori

Sel hewan memiliki kemiripan dengan sel manusia. Bahkan, ada pula yang mengatakan jika keduanya sama. Karena itu, struktur sel hewan dapat diwakili pengamatannya melalui sel manusia. Sedangkan sel tumbuhan dapat dilakukan pengamatan melalui sel bawang merah.

Di dalam sel, terdapat tiga bagian sel, meliputi membran sel, sitoplasma, dan organel-organel penyusun sel. Organel sel bisa dilakukan pengamatan dengan menggunakan mikroskop elektron. Kemudian, yang perlu ditekankan bahwa sel hewan memiliki struktur berbeda dengan sel tumbuhan.

B. Tujuan

- Mengetahui bagian-bagian sel hewan
- Mengetahui bagian-bagian sel tumbuhan

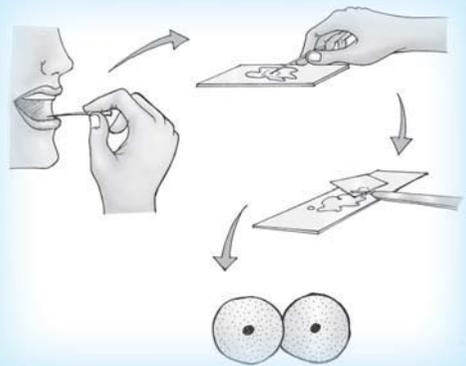
C. Alat dan Bahan

- Pengamatan sel hewan/sel manusia
 - Mikroskop cahaya
 - Kaca benda

- c. Kaca penutup
 - d. Penjepit
 - e. Tusuk gigi bersih
 - f. Larutan metilen biru
 - g. Jaringan epitel atau lendir rongga mulut
 - h. Air
2. Pengamatan sel tumbuhan
- a. Mikroskop cahaya dan perlengkapannya
 - b. Pisau kecil atau *cutter*
 - c. Pipet tetes
 - d. Penjepit
 - e. Kertas penyaring atau tisu
 - f. Satu buah bawang merah
 - g. Larutan yodium atau obat merah
 - h. Air

D. Langkah Percobaan

1. Pengamatan sel hewan/sel manusia
- a. Goreskan tusuk gigi tumpul pada permukaan dalam rongga mulut kalian.
 - b. Oleskan lendir atau goresan tersebut pada gelas objek. Kemudian, tetesi dengan metilen biru dan sedikit air. Selanjutnya, tutup dengan kaca penutup.
 - c. Lakukan pengamatan terhadap preparat di bawah mikroskop. Awali dengan perbesaran lensa lemah hingga lensa kuat.
 - d. Gambarlah bentuk sel dan bagian-bagian sel dari hasil pengamatan kalian pada kertas.



Perhatian: Hati-hati ketika melakukan goresan tusuk gigi pada rongga mulut. Jangan gunakan tusuk gigi yang tajam. Sebelum melakukan percobaan ini, kalian dapat mengikuti penjelasan guru terlebih dahulu. Selesai melakukan percobaan, bersihkan semua alat dan bahan.

2. Pengamatan sel tumbuhan
- a. Irislah bawang merah secara vertikal.
 - b. Dengan kuku, ambillah selapis tipis lapisan epidermis sebelah dalam.
 - c. Letakkan lapisan epidermis tersebut pada kaca benda, kemudian tetesi dengan air.
 - d. Setelah itu, tetesi sedikit larutan yodium dan tutup dengan kaca penutup.
 - e. Bersihkan larutan yodium yang berlebih dengan kertas tisu.
 - f. Dengan mikroskop, amati preparat tersebut melalui pembesaran lensa lemah hingga pembesaran lensa kuat.
 - g. Gambarlah hasil pengamatan kalian dan beri keterangan.

Perhatian: Berhati-hatilah saat menggunakan pisau atau *cutter* untuk menghindari luka.

E. Pembahasan

1. Sebutkan bagian-bagian sel hewan.
2. Sebutkan bagian-bagian tumbuhan.
3. Apakah perbedaan sel hewan dan sel tumbuhan dari strukturnya?
4. Apakah kesimpulan yang kalian peroleh?
5. Kumpulkan hasil yang kalian peroleh kepada Bapak/Ibu Guru.

Percobaan di atas dapat menambah pengetahuan kalian sehingga menjadi semakin lengkap. Akan lebih mantap lagi bila kalian menyelesaikan *Uji Kompetensi* berikut.

Uji Kompetensi

Selesaikan soal berikut dengan benar.

1. Jelaskan maksud sel sebagai unit terkecil kehidupan, unit fungsional, dan sel sebagai unit hereditas?
2. Sebutkan komponen kimiawi yang menyusun sel.
3. Sebutkan struktur dan fungsi sel makhluk hidup, yang bermembran dan tidak bermembran.
4. Sebutkan perbandingan struktur dan fungsi antara sel hewan dan sel tumbuhan.

Kelangsungan hidup sel akan terus berlanjut bila di dalamnya terjadi proses metabolisme. Dalam proses ini, sel membutuhkan dan mengeluarkan pelbagai zat kimiawi. Zat akan diangkut, baik ke dalam ataupun ke luar sel dengan mekanisme transpor zat yang melalui membran. Ulasan berikut akan menengahkan proses terjadinya transpor zat.

B. Perbandingan Transpor Zat pada Membran

Transpor zat yang terjadi pada sel, baik antarsel maupun organel sel dapat melalui dua cara, yakni transpor pasif dan transpor aktif.

1. Transpor Pasif

Transpor pasif merupakan transpor ion, molekul, senyawa dari luar atau dalam sel tanpa memerlukan energi. Zat-zat yang ditranspor bergerak dari daerah berkonsentrasi tinggi hingga daerah berkonsentrasi rendah. Proses transpor pasif ini dapat terjadi secara difusi dan osmosis.

a. Difusi

Pengertian difusi dapat kalian ketahui dengan mengikuti rubrik *Diskusi* berikut.

Diskusi

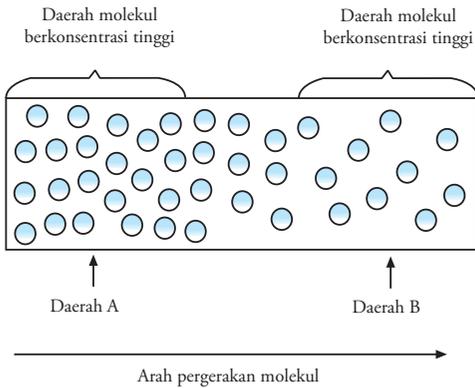
Suatu saat kalian sedang duduk santai sambil membaca buku di ruang keluarga, sementara ibu kalian berada di dapur sedang memasak makanan. Tiba-tiba bau masakan yang sedap menyebar ke ruang keluarga dan hidung kalian. Padahal, antara ruang keluarga dan dapur terpisah agak jauh. Menurut kalian, mengapa hal ini bisa terjadi? Adakah kaitannya dengan difusi?

Diskusikan kejadian di atas bersama teman sebangku kalian. Presentasikan hasilnya di depan kelas.

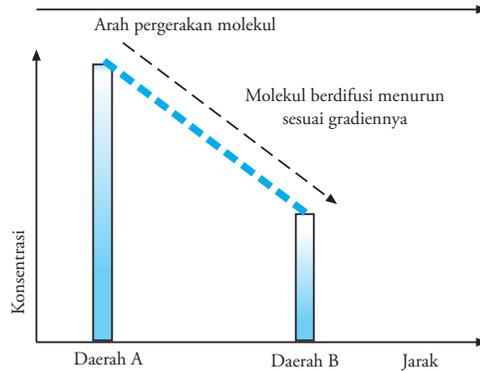


Difusi adalah gerakan acak partikel-partikel, atom, maupun molekul gas atau cairan, dari daerah berkonsentrasi tinggi menuju daerah berkonsentrasi rendah hingga mencapai kesetimbangan. Zat-zat tersebut akan berdifusi menurun sesuai **gradien konsentrasi**. Perhatikan Gambar 1.27.

(a) Skema terjadinya difusi



(b) Grafik terjadinya difusi



Gambar 1.27 Mekanisme difusi pada molekul

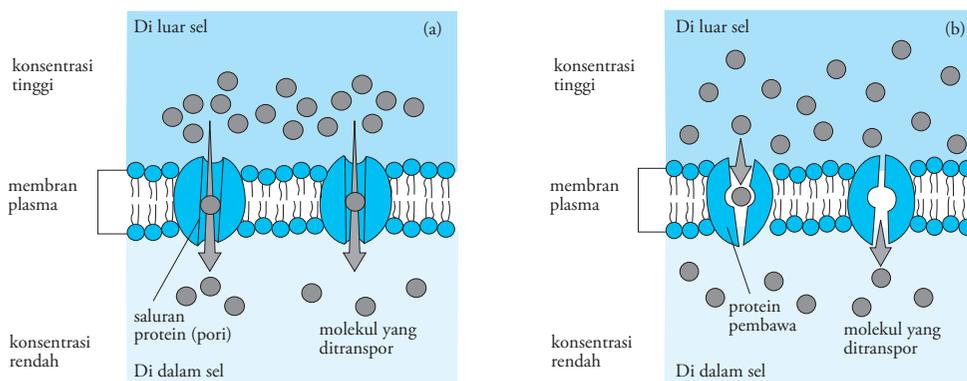
Transpor difusi terdiri dari dua cara yaitu difusi dipermudah dengan protein dan difusi dipermudah dengan protein pembawa. Kita pahami penjelasannya sebagai berikut.

Difusi dipermudah disebut juga **difusi terfasilitasi**. Pada proses difusi yang terfasilitasi oleh protein, molekul-molekul seperti asam amino, gula, tidak dapat melalui membran plasma. Akan tetapi, molekul tersebut melewati saluran yang dibentuk oleh suatu protein membran yang disebut **protein integral**. Perhatikan Gambar 1.28.a.

Sedangkan proses difusi zat dipermudah dengan protein pembawa mirip dengan proses difusi dipermudah dengan protein. Letak perbedaannya, protein membran membentuk saluran dan mengikat molekul yang ditranspor. Protein ini dinamakan **protein pembawa**. Molekul yang ditranspor seperti glukosa dan asam amino berdifusi dan menurun sesuai gradien konsentrasinya. Perhatikan Gambar 1.28.b.

Galeri

Gradien difusi yang curam dari suatu zat, akan memiliki rerata kecepatan difusi yang lebih tinggi.



Gambar 1.28 Difusi zat (a) dipermudah dengan protein (b) terfasilitasi dengan protein pembawa

Difusi berlangsung dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain konsentrasi zat, ukuran zat, wujud zat, dan suhu.

Gradien konsentrasi yang berbeda di antara dua tempat yakni luar sel dan dalam sel mengakibatkan proses difusi berlangsung dengan cepat. Proses difusi akan berjalan dengan lambat, apabila ukuran zat lebih besar. Termasuk juga wujud zat padat yang akan memperlambat terjadinya proses difusi dibandingkan wujud cair dan gas. Sementara itu, suhu yang tinggi akan membuat proses difusi berjalan lebih cepat.

Nah, itulah proses terjadinya difusi zat pada membran, baik di dalam membran sel atau membran organel sel. Selanjutnya, supaya kalian lebih paham, lakukanlah percobaan di bawah ini.

Percobaan

Mengamati Terjadinya Difusi Larutan

A. Dasar Teori

Difusi adalah salah satu transportasi pasif zat dari daerah yang berkonsentrasi tinggi ke tempat berkonsentrasi rendah hingga setimbang. Zat ini akan berdifusi sesuai dengan gradien konsentrasinya.

Proses terjadinya difusi tidak memerlukan energi. Selain itu, difusi juga tidak melalui membran plasma. Proses ini terjadi dengan cara zat melewati saluran protein dan juga diikat melalui protein pembawa.

B. Tujuan

Memahami proses terjadinya difusi suatu zat

C. Alat dan Bahan

1. Gelas beker
2. Larutan yodium atau obat merah; sirup; gula merah
3. Air

D. Langkah Percobaan

1. Ambil gelas beker, kemudian isilah dengan air
2. Masukkan larutan yodium/sirup/gula ke dalam gelas beker.
3. Diamkan airnya dan jangan digoyang-goyang. Amati proses pelarutan yodium/sirup/gula di dalam gelas beker. Setelah 15 menit, amati pula warna air dalam gelas beker.
3. Catat hasil pengamatan pada tabel.
4. Kembalikan peralatan dan bahan yang ada bersih seperti sedia kala.

Perhatian: Bila zat yang dimasukkan ke dalam gelas beker adalah gula, pastikan bila tidak ada semut di dalamnya. Jaga larutan sehingga tidak tumpah.

E. Pembahasan

1. Apakah proses difusi larutan terjadi pada gelas beker?
2. Setelah 35 menit, adakah perubahan warna pada gelas beker?
3. Ada molekul yodium/gula/sirup dan air, molekul manakah yang bergerak?
4. Tulis hasil pengamatan kalian dan presentasikan di depan Bapak/Ibu Guru.

b. Osmosis

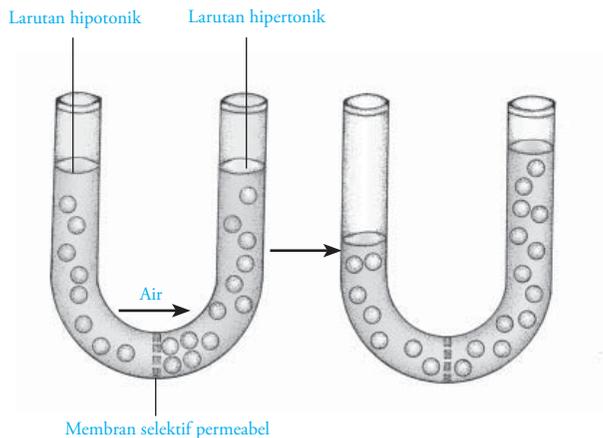
Selain berlangsung secara difusi, molekul zat dapat pula bergerak secara osmosis. **Osmosis** adalah perpindahan zat pelarut melalui membran selektif permeabel dari konsentrasi zat pelarut tinggi menuju

konsentrasi zat pelarut rendah. Zat pelarut ini dapat keluar masuk melewati membran secara bebas. Hanya saja zat terkecil merupakan zat yang sudah terseleksi.

Suatu larutan yang memiliki zat pelarut berkonsentrasi tinggi akan memiliki zat terlarut berkonsentrasi rendah. Keadaan ini disebut **hipotonik** (*hipo* artinya kurang). Sebaliknya, larutan yang memiliki zat pelarut dengan konsentrasi rendah akan mempunyai zat terlarut berkonsentrasi tinggi. Kondisi yang demikian disebut **hipertonik** (*hiper* berarti lebih). Zat pelarut dan zat terlarut dapat pula berkonsentrasi sama. Keadaan demikian dinamakan **isotonik** (*iso* berarti sama).

Salah satu penyebab zat dapat bergerak secara osmosis adalah adanya perbedaan konsentrasi zat total. Akibat keadaan ini, molekul air yang berada pada larutan hipotonik dapat berpindah menuju larutan hipertonik. Namun, keadaan ini juga bisa berlangsung sebaliknya. Meskipun zat terlarut banyak terkandung pada larutan hipotonik, proses transpor zat akan tetap terjadi secara osmosis.

Sementara itu, andaikan dua larutan bersifat isotonik, molekul air akan berpindah melalui membran dengan kelajuan sama. Akibatnya, selisih osmosis tidak terjadi pada dua larutan. Perhatikan Gambar 1.29.



Gambar 1.29 Osmosis dan larutan

Nah, untuk mengetahui terjadinya proses osmosis, kalian dapat melakukan pengamatan melalui rubrik *Percobaan* berikut secara kelompok.

Percobaan

Mengamati Transpor Zat secara Osmosis

A. Dasar Teori

Osmosis adalah perpindahan pelarut air melalui membran selektif permeabel, dari konsentrasi zat pelarut yang tinggi ke konsentrasi pelarut yang rendah. Zat pelarut ini dapat masuk dan keluar melewati membran secara bebas. Namun, zat terlarut tidak dapat masuk melewati membran sel. Sebab, membran sel memiliki sifat semi permeabel atau selektif permeabel.

Larutan dengan zat pelarut yang berkonsentrasi tinggi tentu saja memiliki konsentrasi zat terlarut rendah. Larutan yang bersifat demikian disebut hipotonik (*hipo* artinya kurang). Kemudian, larutan dengan zat pelarut yang konsentrasinya rendah memiliki konsentrasi zat terlarut tinggi. Kondisi demikian dinamakan hipertonik (*hiper* berarti lebih). Sedangkan, zat pelarut dan zat terlarut dapat memiliki konsentrasi yang sama dalam satu larutan. Keadaan seperti ini disebut isotonik (*iso* berarti sama).

B. Tujuan

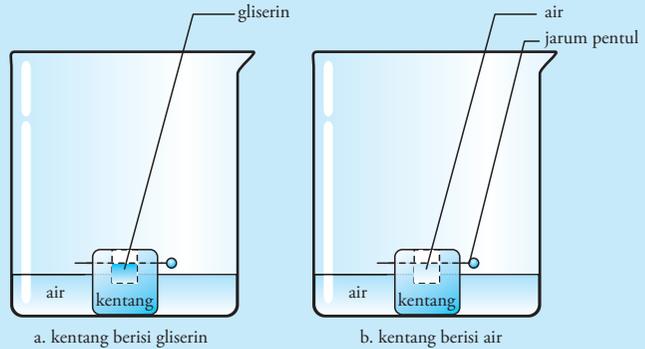
Mengetahui proses terjadinya osmosis

C. Alat dan Bahan

1. Gelas beker 2 buah
2. Pisau
3. Jarum pentul
4. Umbi kentang 2 buah
5. Larutan gliserin pekat
6. Air

D. Langkah Percobaan

1. Kupas kulit kentang hingga bersih.
2. Potong kentang pada bagian bawahnya secara merata sehingga bila diletakkan pada tempat datar dapat berdiri.
3. Buatlah sumuran pada kedua kentang dengan ukuran sepertiga dari tinggi kentang.
4. Isi sumuran pada kentang pertama dengan gliserin, sedangkan sumuran kentang kedua diisi dengan air.
5. Berilah tanda pada kedua kentang dengan menggunakan jarum pentul tepat pada permukaan atas gliserin dan air. Caranya, tusukkan jarum pentul pada kentang (kepala jarum pentul pada bagian luar kentang, sementara mata jarum melintang tepat pada batas atas gliserin).
6. Masukkan masing-masing kentang ke dalam gelas beker yang berisi air.
7. Setelah 45 menit, amati perubahan permukaan gliserin di sumuran pada gelas beker pertama. Kemudian, amati pula perubahan permukaan air yang berada pada sumuran kentang kedua.
8. Tulis hasil pengamatan tersebut pada tabel berikut.



Tabel Hasil Pengamatan

Setelah 45 menit	
Kentang yang diisi gliserin	Kentang diisi air
...	...
...	...
...	...
...	...

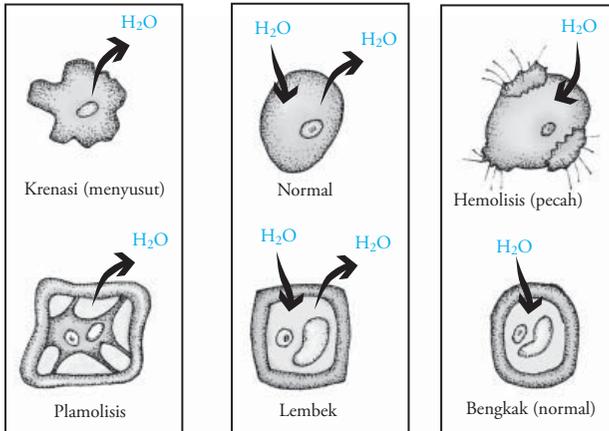
Perhatian: Hati-hati saat menggunakan pisau, jangan sampai melukai jari atau tangan kalian. Setelah percobaan dilakukan, rapikan dan bersihkan semua bahan dan peralatan seperti sedia kala.

E. Pembahasan

1. Apakah tinggi permukaan gliserin pada sumuran kentang pertama mengalami perubahan?
2. Apakah tinggi permukaan air pada sumuran kentang kedua mengalami perubahan?
3. Analisislah peristiwa yang terjadi pada gelas beker pertama.
4. Simpulkan hasil percobaan kalian dan presentasikan di depan kelas.

Proses osmosis pada sel hewan terjadi saat kondisi sel dengan lingkungannya ingin dipertahankan. Cara yang dilakukan adalah dengan mempertahankan konsentrasi zat dalam sel dengan konsentrasi zat luar sel agar selalu sama. Apabila konsentrasi larutan sel lebih rendah dibandingkan konsentrasi lingkungan luarnya, air dalam sel akan keluar secara osmosis. Peristiwa ini dinamakan **penyusutan sel** atau **krenasi**, yang dapat menyebabkan sel tidak hidup alias mati.

Sebaliknya, bila konsentrasi larutan pada sel lebih tinggi dibandingkan lingkungan luarnya, air di luar sel akan masuk secara osmosis ke dalam sel. Kejadian ini akan mengakibatkan **sel pecah** atau terjadi **hemolisis**. Lihat Gambar 1.30.



Gambar 1.30 Keseimbangan air dalam sel hidup

Keadaan hemolisis juga dapat terjadi pada sel tumbuhan. Sel tumbuhan yang berada pada kondisi hipotonik, misalnya air, bisa mengalami pembengkakan. Kondisi yang dialami sel tumbuhan ini disebut **kondisi turgid** atau **tekanan turgor**. Sebaliknya, sel tumbuhan dapat pula mengalami kondisi hipertonic. Kondisi yang demikian akan mengakibatkan cairan protoplasma di dalam sel menyusut melewati dinding sel. Peristiwa seperti ini dinamakan **plasmolisis**. Sementara itu, untuk mengetahui proses terjadinya plasmolisis, kalian dapat melakukan rubrik *Telisis* berikut.

Galeri

Sel darah merah tidak rusak walaupun ditempatkan pada larutan garam 1%. Namun, jika ditempatkan pada lingkungan yang hipotonik (konsentrasi air lebih tinggi daripada di dalam sel, sehingga air masuk ke sel), eritrosit akan pecah (hemolisis). Bila terjadi sebaliknya terjadi krenasi

Campbell, Reece, Mithcell, Biologi 1, 2002.

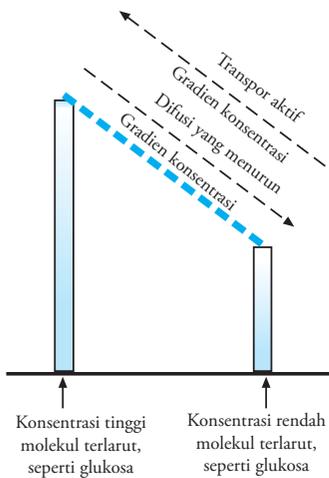
Telisis

Bersama teman sebangku, coba kalian persiapkan bahan seperti sesendok garam dapur dan air 250 ml. Kemudian, campurlah kedua bahan tersebut dalam satu wadah. Irislah kentang dengan tebal irisan sekitar 6 mm. Masukkan irisan kentang tersebut pada larutan garam yang dipersiapkan. Setelah 15 menit, potong kembali irisan tersebut dan uji kekuatan irisan kentang dengan membengkok-bengkokkan melalui jari kalian. Apakah berkurangnya irisan kentang menunjukkan air telah keluar dari sel (plasmolisis)? Bagaimanakah kondisi irisan kentang tersebut setelah 15 menit?

Beberapa organisme yang hidup di laut, seperti porifera, ubur-ubur, dan protozoa serta ikan laut, juga melakukan proses osmosis. Proses ini akan dilakukan apabila selnya mengalami kondisi isotonis.

Galeri

Jenis-jenis protein membran yang berperan pada transpor aktif yaitu unipor yang mengangkut ion satu arah, simpor yang mengangkut 2 molekul searah, dan ion antipor yang mengangkut 2 ion yang arahnya berlawanan.



Gambar 1.31 Transpor aktif dan difusi

Jumlah garam dalam sel akan diseimbangkan dengan air laut di sekeliling oleh organisme tersebut.

Oleh karena itu, tidak salah bila oleh sebagian besar masyarakat, pengawetan beberapa bahan makanan seperti manisan dan ikan asin dilakukan dengan menerapkan proses difusi dan osmosis.

2. Transpor Aktif

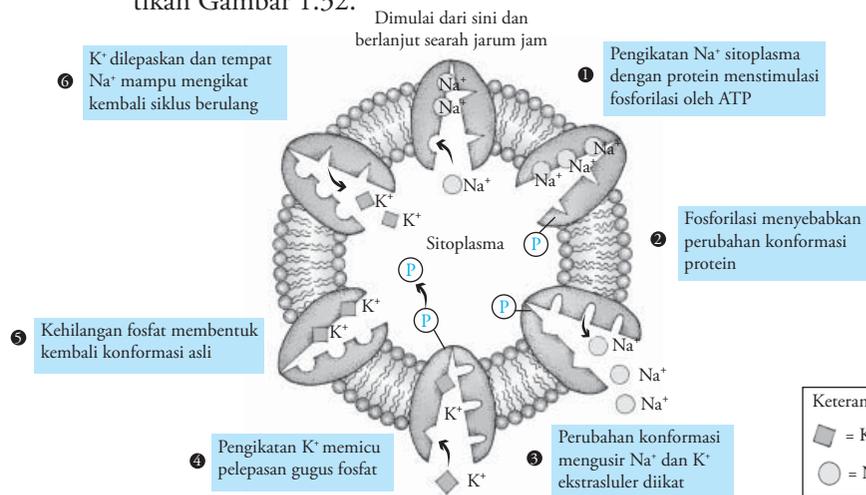
Pada saat tertentu, sel hidup mampu menyerap beberapa zat meskipun konsentrasi zat di dalam selnya lebih tinggi dibandingkan lingkungan di sekitar sel. Artinya, sel menyerap zat berlawanan dengan gradien konsentrasi. Sehingga, proses tersebut membutuhkan energi. Proses transpornya dinamakan **transpor aktif**.

Transpor aktif terkait dengan sejumlah proses yang terjadi di dalam makhluk hidup. Zat-zat yang diserap melalui transpor aktif, misalnya garam mineral yang diserap akar, kemudian juga glukosa dan asam amino yang diserap usus kecil pada manusia.

Salah satu contoh proses transpor aktif adalah **pompa natrium-kalium**. Proses ini terjadi bila konsentrasi ion kalium (K^+) di dalam sel lebih tinggi dibandingkan sekelilingnya, sedangkan ion natrium (Na^+)nya jauh lebih rendah. Karena itu, membran plasma akan memompakan ion natrium keluar sel dan kalium ke dalam sel, sehingga diperoleh kesetimbangan. Perhatikan Gambar 1.31.

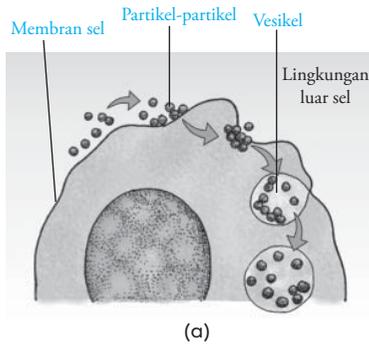
Selain pompa natrium-kalium, proses transpor aktif dapat pula melibatkan proses transpor makromolekul. Proses ini terjadi bila molekul besar melewati membran plasma secara eksositosis dan endositosis.

Eksositosis merupakan proses pengeluaran zat dari dalam sel atau organel sel. Misalnya saja, pengeluaran zat saat pembentukan dinding sel, sekresi hormon pada sel hewan, dan pengeluaran sisa-sisa pencernaan makanan. Proses eksositosis ini dapat dilakukan dengan cara pembentukan vesikel (kantong pelapis zat). Vesikel ini akan bergerak menuju membran plasma dan selanjutnya berdifusi ke luar sel. Perhatikan Gambar 1.32.

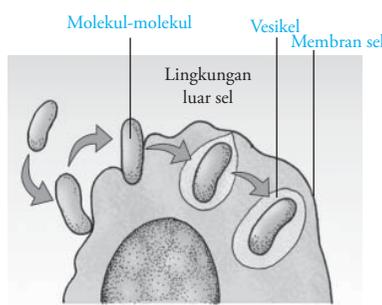


Gambar 1.32 Pompa natrium-kalium

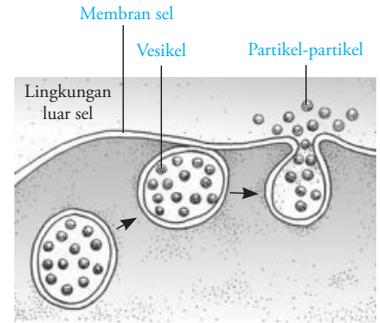
Sementara itu, **endositosis** terjadi saat berbagai zat kecil dan makromolekul masuk ke dalam sel melalui membran. Endositosis pada sel dapat terjadi secara fagositosis dan pinositosis. **Fagositosis** merupakan proses masuknya molekul padat ke dalam sel, sedangkan bahan cair masuk ke dalam sel secara **pinositosis**. Sebagai contoh peristiwa fagositosis adalah proses memakan bakteri atau benda mikroskopis lainnya oleh *Amoeba*, kemudian proses memakan kuman oleh sel-sel darah putih.



(a)



(b)



Gambar 1.34 Eksositosis pada sel

Gambar 1.33 Endositosis pada sel: (a) pinositosis dan (b) fagositosis

Selain cara tersebut, endositosis terjadi secara **endositosis yang dibantu reseptor**. Prosesnya sama dengan kedua jenis endositosis di atas. Bedanya, zat yang akan masuk ke dalam sel ditangkap terlebih dahulu oleh reseptor.

Nah, berbagai bahasan terkait transpor zat telah kita pelajari. Selanjutnya, lakukan rubrik *Telisik* berikut.

Telisik

Bersama kelompok kalian, coba cari beberapa informasi cara pengawetan bahan makanan seperti ikan atau manisan. Kalian dapat mencarinya melalui buku referensi, internet, atau bertanya pada masyarakat di sekitar rumah kalian. Tulis hasilnya dan laporkan kepada Bapak/Ibu Guru. Jadikan tugas ini sebagai portofolio.

Berikutnya, uji pemahaman kalian dengan menyelesaikan soal-soal pada rubrik *Uji Kompetensi* berikut.

Uji Kompetensi

Selesaikan soal-soal berikut dengan benar.

1. Sebutkan dan jelaskan dua proses transpor zat yang terjadi pada membran.
2. Sel dapat melakukan transpor zat secara difusi dan osmosis. Apa yang dimaksud difusi dan osmosis?
3. Apakah pengertian hipertonik, hipotonik dan isotonik dalam peristiwa osmosis?
4. Sebutkan faktor-faktor yang memengaruhi peristiwa osmosis.
5. Apa yang dimaksud krenasi, hemolisis, tekanan turgor, dan plasmolisis dalam sel?
6. Sebutkan dan jelaskan proses yang terjadi saat tumbuhan melakukan transpor aktif.

I k h t i s a r

1. Sel merupakan unit struktural, unit fungsional, dan unit hereditas terkecil makhluk hidup.
2. Sel mempunyai komponen kimiawi yang dinamakan protoplasma. Di dalam protoplasma ini terdapat garam mineral dan senyawa organik/senyawa karbon seperti karbohidrat, lemak, dan protein. Sel tersusun atas tiga bagian, antara lain membran sel, sitoplasma, dan organel sel (termasuk nukleus).
3. Sel memiliki organel yang bermembran dan tidak bermembran. Organel sel yang bermembran meliputi nukleus, retikulum endoplasma, aparatus Golgi, mitokondria, lisosom, badan mikro, vakuola, dan kloroplas. Sedangkan organel sel yang tak bermembran meliputi ribosom, sitoskeleton, sentriol, badan mikro, dan dinding sel.
4. Sel hewan dan sel tumbuhan memiliki perbedaan. Sel hewan memiliki bagian-bagian seperti membran sel, sitoplasma, nukleus, retikulum endoplasma, aparatus Golgi, mitokondria, lisosom, badan mikro (peroksisom), sentriol, lisosom, dan vakuola kecil (kalau ada). Sementara sel tumbuhan terdiri atas dinding sel, sitoplasma, nukleus, retikulum endoplasma, ribosom, badan mikro (peroksisom dan glioksisom), aparatus Golgi/diktiosom, mitokondria, plastida (kloroplas), dan vakuola.
5. Transpor zat dapat melalui beberapa cara, seperti difusi, osmosis, transpor aktif, eksositosis, dan endositosis.
6. Difusi adalah gerakan acak partikel-partikel, atom, maupun molekul gas atau cairan, dari daerah berkonsentrasi tinggi menuju daerah berkonsentrasi rendah hingga mencapai kesetimbangan, menurun sesuai gradien konsentrasi.
7. Osmosis adalah perpindahan zat pelarut melalui membran selektif permeabel, dari konsentrasi zat pelarut tinggi menuju konsentrasi zat pelarut rendah.
8. Eksositosis merupakan proses pengeluaran bahan-bahan saat terjadi pembentukan dinding sel, sekresi hormon pada sel hewan, dan pengeluaran sisa-sisa pencernaan makanan.
9. Proses endositosis terjadi dengan cara memasukkan berbagai zat kecil dan makromolekul ke dalam sel melalui membran. Di dalam sel, endositosis dapat terjadi secara fagositosis dan pinositosis.
10. Transpor aktif merupakan transpor zat baik ke dalam maupun ke luar sel menggunakan energi. Sedangkan transpor pasif adalah transpor zat keluar dan ke dalam sel tanpa menggunakan energi.

Senarai kata

Endositosis Masuknya zat atau molekul ke dalam sel

Hidrofilik Suka air

Hidrofobik Tidak suka air

Klorofil Pigmen hijau yang terdapat pada kloroplas

Krenasi Mengkerutnya sel saat berada di lingkungan hipertonik

Krista Membran dalam mitokondria

Larutan hipertonik Larutan yang memiliki konsentrasi pelarut rendah, sementara zat terlarutnya berkonsentrasi tinggi.

Mikrofilamen Salah satu bagian penyusun sitoskeleton

Protein integral Protein yang menembus/tenggelam di membran sel

Protein pembawa Protein yang dilibatkan dalam proses difusi, membentuk saluran untuk jalan zat di-transpor ke dalam sel

Sitosol Bahan dasar pembentuk sitoplasma, bahan semi cair

Visikel Kantong kecil dalam sitoplasma, mengandung molekul yang dibutuhkan maupun tidak dibutuhkan oleh sel

Ulangan Harian

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

- Penemu sel pertama kali adalah
 - Antonie von Leeuwenhoek
 - Robert Hooke
 - Mathias J. Schleiden
 - Theodor Schwann
 - Felix Dujardin
- Orang yang memublikasikan pernyataan *omnis cellula cellula* adalah
 - Antonie von Leeuwenhoek
 - Robert Hooke
 - Rudolf Virchow
 - Theodor Schwann
 - Felix Dujardin
- Komponen utama protoplasma adalah
 - air
 - protein
 - karbohidrat
 - lemak
 - mineral
- Sel prokariotik memiliki ciri yakni
 - tidak bermembran sel
 - tidak berendomembran dan membran nukleus
 - tidak memiliki retikulum
 - tidak memiliki mitokondria
 - tidak bermembran
- Zat semi cair yang terdapat dalam sitoplasma dinamakan
 - sitosol
 - fosfolipid ganda
 - protein intergal
 - protein perifer
 - karioteka
- Salah satu fungsi sitoplasma adalah
 - menyeleksi zat-zat yang masuk dan keluar sel
 - pengendali metabolisme
 - penyimpan informasi genetik
 - pembentuk membran sel
 - memproduksi antibodi
- Berikut yang bukan organel sel adalah
 - membran sel
 - ribosom
 - nukleus
 - mesosom
 - mitokondria
- Organel sel yang bertanggung jawab pada proses respirasi adalah
 - inti sel
 - ribosom
 - mitokondria
 - retikulum
 - sentriol
- Tempat pembentukan RNA ribosom berada pada
 - ribosom
 - karioteka
 - anak inti
 - nukleoplasma
 - retikulum endoplasma
- Organel sel yang ditemukan pada sel hewan dan tumbuhan adalah
 - dinding sel
 - ribosom
 - plastida
 - lisosom
 - vakuola kontraktil
- Pencernaan intraseluler dilakukan oleh
 - lisosom
 - mesosom
 - autosom
 - fagosom
 - vakuola non kontraktil
- Peristiwa glikolasi terjadi di dalam organel
 - aparatus Golgi
 - mitokondria
 - lisosom
 - ribosom
 - vakuola

13. Fagositosis berperan pada makhluk hidup uniseluler misalnya
 - a. *Amoeba*
 - b. mammalia
 - c. aves
 - d. *Paramecium*
 - e. cacing
14. Membran dalam mitokondria memiliki lapisan berlekuk-lekuk bernama krista. Fungsi krista adalah
 - a. pengontrol siklus asam sitrat
 - b. penghancur zat-zat yang tak berguna
 - c. memperluas permukaan dalam respirasi
 - d. menjaga sel agar bentuknya stabil
 - e. membantu sel dalam melakukan pergerakan
15. Suatu organel yang dibungkus dengan peroksisom dan glioksisom adalah
 - a. badan mikro
 - b. sentriol
 - c. vakuola
 - d. dinding sel
 - e. kloroplas
16. Dinding sel tumbuhan dapat mengalami proses lignifikasi. Proses lignifikasi merupakan proses
 - a. pengangkutan zat-zat dan garam mineral
 - b. pembuangan zat-zat yang tidak berguna dalam sel
 - c. penguatan jaringan tubuh
 - d. penebalan zat kayu pada selulosa
 - e. respirasi sel
17. Transpor membran yang tergolong transpor pasif adalah
 - a. pinositosis
 - b. osmosis
 - c. fagositosis
 - d. eksositosis
 - e. endositosis
18. Berikut yang bukan termasuk faktor yang memengaruhi proses difusi adalah
 - a. konsentrasi zat
 - b. ukuran zat
 - c. suhu
 - d. tempat terjadinya difusi
 - e. wujud zat
19. Osmosis merupakan perpindahan zat pelarut berkonsentrasi tinggi menuju zat pelarut berkonsentrasi rendah, melalui membran yang bersifat
 - a. permeabel
 - b. selektif permeabel
 - c. tembus pandang
 - d. tipis
 - e. bisa dikontrol
20. Fungsi transpor aktif yang utama bagi sel adalah
 - a. memperoleh zat-zat yang dibutuhkan sel dan mengeluarkan zat sisa
 - b. membentuk dinding sel
 - c. membunuh kuman-kuman yang masuk ke dalam sel
 - d. membentuk jaringan yang rusak
 - e. mempertahankan konsentrasi molekul kecil dalam sel dengan lingkungannya

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

1. Bagaimanakah proses penemuan sel pertama kali oleh Robert Hooke?
2. Jelaskan perbedaan bagian sel penyusun sel eukariotik dan sel prokariotik.
3. Sebutkan dan jelaskan bagian-bagian dalam nukleus. Jelaskan pula fungsinya.
4. Sebutkan dan jelaskan fungsi lisosom dalam sel.
5. Sebutkan dan jelaskan jenis plastida selain kloroplas.
6. Pada sitoskeleton terdapat tiga jenis serabut. Sebutkan struktur dan fungsi ketiganya.
7. Buatlah bagan pembentukan glikoprotein oleh badan Golgi.
8. Jelaskan perbedaan dan persamaan antara sel hewan dengan sel tumbuhan.
9. Jelaskan perbedaan peran protein membran pada difusi fasilitasi dan transpor aktif.
10. Jelaskan terjadinya proses difusi dan osmosis.

B a b II

Struktur dan Fungsi Jaringan pada Tumbuhan



50,000 Photo Art

Budidaya tanaman hias cenderung silih berganti. Mulai kamboja, adenium, hingga anthurium. Tak terkecuali, anggrek pun pernah mengalami masa jayanya. Memang, selain dipajang sebagai hiasan, tanaman ini dapat pula dijadikan komoditas bisnis yang sangat menguntungkan. Terlebih lagi tanaman anggrek dapat tumbuh di beragam tempat, misalnya di tanah, menempel pada tanaman inang, ataupun pada bebatuan. Sehingga sifat uniknya pun dapat bertambah.

Budidaya tanaman anggrek tidak begitu sulit. Dapat dilakukan secara konvensional maupun metode kultur jaringan. Metode terakhir banyak dilirik karena cukup efektif. Maka, kalian perlu mengerti, bagaimana kultur jaringan dilakukan?

Kata Kunci

- Jaringan meristem
- Jaringan epidermis
- Jaringan parenkim
- Jaringan penyokong
- Jaringan pengangkut
- Jaringan gabus
- Stomata
- Aploplas
- Simplas
- Xilem
- Floem

Kilas

Pada bab sebelumnya, kalian telah mempelajari struktur dan fungsi sel. Salah satu kelebihan sel yakni bila berkelompok dengan sel lainnya dengan fungsi yang sama, sel dapat membentuk suatu jaringan. Jaringan yang dibentuk amat beragam, tergantung tempat sel itu berada.

Nah, untuk menjawab pertanyaan di atas, kalian dapat mempelajari sajian materi bab struktur dan fungsi jaringan tumbuhan berikut. Kalian diharapkan dapat membedakan jenis dan fungsi jaringan sebagai penyusun organ tumbuhan. Kalian juga diharapkan mampu menunjukkan jaringan-jaringan seperti epidermis, korteks, dan silinder pusat. Kemudian, yang cukup menarik, kalian dituntut dapat menjelaskan sifat totipotensi sel sebagai dasar kultur jaringan pada tumbuhan.

Setelah kalian mempelajari bab ini, kalian diharapkan mengetahui berbagai jaringan yang menyusun tubuh tumbuhan. Selain itu, kalian diharapkan juga mampu memahami bahwa kultur jaringan merupakan salah satu teknologi yang penerapannya didasarkan pada sifat totipotensi sel. Baiklah, mari kita ikuti bahasan materinya pada bab berikut.

A. Jenis-jenis Jaringan Tumbuhan

Sebagai salah satu ciptaan Tuhan, tumbuhan memiliki struktur tubuh yang sangat menakjubkan. Masing-masing bagian tubuh tumbuhan saling bekerja sama untuk tumbuh dan berkembang. Kemampuan ini ada karena tumbuhan memiliki bagian sel hidup yang membentuk jaringan.

Tubuh tumbuhan tersusun atas pelbagai macam jaringan. Menurut kemampuan membelahnya, jaringan tumbuhan ada dua macam, yaitu jaringan meristem dan jaringan permanen.

Baiklah, untuk mengetahuinya, mari kita pahami jenis jaringan pada uraian berikut.

1. Jaringan Meristem

Asal kata meristem adalah *meristes*, artinya ‘terbelah’, yang berasal dari bahasa Yunani. Sesuai namanya, sel-sel penyusun jaringan meristem sangat aktif membelah untuk menghasilkan sel baru. Karena itu, tidak salah bila disebut dengan **jaringan embrional**. Ciri jaringan meristem antara lain: selnya kecil-kecil, dinding sel tipis, inti sel besar, dan vakuola kecil.

Kemudian, pada jaringan meristem terdapat sel-sel yang selalu tetap. Sel tetap berfungsi untuk menghasilkan sel-sel baru di dalam meristem. Sel-sel baru dinamakan **inisial** atau **permulaan**. Sedangkan sel-sel baru yang mengalami spesialisasi dan perkembangan di dalam jaringan dinamakan **derivatif**. Sel-sel derivatif merupakan sel pengganti meristem.

Menurut asal pembentuknya, jaringan meristem dikelompokkan menjadi tiga macam, yakni promeristem, meristem primer, dan meristem sekunder.

Promeristem merupakan jaringan meristem yang sudah ada sejak tumbuhan berfase embrio. Adapun **meristem primer**, bisa ditemukan pada tumbuhan dewasa. Meristem primer terletak pada ujung batang

dan ujung akar. Karena itu, tubuh tumbuhan bisa bertambah tinggi dan panjang. Melalui sifatnya ini, meristem primer dinamakan juga **meristem apikal**.

Sel meristem primer berkembang menjadi **meristem sekunder**. Sebagai contoh, kambium. **Kambium** merupakan jaringan yang dimiliki oleh tumbuhan dikotil dan tumbuhan biji terbuka (*Gymnospermae*). Kambium terdapat di antara xilem dan floem. Pembelahan sel kambium ke arah dalam akan membentuk kayu. Sedangkan pembelahan sel kambium ke arah luar membentuk kulit kayu.

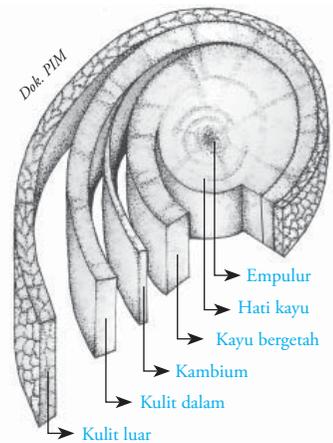
Dengan demikian, kambium dapat mengalami pertumbuhan ke samping. Misalnya saja, batang dan cabang tumbuhan dikotil yang tumbuh semakin besar. Pertumbuhan kambium membentuk lapisan kayu yang lebih tebal daripada kulit kayu. Sebab, pertumbuhan kambium ke arah luar lebih lambat dibandingkan pertumbuhan kambium ke arah dalam.

Sementara itu, selain asal pembentuknya, jaringan meristem juga dikelompokkan berdasarkan letaknya yaitu meristem apikal, meristem interkalar, dan meristem lateral. Apakah maksud dari ketiga jenis jaringan ini?

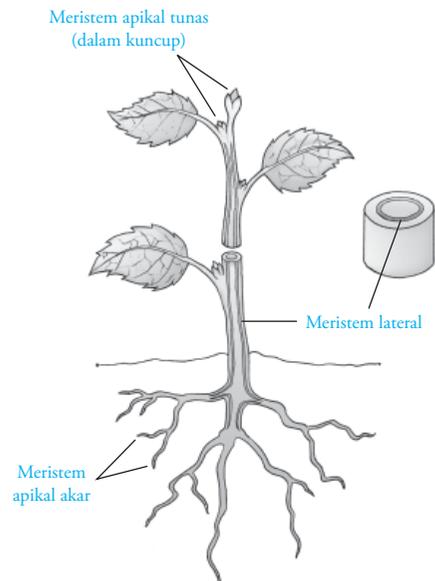
Meristem apikal disebut juga dengan **meristem ujung**. Meristem apikal terdapat pada ujung akar dan ujung batang. Saat mengalami pemanjangan, meristem apikal akan menghasilkan tunas apikal. Tunas apikal berkembang menjadi pelbagai jaringan baru yang membentuk cabang, daun, dan bunga. Sehingga, pertumbuhan apikal disebut juga **pertumbuhan primer**. Sedangkan jaringan yang dihasilkan disebut **jaringan primer**.

Selain memiliki meristem apikal, jaringan tumbuhan juga memiliki **meristem interkalar**. Jaringan meristem interkalar disebut juga **meristem antara**. Letak jaringan ini berada di antara jaringan permanen (jaringan dewasa). Pertumbuhan meristem interkalar akan menghasilkan bunga. Sehingga tidak salah jika jaringan yang dibentuk oleh meristem ini tergolong dalam jaringan primer. Meristem interkalar banyak terdapat pada pangkal ruas batang rumput-rumputan (*Graminae*).

Selanjutnya, bagian jaringan meristem yang lain adalah **meristem lateral**. Jaringan meristem ini dinamakan juga **meristem samping**. Contohnya meristem lateral pada kambium pembuluh dan kambium gabus. Saat mengalami pembelahan sel, kambium pembuluh atau kambium gabus pada akar dan batang akan mengalami proses penebalan (*lignifikasi*). Akibatnya, akar atau batang akan semakin besar. Pertumbuhan seperti ini dinamakan **pertumbuhan sekunder** dan jaringan yang dihasilkan dinamakan **jaringan sekunder**.



Gambar 2.1 Kambium pada batang



Gambar 2.2 Ragam jaringan meristem menurut letaknya

Sebenarnya pertumbuhan primer dan sekunder tumbuhan terjadi pada waktu yang bersamaan, hanya saja letak pertumbuhannya berbeda. Oleh karena itu, tumbuhan kayu dapat mengalami pertumbuhan baik secara apikal maupun lateral secara bersamaan.

Untuk selanjutnya, kalian dapat menyelesaikan diskusi dengan teman sebangku dari rubrik berikut.

Diskusi

Di kelas X kalian telah mempelajari bahasan dunia tumbuhan atau kingdom Plantae. Pada bab tersebut tumbuhan dikelompokkan menjadi tumbuhan lumut, tumbuhan paku-pakuan, dan tumbuhan berbiji. Menurut kalian, adakah jaringan epidermis pada tumbuhan lumut, tumbuhan paku, dan tumbuhan berbiji? Berikan argumen dari jawaban yang kalian berikan. Presentasikan hasil yang diperoleh di depan teman dan guru kalian. Selanjutnya, kumpulkan hasilnya kepada guru.

2. Jaringan Permanen



Gambar 2.3 Jaringan permanen banyak terdapat pada tubuh tumbuhan yang tua

Berdasarkan kemampuan membelahnya, tumbuhan memiliki jaringan permanen. Nama lain jaringan permanen adalah **jaringan dewasa**. Sifat jaringan permanen yakni non meristematik. Artinya, sel jaringan permanen tidak mampu tumbuh dan berkembang lagi. Hanya membentuk struktur tubuh tumbuhan dengan fungsi tertentu saja.

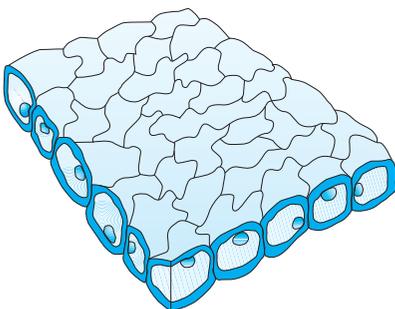
Menurut asalnya, jaringan permanen dihasilkan dari diferensiasi dan spesialisasi sel-sel pada jaringan meristem. **Diferensiasi** adalah perubahan bentuk tubuh tumbuhan yang disesuaikan dengan fungsinya. Sementara, **spesialisasi** adalah pengkhususan sel tumbuhan guna menyokong fungsi sel tertentu.

Seperti halnya jaringan meristem, jaringan permanen tersusun dari pelbagai jenis jaringan. Penyusun jaringan permanen meliputi jaringan epidermis, jaringan parenkim, jaringan penyokong, jaringan pengangkut, dan jaringan gabus. Simak uraiannya sebagai berikut.

a. Jaringan Epidermis

Asal kata “epidermis” adalah *epi* artinya di atas dan *derma* artinya kulit yang berasal dari Yunani. Sesuai namanya, jaringan epidermis dalam tubuh tumbuhan berfungsi sebagai penutup dan pelindung jaringan lainnya, terutama pada jaringan muda yang masih memungkinkan mengalami perkembangan dan pertumbuhan. Karena itu, jaringan epidermis terletak pada lapisan terluar akar, batang, dan daun.

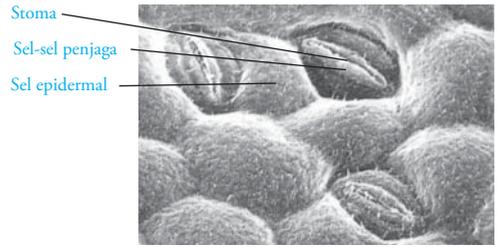
Ciri jaringan epidermis antara lain selnya hidup dan tersusun rapat, tidak memiliki klorofil dan berbentuk balok. Amati Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Struktur jaringan epidermis

Jaringan epidermis juga mampu melakukan diferensiasi epidermis. Karena itu, jaringan epidermis pada tumbuhan tertentu memiliki **stomata**, **sel kipas**, **sel gabus**, **sel kersik**, **trikomata**, **spina**, dan **velamen**. Derivat-derivat ini dapat ditemukan baik pada akar, batang, maupun daun.

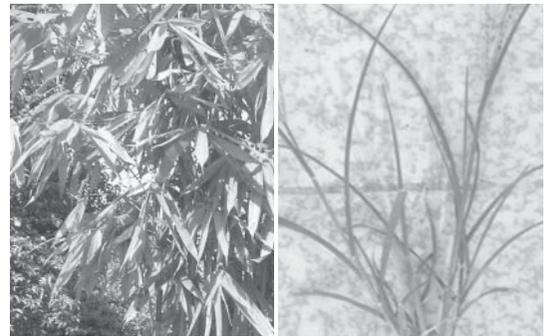
Stomata (tunggal disebut **stoma**) atau **mulut daun** merupakan pori kecil yang diapit oleh dua sel penjaga. Di dalam sel penjaga terdapat **kloroplas**. Kloroplas merupakan bagian epidermis yang berisi klorofil dengan peran sebagai tempat terjadinya proses fotosintesis. Agar kalian mengetahui bentuk stomata dengan tepat, cermatilah Gambar 2.5. Fungsi stomata adalah sebagai tempat terjadinya respirasi (pertukaran gas) dan juga transpirasi (proses penguapan air).



Glenn, Susan Toole, Understanding Biology, 1999, hlm. 451

Gambar 2.5 Stomata yang diapit sel penjaga pada lapisan epidermis

Salah satu bentuk diferensiasi epidermis yang lain adalah **sel kipas**. Sel kipas terdapat pada epidermis atas daun rumput-rumputan (Gramineae atau Cyperaceae). Sebagai contoh, sel kipas pada rumput teki dan daun bambu. Sel kipas bentuknya lebih besar dibanding sel epidermis, dinding sel tipis dan bisa mengempis. Daun rumput teki, bambu, dan sejenisnya dapat menggulung untuk mengurangi penguapan. Untuk lebih jelasnya, perhatikan Gambar 2.6.

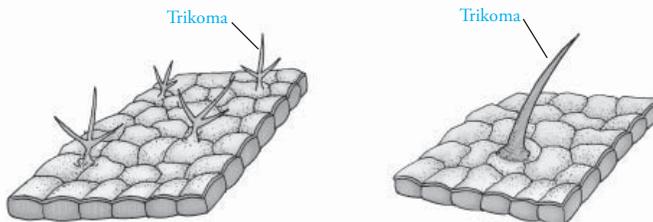


Dok. PIM

Gambar 2.6 (a) Daun bambu, (b) Daun rumput teki

Sel epidermis daun atas juga mengalami diferensiasi. Lapisan kutikula (senyawa lemak), misalnya, merupakan zat kutin yang mengalami penebalan, Contohnya daun pohon nangka. Semen-tara lapisan lilin dapat ditemukan pada epidermis bawah daun. Misalnya saja, lapisan lilin pada daun pisang.

Bentuk diferensiasi epidermis lainnya adalah trikoma (jamak disebut trikomata). **Trikoma** ialah bentuk modifikasi sel epidermis yang berupa rambut-rambut. Trikoma biasanya terletak pada akar, daun, batang, bunga, buah, maupun biji. Pada sel epidermis, trikoma muncul dari epidermis atas. Jumlah selnya bisa tunggal atau banyak. Ada trikoma yang mempunyai kelenjar sekretori dan ada juga yang tidak. Adapun bentuk trikoma pada batang dapat kalian cermati pada Gambar 2.7 berikut.

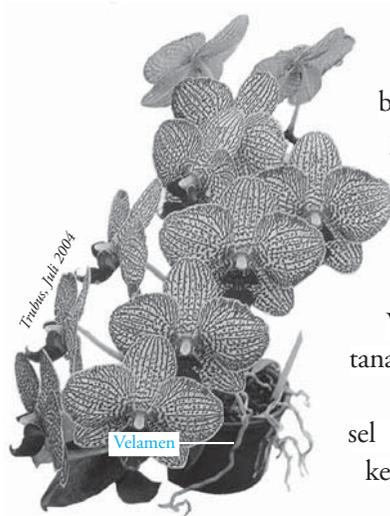


Gambar 2.7 Trikoma pada batang

Trikoma memiliki beragam fungsi, antara lain mengurangi penguapan, mengurangi gangguan hewan, dan membantu penyerbukan



Gambar 2.8 Duri (spina) pada bunga mawar dan bunga kertas



Gambar 2.9 Velamen tanaman anggrek

dalam stele batang. Misalnya, duri pada tanaman bunga kertas (*Bougainvillea*). Sedangkan duri palsu dibentuk oleh jaringan di bawah epidermis yaitu jaringan korteks batang. Contohnya, duri pada batang tumbuhan mawar. Perhatikan Gambar 2.8.

Bila kalian melihat tanaman anggrek, maka kalian akan menemukan velamen. **Velamen** merupakan modifikasi sel epidermis yang terdapat pada akar udara tanaman anggrek. Epidermis dan akar anggrek disebut **epidermis ganda** atau **multipl epidermis**. Velamen berfungsi sebagai tempat menyimpan air. Velamen pada tanaman anggrek dapat kalian cermati pada Gambar 2.9.

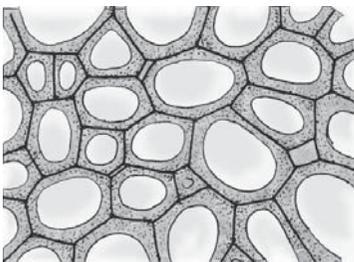
Berikutnya adalah sel kersik. **Sel kersik** merupakan hasil modifikasi sel epidermis pada batang *Graminae*. Sel kersik mengandung zat kersik atau silika (SiO_2). Batang tebu adalah tanaman yang banyak mengandung sel ini. Karenanya, permukaan batang tebu menjadi keras.

Telisisik

Bersama kelompok kalian, coba kalian cari tumbuhan yang mengalami diferensiasi jaringan epidermis. Ingat, bentuk diferensiasinya yang mudah diamati saja. Misalnya duri pada tanaman mawar atau velamen pada akar anggrek. Amati tubuh tumbuhan tersebut, selanjutnya identifikasi bentuk diferensiasinya. Kalian dapat mendokumentasikan hasilnya dalam bentuk foto, gambar, atau ilustrasi lainnya. Presentasikan hasil tersebut, lalu kumpulkan kepada guru kalian.

b. Jaringan Parenkim

Jaringan parenkim merupakan bentuk lain dari jaringan dewasa. Jaringan parenkim menyusun tubuh tumbuhan setelah jaringan epidermis. Jaringan parenkim disebut juga **jaringan dasar**. Alasannya, jaringan dasar bisa ditemukan pada semua organ tumbuhan, seperti akar, batang, dan daun. Pada batang, jaringan dasar ditemukan pada korteks dan empulur batang. Sedangkan pada daun, jaringan dasar berdiferensiasi menjadi jaringan bunga karang. Kemudian juga pada selubung berkas pengangkut. Untuk lebih jelasnya, perhatikan Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Jaringan parenkim

Adapun ciri-ciri jaringan parenkim antara lain ukuran sel besar dan hidup, dinding sel tipis, banyak terdapat vakuola, sel berbentuk segi enam, dan banyak memiliki ruang antar sel. Selain itu, jaringan parenkim mampu membelah, baik secara embrional maupun meristematik.

Berdasarkan fungsinya, jaringan parenkim terbagi menjadi beberapa jaringan, yaitu parenkim air, parenkim pengangkut, parenkim penyimpanan udara, parenkim asimilasi, parenkim penimbun, dan parenkim penutup luka.

Parenkim air adalah parenkim yang berperan dalam penyimpanan air. Sebagai contoh, parenkim air pada tumbuhan kaktus.

Parenkim pengangkut merupakan salah satu jaringan yang menyusun xilem dan floem. Xilem berfungsi mengangkut air dan garam mineral, sedangkan floem berfungsi mengangkut hasil asimilasi yang kemudian diedarkan ke seluruh tubuh.

Jenis parenkim lainnya adalah **parenkim penyimpanan udara (aerenkim)**. Seperti namanya, fungsi parenkim ini sebagai penyimpan udara pada ruang antarsel. Contohnya, parenkim penyimpanan udara pada tumbuhan air yang mempunyai ruang antarsel dengan jumlah banyak dan ukuran yang besar.

Jenis berikutnya adalah **parenkim asimilasi**. Fungsi parenkim asimilasi adalah tempat pembuatan zat makanan pada proses fotosintesis. Parenkim ini banyak terdapat pada bagian tumbuhan yang berwarna hijau.

Selain jenis parenkim tersebut, ada pula **parenkim penimbun**. Peran parenkim ini yaitu menyimpan cadangan makanan. Cadangan makanan tersebut berada pada vakuola. Contohnya umbi, rimpang, dan biji.

Sementara itu, jaringan parenkim penutup luka disebut kambium gabus (felogen). Jaringan ini mampu beregenerasi menjadi jaring embrional (meristematik) adalah fungsinya.

c. Jaringan Penyokong

Jaringan dewasa juga memiliki jaringan penyokong. Seperti halnya beton pada bangunan, jaringan penyokong berfungsi menunjang dan memperkokoh bentuk tumbuhan. Karena itu, jaringan ini disebut juga **jaringan mekanik**. Selain itu, jaringan ini juga berfungsi melindungi embrio, melindungi berkas pengangkut, dan memperkuat jaringan parenkim.

Jaringan penyokong memiliki tebal dan kuat. Sel jaringan ini dapat pula mengalami spesialisasi. Oleh karena itu, jaringan ini dinamakan pula jaringan penguat. Jaringan penyokong ini terdapat pada daun, batang, dan biji memiliki.

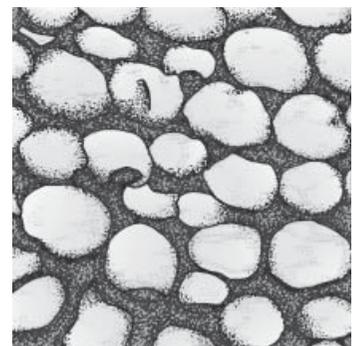
Jaringan penyokong ini terbagi atas dua jenis jaringan, yakni jaringan kolenkim dan jaringan sklerenkim.

Jaringan kolenkim memiliki sel hidup, dan tak berlignin. Selain itu, selnya mengalami penebalan. Perhatikan bentuk sel kolenkim pada Gambar 2.11. Jaringan banyak terdapat pada organ tumbuhan

Galeri

Peyeum

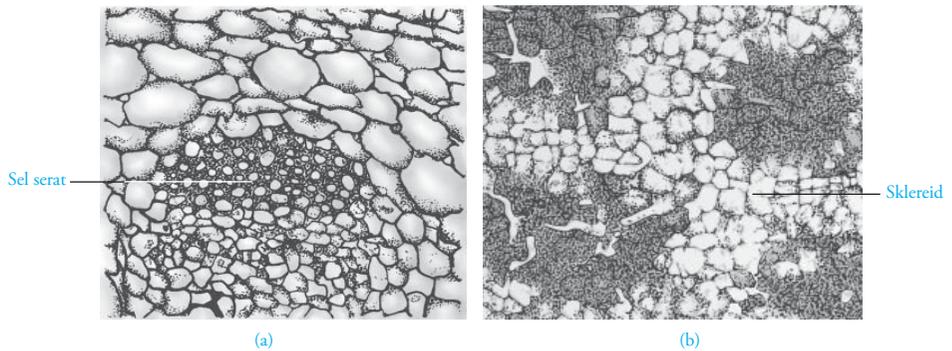
Kalian tahu peyeum? Ya, peyeum adalah makanan khas Bandung. Peyeum dibuat dengan bahan dasar umbi ketela pohon (*Manihot utilisima*). Umbi ini merupakan hasil penimbunan bahan makanan pada akar tumbuhan. Tentunya, di dalam akar singkong banyak terdapat jaringan parenkim penimbun. Karena itu, cadangan makanan banyak terkumpul di sana. Itulah, kenapa akar pohon dapat kita makan dan dibuat peyeum.



Gambar 2.11 Jaringan kolenkim

yang sedang tumbuh. Bila berbaur dengan sel parenkim, sel jaringan penyokong tampak lebih tebal. Jaringan kolenkim berfungsi mengokohkan dan menjaga kelenturan tubuh tumbuhan.

Sementara itu, jaringan sklerenkim hanya terdapat pada organ tumbuhan dewasa. Sel sklerenkim mati dan dindingnya tebal berlignin. Dibandingkan sel kolenkim, sel-sel sklerenkim ini jauh lebih kaku.



Gambar 2.12 (a) sel serat, (b) sklereid

Sel sklerenkim ada dua bentuk, yakni sel serat dan sklereid. **Sel serat** berbentuk panjang, ramping, tirus, dan bundel-bundel. Agar kalian mengetahui bentuk sel serat dan sklereid dengan tepat, perhatikan Gambar 2.12. Misalnya serat rami, digunakan untuk membuat tali dan serat rami halus untuk dipintal menjadi linen.

Sedangkan **sklereid** (sel batu) memiliki bentuk tidak beraturan. Ukuran sklereid lebih pendek daripada sel serat. Dengan adanya sklereid, kulit kacang dan lapisan biji menjadi keras. Sklereid dapat dijumpai pada daging buah jambu biji, buah pir, tempurung kelapa, kulit biji jarak, dan buah kenari.

Te l i s i k

Di bawah ini ada beberapa tugas yang dapat kalian lakukan secara kelompok atau mandiri. Simak kasusnya dan lakukanlah perintahnya.

1. Terkadang kita kesulitan mematahkan dahan atau cabang tumbuhan. Hal ini terjadi karena dahan atau cabang memiliki sifat lentur. Nah, berkenaan dengan sifat tersebut, berikan argumen kalian, apakah sifat lentur dahan atau ranting menunjukkan adanya jaringan kolenkim pada tumbuhan?

Catatan: Dahan atau ranting yang kalian patahkan sebaiknya tumbuhan hidup yang tidak terlalu besar.

2. Coba kalian cari bagian tumbuhan yang memiliki sklereid. Setelah kalian peroleh, buktikan sifat keras bagian tumbuhan tersebut dengan cara memecah atau memberi perlakuan yang lain. Cari manfaat yang dapat kalian temukan dari sifat keras bagian tumbuhan tersebut bagi manusia.

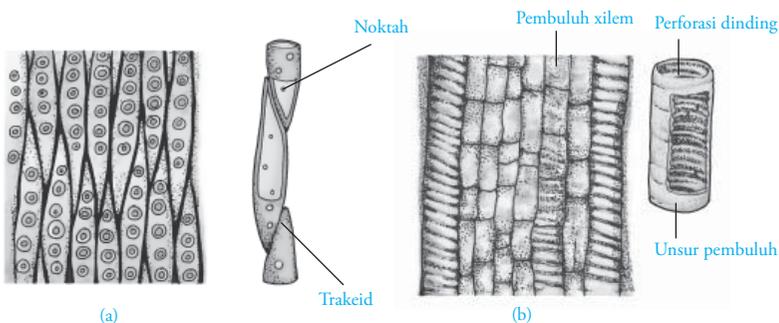
Selanjutnya presentasikan hasil yang kalian peroleh di depan teman dan guru kalian. Setelah selesai, kumpulkan tugas kepada guru untuk dinilai.

d. Jaringan Pengangkut

Di samping ketiga jenis jaringan permanen di atas, jaringan pengangkut juga terdapat pada tumbuhan. Jaringan pengangkut disebut juga **berkas vaskuler** atau **berkas pengangkutan (fasis)**. Jaringan ini berfungsi mengangkut air dan unsur hara hasil asimilasi dari satu bagian tubuh tumbuhan ke bagian yang lain.

Jaringan pengangkut terbagi menjadi dua macam. Yakni xilem dan floem. **Xilem** dinamakan pula **pembuluh kayu**. Fungsinya adalah mengangkut air dan garam mineral dari tanah ke dalam tubuh hingga daun.

Pada xilem terdapat dua jenis sel, yaitu trakeid dan unsur pembuluh. **Sel trakeid** berbentuk gelondong, panjang dan tipis dengan ujung runcing. Pada dinding selnya terdapat ceruk sebagai tempat jalan air dari sel ke sel lain. Perhatikan bentuk sel trakeid pada Gambar 2.13. Oleh karena dinding sekundernya terdapat lignin, maka trakeid berfungsi sebagai penyokong dan pengangkut air.



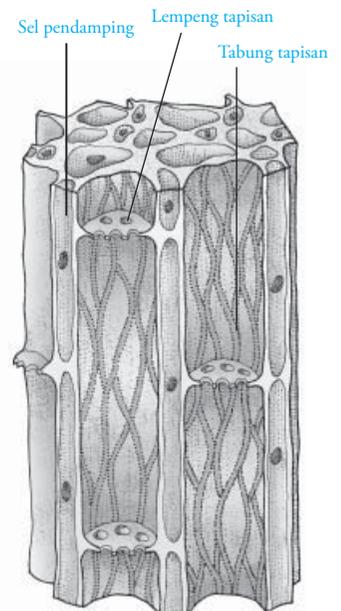
Gambar 2.13 (a) Trakeid, (b) Unsur pembuluh

Sementara itu, **unsur pembuluh** pada xilem berbentuk lebih lebar, ukuran lebih pendek, dinding sel tipis, dan ujung tidak terlalu runcing. Simaklah Gambar 2.13. Unsur pembuluh berbentuk pipa kecil panjang dari ujung ke ujung dinamakan **pembuluh xilem**. Pada dinding ujung unsur pembuluh ini terdapat perforasi (lubang) yang memungkinkan air mengalir bebas.

Jaringan pengangkut selanjutnya adalah floem. **Floem** dinamakan pula **pembuluh tapis**. Agar kalian mengetahui bentuk pembuluh tapis, simaklah Gambar 2.14. Floem berfungsi menyalurkan hasil fotosintesis dari daun ke seluruh bagian tumbuhan. Jaringan ini tersusun atas anggota pembuluh tapis.

Di antara anggota pembuluh tapis terdapat dinding berpori atau lempengan tapis. Dengan adanya dinding berpori, aliran zat yang berasal dari sel-sel pada pembuluh tapis bergerak dengan mudah. Di sepanjang sisi anggota pembuluh tapis terdapat sel pendamping yang memiliki nukleus. Pada daun, sel pendamping ini dapat membuat gula yang selanjutnya disalurkan ke seluruh anggota pembuluh tapis.

Nah, untuk mengetahui lebih lanjut tentang xilem dan floem, kalian dapat melakukan rubrik *Percobaan* berikut. Lakukan secara bersama-sama dengan kelompok kalian.



Gambar 2.14 Pembuluh tapis pada jaringan pengangkut

Bagaimana Struktur Xilem dan Floem?

A. Dasar Teori

Xilem dan floem merupakan bagian tubuh tumbuhan yang terdapat pada jaringan pengangkut. Pada xilem terdapat trakeid dan unsur pembuluh. Sel trakeid berbentuk gelondong, panjang, tipis, dan runcing pada ujungnya. Sementara unsur pembuluh mempunyai sel lebih lebar, lebih pendek, dinding sel tipis, dan ujungnya tidak runcing bila dibandingkan trakeid. Fungsi dari xilem yakni sebagai pengangkut air dan garam mineral dari dalam tanah ke dalam tubuh tumbuhan.

Sedangkan floem atau pembuluh tapis tersusun atas anggota pembuluh tapis. Pada anggota pembuluh tapis ini terdapat sel pendamping yang mempunyai nukleus. Fungsi floem adalah sebagai penyalur makanan (glukosa) hasil fotosintesis dari daun ke seluruh tubuh tumbuhan.

B. Tujuan

Mengetahui perbandingan struktur xilem dan floem

C. Alat dan Bahan

1. Preparat awetan penampang melintang batang jagung atau batang monokotil
2. Preparat segar penampang melintang batang jagung
3. Preparat awetan penampang melintang batang dikotil
4. Mikroskop cahaya dan peralatan pendukungnya
5. Silet atau *cutter*
6. Larutan safranin atau metilen biru
7. Kertas gambar
8. Bolpoin atau pensil

D. Langkah Percobaan

1. Pengamatan xilem dan floem batang pada preparat segar
 - a. Irislah setipis mungkin batang jagung secara melintang.
 - b. Letakkan irisan tersebut pada kaca benda, kemudian tetesi dengan larutan safranin atau metilen biru. Selanjutnya, tutup irisan tersebut dengan penutup kaca.
 - c. Amatilah irisan menggunakan mikroskop cahaya.
 - d. Gambarlah hasil pengamatan irisan tersebut pada kertas. Tunjukkan pula bagian-bagian yang termasuk jaringan xilem dan jaringan floem.
 - e. Akan lebih menarik jika setiap bagian dari gambar kalian diberi warna berbeda.
2. Pengamatan xilem dan floem batang monokotil dan dikotil
 - a. Amati preparat awetan penampang melintang batang monokotil dan dikotil menggunakan mikroskop.
 - b. Gambarlah pada kertas dan sebutkan bagian-bagian irisan yang kalian amati.
 - c. Kalian dapat memberikan warna yang berbeda untuk jaringan yang berbeda.

Perhatian: Hati-hati saat menggunakan silet atau *cutter*. Jangan sampai silet atau *cutter* melukai jari kalian. Jangan lupa pula rapikan peralatan dan bahan yang sudah selesai digunakan.

E. Pembahasan

1. Buat tabel perbandingan xilem dan floem seperti di bawah ini kemudian isilah kolom-kolomnya.

Perbandingan Xilem dan Floem

Bagian yang diamati	Xilem	Floem
- Unsur penyusun
- Penebalan dinding sel
- Letak

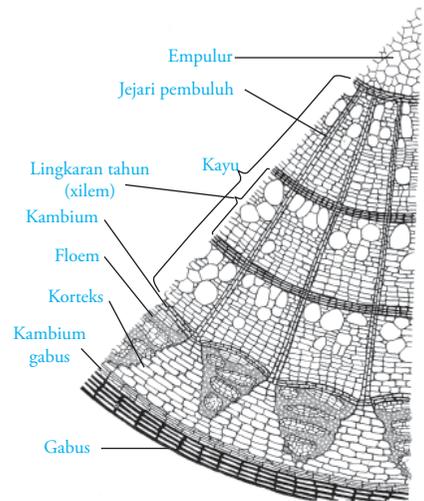
2. Kumpulkan hasil yang kalian peroleh kepada guru kalian.
3. Akan lebih bermanfaat jika hasil gambar yang kalian peroleh diperbesar dan dijadikan referensi untuk perpustakaan sebagai media pembelajaran.

e. Jaringan Gabus

Jaringan gabus merupakan jaringan yang tersusun oleh sel-sel parenkim gabus. Jaringan ini memiliki sel gabus yang mati dan kosong. Bentuknya memanjang dan ber dinding gabus. Untuk lebih jelasnya, cermati Gambar 2.15. Jaringan gabus berguna melindungi jaringan-jaringan di bawahnya dari kehilangan air.

Jaringan gabus pada tumbuhan dikotil dibentuk oleh kambium gabus atau felogen yang ada di bawah epidermis.

Jaringan gabus terbagi menjadi dua macam. Jaringan gabus yang dibentuk kambium gabus ke arah luar dan sel-selnya mati disebut **fleem**. Sedangkan jaringan gabus yang dibentuk kambium gabus ke arah dalam dan sel-sel yang hidup menyerupai parenkim disebut **feloderm**.



Gambar 2.15 Jaringan gabus

3. Sistem Jaringan pada Tumbuhan

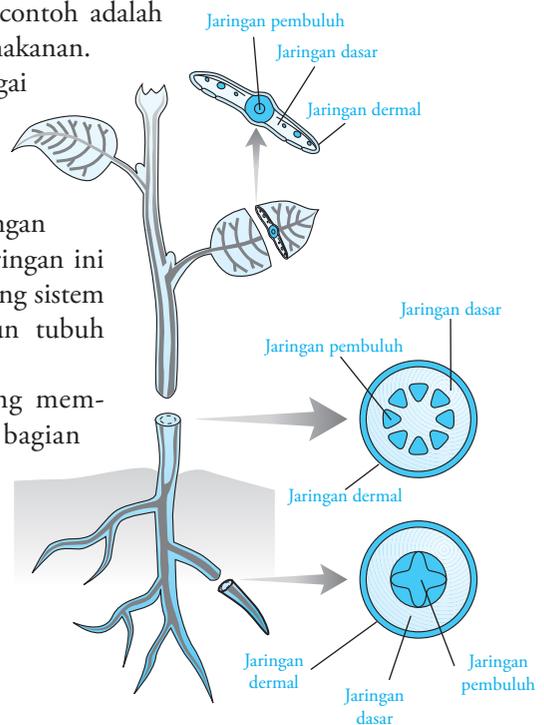
Berbagai jaringan dapat berkumpul dan membentuk suatu sistem yang disebut **sistem jaringan**. Jaringan-jaringan seperti jaringan parenkim, kolenkim, sklerenkim, xilem, dan floem bila berkumpul bisa membentuk sistem jaringan. Sebagai contoh adalah jaringan yang berperan dalam transpor air, mineral, dan makanan.

Pada transpor ini, tumbuhan banyak melibatkan pelbagai macam jaringan, seperti jaringan epidermis, korteks, endodermis, stele, dan berkas pembuluh.

Di dalam tubuh tumbuhan terdapat tiga macam sistem jaringan, yakni sistem jaringan dermal, sistem jaringan dasar, dan sistem jaringan pembuluh. Ketiga sistem jaringan ini tersebar pada daun, batang, maupun akar. Masing-masing sistem jaringan tersebut saling berkaitan sehingga menyusun tubuh tumbuhan. Simak Gambar 2.16.

Sistem jaringan dermal merupakan lapisan yang membungkus, menutupi, dan melindungi semua bagian tumbuhan. Jaringan ini meliputi epidermis dan periderm. Pada akar, perluasan dari sel-sel epidermis akan membentuk rambut-rambut akar. Rambut-rambut akar ini berfungsi sebagai penyerap air dan garam mineral. Pada batang dan daun, sistem jaringan dermal menyekresikan lapisan berlilin yang disebut **kutikula**. Kutikula berfungsi menahan air yang terlalu banyak keluar dari tubuh tumbuhan.

Selanjutnya adalah sistem jaringan pembuluh. Sistem jaringan pembuluh amat terkait dengan pengangkutan (transportasi) air dan garam mineral. Xilem dan floem merupakan jaringan yang berperan dalam proses pengangkutan tersebut. Selain itu, sistem jaringan pembuluh berfungsi pula sebagai jaringan penguat, sebab di dalamnya terdapat serabut xilem dan serabut floem.



Gambar 2.16 Tiga sistem jaringan tumbuhan

Sementara itu, **sistem jaringan dasar** merupakan jaringan pembentuk bahan dasar atau selimut jaringan pembuluh. Letak sistem jaringan ini berada di antara sistem jaringan dermal dan sistem jaringan pembuluh. Jaringan dasar penyusun tubuh tumbuhan adalah jaringan parenkim, jaringan kolenkim, dan jaringan sklerenkim. Masih ingatkah fungsi masing-masing jaringan tersebut?

4. Proses Pengangkutan Zat pada Tumbuhan

Setiap hari tumbuhan membutuhkan berbagai zat penting untuk melakukan proses metabolisme dalam tubuhnya. Zat tersebut misalnya air, garam mineral, oksigen, dan karbon dioksida.

Sebagaimana kita ketahui, tumbuhan dalam kesehariannya pasti membutuhkan zat-zat penting untuk hidup. Zat yang dibutuhkan antara lain air, garam mineral, oksigen, dan karbon dioksida. Pelbagai zat ini dapat diperoleh dari luar tubuh tumbuhan. Melalui daun, tumbuhan dapat memperoleh oksigen dan karbon dioksida. Sedangkan melalui ujung akar dan buluh-buluh akar, air dan garam mineral dapat diangkut tumbuhan ke dalam tubuhnya.

Untuk mengangkut air dan garam mineral, tumbuhan memerlukan suatu proses pengangkutan. Pengangkutan zat ini dilakukan oleh jaringan pengangkut yang melewati berkas pembuluh. Walau begitu, ada juga pengangkutan air dan garam mineral yang tidak diangkut secara langsung melalui berkas pembuluh, alias di luar berkas pembuluh xilem dan floem.

Oleh karena itu, pengangkutan air dan garam mineral pada tumbuhan dapat melalui dua cara, yaitu pengangkutan ekstravaskuler dan intravaskuler. Bagaimanakah proses pengangkutan ekstravaskuler dan intravaskuler pada tumbuhan? Kalian akan mengetahuinya setelah memahami penjelasan berikut.

a. Pengangkutan Ekstravaskuler

Dalam proses pengangkutan, tumbuhan dapat menyerap air dari tanah ke dalam tubuh melewati satu sel ke sel lain secara horizontal. Proses demikian dinamakan **pengangkutan ekstravaskuler**. Maksudnya, pengangkutan air dimulai dengan penyerapan oleh bulu akar, kemudian masuk menuju sel-sel epidermis. Dari sel epidermis, air menuju korteks, dan diteruskan ke sel-sel endodermis. Akhirnya, air masuk ke stele. Dari korteks, air didistribusikan menuju sel-sel untuk proses metabolisme tubuh.

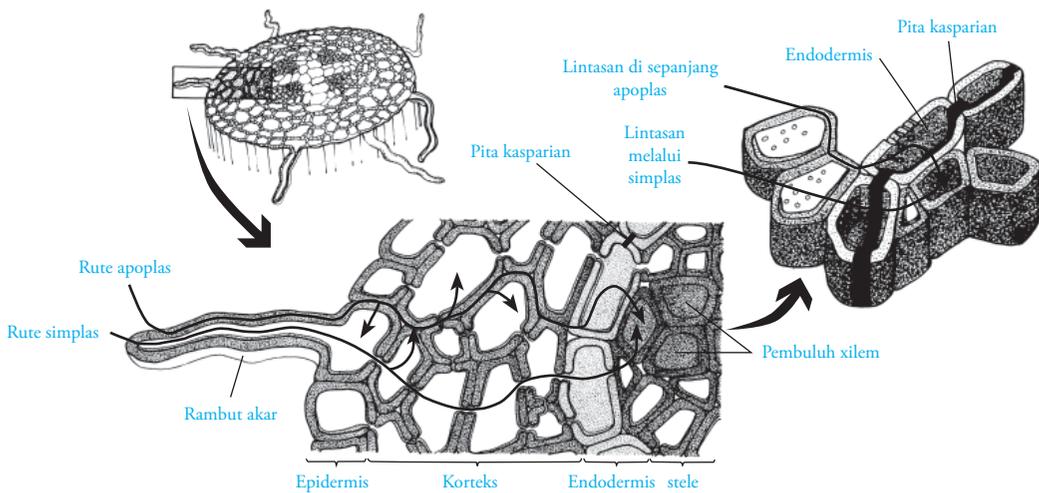
Untuk melakukan pengangkutan ekstravaskuler, tumbuhan dapat menempuhnya melalui dua cara, yakni secara simplas dan aploplas.

Pengangkutan **simplas** merupakan sistem pengangkutan air dan zat terlarut pada tumbuhan melalui bagian hidup dari satu sel ke sel lainnya. Bagian sel yang dilewati air dan zat terlarut tersebut adalah sitoplasma dan vakuola. Air dan zat terlarut ini dapat terangkut ke dalam tubuh tumbuhan dengan transpor aktif dan osmosis melalui

Kilas

Pada bahasan sebelumnya, disebutkan bahwa tumbuhan memiliki jaringan pengangkut. Jaringan pengangkut terdiri atas pembuluh xilem dan floem. Fungsi xilem adalah mengangkut air dan garam mineral dari dalam tanah ke seluruh tubuh. Sementara floem berfungsi mengangkut makanan dari daun ke seluruh tubuh.

plasmodesmata. Plasmodesmata adalah saluran yang menghubungkan protoplasma suatu sel dengan protoplasma sel lainnya. Perhatikan Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Pengangkutan ekstravaskuler pada tumbuhan

Air dan zat terlarut diserap bulu akar menuju sel-sel parenkim korteks yang berlapis-lapis. Lalu, air dan zat terlarut tersebut bergerak menuju sel-sel endodermis dan dilanjutkan ke sel-sel perikel. Akhirnya, air dan zat terlarut menuju berkas pembuluh xilem. Secara intravaskuler, air dan zat terlarut tersebut diangkut oleh xilem.

Sebenarnya ada perbedaan antara pengangkutan zat terlarut dengan pengangkutan air. Tumbuhan menyerap zat terlarut melawan gradien konsentrasi. Maksudnya, zat terlarut tersebut dibawa tumbuhan bergerak dari konsentrasi rendah menuju konsentrasi tinggi melalui transpor aktif.

Pengangkutan ekstravaskuler selanjutnya adalah pengangkutan aploplas. Aploplas memiliki mekanisme pengangkutan yang berkebalikan dengan simplas. Pengangkutan **aploplas** bekerja mengangkut air dan garam mineral bergerak melalui bagian sel yang tidak hidup, misalnya dinding sel dan ruang antarsel, baik secara difusi ataupun transpor pasif.

Namun, proses pengangkutan air dan zat terlarut secara aploplas dapat mengalami hambatan. Hambatan ini terjadi karena adanya **pita Kaspari** pada sel-sel endodermis. Pita Kaspari adalah suatu pita yang terbuat dari suberin, suatu bahan berlilin yang kedap air dan garam mineral. Pita Kaspari yang membuat air dan zat terlarut tidak dapat bergerak menuju stele. Sehingga, pengangkutan air dan zat terlarut tidak terjadi secara intravaskuler melalui xilem.

Dengan demikian, air dan garam mineral masuk ke dalam endodermis serta menuju stele hanya melalui pengangkutan simplas.

Galeri

Tumbuhan Parasit

Tumbuhan parasit ialah tumbuhan yang makanannya tergantung kepada tanaman lain. Parasit yang menakutkan di dunia adalah bunga Rafflesia. Bunga ini dinamakan berdasarkan nama penemunya, Sir Stamford Raffles, pada abad ke-19. Bunga ini tidak berdaun dan hanya berbunga. Hifanya digunakan sebagai alat penyerap air dan hara dari inangnya. Karena itu, bunga ini cukup mengganggu sistem transportasi pengangkutan zat tumbuhan inangnya.

Whitten & Whitten, *Indonesian Heritage: Tetumbuhan*, 2002, hlm. 17

b. Pengangkutan Intravaskuler

Pengangkutan intravaskuler berbeda dengan pengangkutan ekstrasvaskuler. Istilah intravaskuler berasal dari kata *intra* yang berarti 'dalam', dan *vaskuler* yang berarti 'pembuluh'. **Pengangkutan intravaskuler** adalah pengangkutan air dan zat terlarut yang terjadi di dalam berkas pembuluh xilem dan floem secara vertikal. Vertikal maksudnya adalah pengangkutan air dan zat terlarut oleh xilem dari akar menuju daun oleh xilem. Sebaliknya, pengangkutan zat makanan diangkat dari daun ke seluruh tubuh tumbuhan dilakukan oleh floem.

Pengangkutan air dan zat terlarut pada tumbuhan diawali dengan penyerapan zat melalui rambut akar. Kemudian zat tersebut mengalir menuju epidermis. Dari epidermis, air dan zat terlarut mengalir menuju korteks dan diteruskan ke sel-sel endodermis. Berikutnya, air dan zat terlarut masuk ke berkas pembuluh xilem akar. Selanjutnya, air dan zat terlarut diteruskan menuju xilem batang hingga xilem daun. Di dalam xilem daun, zat-zat yang berguna masuk ke parenkim mesofil daun sebagai bahan proses fotosintesis.

Proses fotosintesis menghasilkan glukosa dan oksigen. Glukosa diangkat pembuluh floem menuju seluruh jaringan tubuh. Oksigen dikeluarkan tumbuhan lewat stomata daun. Sementara air sisa metabolisme dikeluarkan lewat proses transpirasi.

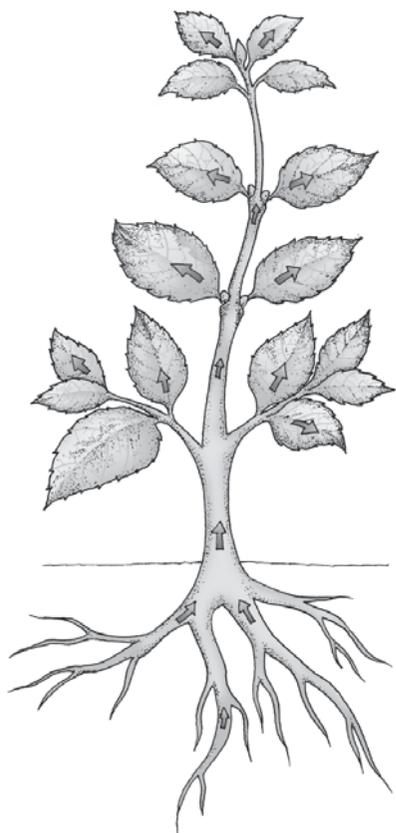
Kecepatan pengangkutan zat pada tumbuhan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yakni kelembaban, suhu, cahaya, angin, dan kandungan air tanah.

Semakin tinggi kelembaban udara di sekitar tumbuhan, maka difusi yang terjadi di dalam tumbuhan berlangsung lambat. Sebaliknya, semakin rendah kelembaban udara lingkungan, difusi di dalam tumbuhan akan semakin cepat.

Semakin tinggi suhu lingkungan di sekitar tumbuhan dan intensitas cahaya yang meningkat serta angin yang semakin kencang, maka laju transpirasi tumbuhan akan semakin tinggi. Begitu pula sebaliknya, suhu lingkungan, intensitas cahaya, dan angin yang semakin besar mengakibatkan proses pengangkutan zat berlangsung lambat.

Semakin banyak kandungan air di dalam tanah, maka potensial air semakin tinggi. Akibatnya, proses transportasi zat pada xilem dan laju transpirasi semakin meningkat.

Berbagai faktor itulah yang bisa memengaruhi cepat rambatnya transportasi zat. Untuk selanjutnya, coba diskusikan kasus berikut.



Gambar 2.18 Pengangkutan air dan garam mineral secara intravaskuler

Telisisik

Menurut kalian, adakah perbedaan kecepatan transportasi zat pada tumbuhan yang hidup di habitat pegunungan (dataran tinggi), daerah banyak sinar matahari, dan daerah lembab?

Cari jawabannya dari internet, referensi perpustakaan, majalah, koran, atau sumber lain. Presentasikan hasil yang diperoleh dan kumpulkan kepada guru.

Nah, itulah pembahasan kita terkait proses pengangkutan zat pada tumbuhan. Berikutnya, untuk mengetahui cara kerja floem dalam mengangkut makanan, kalian dapat melakukan rubrik *Percobaan* berikut.

Percobaan

Bagaimana Pengangkutan Makanan melalui Floem?

A. Dasar Teori

Sistem transportasi pada tumbuhan ada dua macam, yakni secara ekstravaskuler dan intravaskuler. Pengangkutan ekstravaskuler merupakan pengangkutan air dan zat terlarut tanpa melalui berkas pembuluh. Sebaliknya, pengangkutan intravaskuler merupakan pengangkutan air dan zat terlarut masuk ke dalam tumbuhan melalui berkas pembuluh xilem.

Air dan garam mineral digunakan tumbuhan untuk proses metabolisme yang salah satunya fotosintesis. Hasil proses fotosintesis berupa makanan (glukosa) dan oksigen. Makanan ditranspor ke seluruh tubuh tumbuhan melalui floem. Sedangkan oksigen akan ditranspor ke luar tubuh tumbuhan melalui stomata pada daun.

B. Tujuan

Mampu mengamati pengangkutan hasil fotosintesis melalui floem.

C. Alat dan Bahan

1. Satu buah tanaman dikotil yang mudah dicangkok (misalnya, pohon bunga sepatu)
2. Tanah subur (humus)
3. Sabut buah kelapa
4. Tali rafia
5. Pisau

D. Langkah Percobaan

1. Pilih dahan atau cabang tumbuhan dikotil yang cukup tua. Kupas kulit dahannya sepanjang 6 cm sampai lendirnya (bagian kambium) habis.
2. Ambil sabut kelapa. Atur sabut kelapa tersebut sehingga dapat membungkus batang/dahan tepat pada bagian yang dikupas.
3. Tempatkan tanah atau humus yang basah pada batas bawah luka kulit yang dikupas. Kemudian tutup bagian tersebut dengan sabut kelapa. Setelah itu, ikat ujung bagian tersebut dengan tali rafia.
4. Lakukan penyiraman setiap hari.
5. Diamkan percobaan ini kurang lebih selama 1,5 sampai 2 bulan dengan pengamatan setiap seminggu sekali.
6. Amati perubahan yang terjadi. Kemudian, tulis hasil pengamatan tersebut pada tabel berikut.

Tabel Pengamatan Perubahan Struktur Dahan

Waktu	Hasil Pengamatan
Minggu ke-1	...
Minggu ke-2	...
Minggu ke-3	...
Minggu ke-4	...
Minggu ke-5	...
Minggu ke-6	...
Minggu ke-7	...
Minggu ke-8	...

7. Dari hasil pengamatan ini, kalian dapat melaporkannya dalam bentuk laporan ilmiah.
8. Setelah 1,5 sampai 2 bulan, lakukan pemotongan dahan pada bagian bawah pembungkus sabut kelapa untuk segera ditanam.

Perhatian: Hati-hatilah saat menggunakan pisau sehingga tangan kalian tidak terluka. Setelah hasil cangkakan ditanam, rawatlah tanaman baru tersebut dengan baik.

E. Pembahasan

1. Apakah jaringan yang berperan dalam pertumbuhan akar pada bagian batang yang dikupas?
2. Di manakah letak pertumbuhan akar tersebut? Pada batas keratan bawah atau batas keratan atas?
3. Mengapa tumbuhan dikotil dapat melakukan hal demikian? Jelaskan.
4. Kumpulkan hasil yang kalian peroleh pada guru kalian.

Catatan: Percobaan di atas disarankan untuk dijadikan proyek bagi siswa. Selain itu, akan lebih baik bila percobaan ini dilaksanakan pada musim penghujan supaya penyiraman tidak perlu sering dilakukan. Hasil percobaan ini bisa dipresentasikan pada akhir semester.

Untuk menguji kemampuan kalian, coba selesaikan *Uji Kompetensi* berikut.

Uji Kompetensi

Jawablah soal-soal berikut dengan tepat.

1. Apakah yang dimaksud dengan jaringan maristem? Sebutkan pula ciri-ciri dan fungsinya.
2. Sebutkan dan jelaskan macam jaringan maristem berdasarkan asal pembentuknya dan berdasarkan letaknya.
3. Sebutkan jenis dan fungsi dari jaringan penyusun tumbuhan berikut.
 - a. Jaringan epidermis
 - b. Jaringan permanen
4. Sebutkan perbedaan pembuluh xilem dan floem dari struktur dan fungsinya.
5. Tumbuhan memerlukan sistem pengangkutan
 6. dalam memperoleh zat dan makanan dari tanah. Sebutkan dan jelaskan dua sistem pengangkutan zat dalam tumbuhan.
 6. Pengangkutan air dan zat terlarut dapat melewati pengangkutan ekstravaskuler dari tanah menuju tubuh tumbuhan. Sebutkan dan jelaskan jenis pengangkutan ekstravaskuler yang dapat ditempuh.
 7. Selain melakukan pengangkutan zat secara ekstravaskuler, tumbuhan dapat pula melakukan pengangkutan secara intravaskuler. Sebutkan jaringan yang berperan dalam proses tersebut. Jelaskan pula prosesnya.

Tumbuhan multiselluler memiliki akar, batang, dan daun. Masing-masing bagian tumbuhan ini tersusun dari beberapa jaringan. Selain itu, akar, batang, dan daun juga mempunyai fungsi yang beragam. Di bawah ini akan dibahas struktur pelbagai organ dalam tumbuhan.

B. Organ Tumbuhan

Sebelum kalian membahas organ tumbuhan secara mendalam, sebaiknya kita selesaikan terlebih dahulu rubrik *Diskusi* berikut.

Bersama teman sebangku, coba kalian diskusikan pertanyaan berikut. Setelah jawaban kalian peroleh, langkah berikutnya adalah mencocokkan dengan referensi atau buku. Berikut pertanyaannya.

1. Saat kalian melakukan pengamatan pada tumbuhan, menurut kalian, apakah jaringan yang menyusun organ akar, batang, dan daun pada tumbuhan?
2. Adakah kaitan di antara jaringan-jaringan tersebut?

Presentasikan hasil yang telah kalian peroleh di depan guru dan teman kalian.

Pelbagai jaringan dengan fungsi tertentu bisa berkumpul membentuk suatu organ. Demikian pula pada tumbuhan, proses diferensiasi yang terjadi dalam jaringan dapat membentuk pelbagai macam bagian pokok tumbuhan. Bagian-bagian itu adalah akar, batang, dan daun. Sementara bagian lain yang ada pada tubuh tumbuhan itu adalah hasil modifikasi dari salah satu atau dua bagian tumbuhan tersebut. Contoh bagian hasil modifikasi adalah kuncup, bunga, rimpang, dan duri.

Tubuh tumbuhan terbagi dalam sistem akar dan sistem tunas. Sesuai namanya, sistem akar terdiri atas organ akar dan bagian-bagiannya. Sedangkan sistem batang meliputi organ batang dan daun. Untuk mengetahui struktur dan fungsi pelbagai organ tumbuhan, simak dan pahami uraian berikut.

1. Akar _____

Sebelum mempelajari struktur dan fungsi akar, sebaiknya kalian lakukan terlebih dulu kegiatan di rubrik *Telisisik* berikut.

Kilas

Pada bahasan sebelumnya menyebutkan bahwa jaringan yang berkumpul dengan fungsi tertentu akan membentuk organ. Pelbagai organ bila berkumpul akan membentuk sistem organ. Contoh organ tumbuhan adalah akar, batang, dan daun.

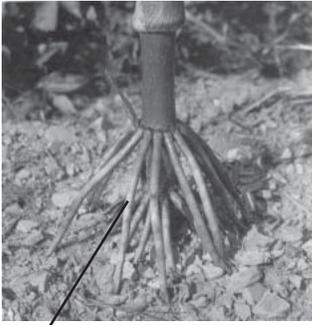
Telisisik

Lakukan kegiatan berikut secara berkelompok dan presentasikan hasilnya di depan teman dan guru kalian.

Coba kalian cabut tanaman yang masih kecil. Amati, adakah akar pada tanaman tersebut? Lantas potong bagian akarnya, kemudian tanamlah. Amati selama beberapa hari, apakah tanaman yang kalian potong akarnya itu mampu hidup?

Akar merupakan bagian tubuh tumbuhan yang berada dalam tanah. Bentuk akar sebagian besar meruncing. Terkadang, akar memiliki ujung yang berwarna cerah.

Akar berfungsi sebagai penopang dan penguat berdirinya tumbuhan. Untuk memperoleh zat dari luar tubuh, akar tumbuhan berperan dalam proses penyerapan air dan garam mineral dari dalam tanah. Akar berfungsi sebagai tempat penyimpanan cadangan makanan, contohnya adalah ketela pohon dan kentang.



Dok. PIM

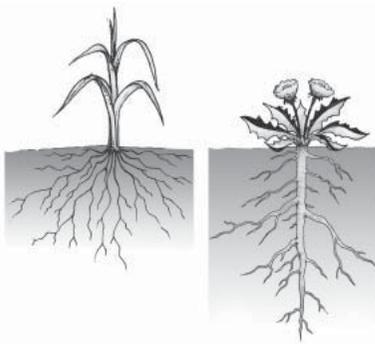
Akar liar (*adventitious*)

Gambar 2.19 Akar liar (*adventitious*) pada tanaman jagung

Selain menjulur dari dasar tunas, akar tumbuhan juga dapat keluar dari permukaan tanah. Akar demikian bisa muncul dari batang ataupun daun. Kita dapat menyebut akar yang tumbuh pada bagian yang tidak semestinya ini dengan nama **akar liar** atau *adventitious* (lihat Gambar 2.19). Akar liar berfungsi sebagai penyangga dan penyokong batang tumbuhan yang menjulang tinggi. Sebagai contoh ialah akar tanaman jagung yang tumbuh dari batangnya.

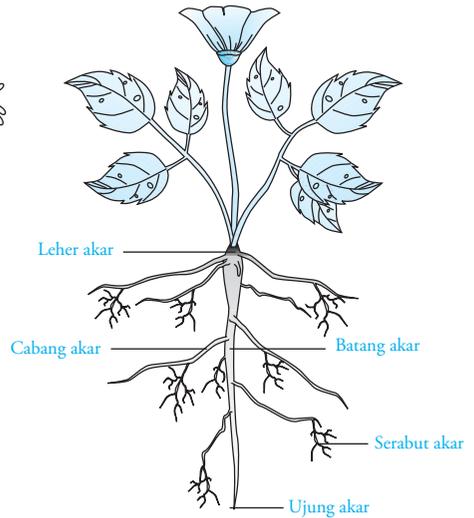
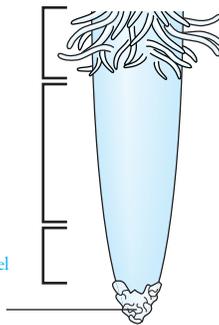
Berdasarkan jenisnya, akar tumbuhan terbagi menjadi dua, yaitu sistem akar tunggang dan sistem akar serabut. **Sistem akar tunggang** dimiliki oleh akar tumbuhan dikotil, sedangkan **sistem akar serabut** dimiliki oleh akar tumbuhan monokotil. Pada sistem akar tunggang terdapat satu akar tunggang besar, namun akar lateralnya kecil. Sementara pada sistem akar serabut, akarnya mirip benang-benang. Perhatikan Gambar 2.20.

Secara morfologis, akar terdiri atas leher akar (pangkal akar), batang akar, cabang akar, serabut akar, rambut akar, ujung akar, dan tudung akar (kaliptra). Perhatikan Gambar 2.21.



Gambar 2.20 Sistem akar tunggang dan sistem akar serabut

Daerah diferensiasi
Daerah pemanjangan
Daerah pembelahan sel
Tudung akar



Gambar 2.21 Akar dan bagian-bagiannya

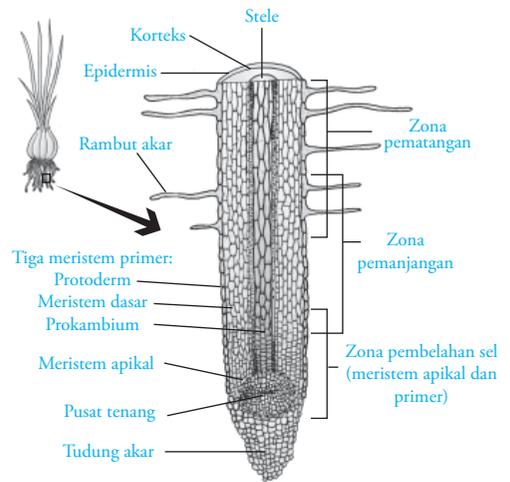
Bagian akar yang secara langsung terhubung dengan batang disebut **leher akar**. Sementara bagian yang berada di antara leher dan ujung akar dinamakan **batang akar**. Selanjutnya, akar juga memiliki bagian menonjol pada batang yang membentuk **cabang akar**.

Selain itu, ada juga akar halus bercabang-cabang yang disebut **serabut akar**. Lalu, akar juga memiliki bagian yang mengalami diferensiasi pada jaringan epidermisnya. Bagian ini dinamakan **rambut akar**. Sementara, bagian ujung akar yang berfungsi sebagai pelindung mesistem saat akar memanjang menembus tanah disebut **tudung akar**.

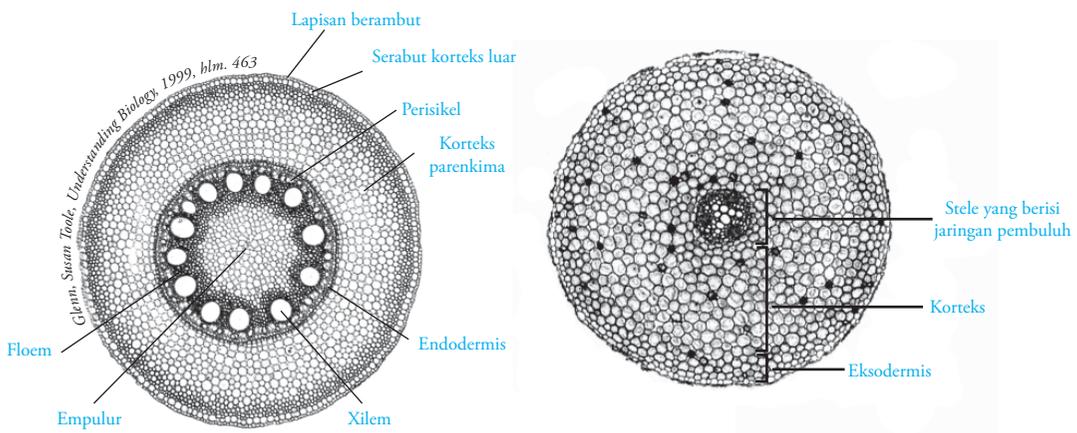
Di belakang tudung akar terdapat berbagai zona pertumbuhan primer. Zona yang dimaksud adalah zona pembelahan sel, zona pemanjangan, dan zona pematangan. Perhatikan Gambar 2.22.

Pada **zona pembelahan sel** terdapat meristem apikal atau meristem primer. Meristem apikal menghasilkan sel-sel meristem dan mengganti sel tudung akar yang mengelupas saat menembus tanah. Sel pusat tenang juga terdapat pada lapisan ini. Fungsi sel pusat tenang adalah sebagai cadangan pemulihan meristem saat mengalami kerusakan. Di dalam zona ini terdapat protoderm, prokambium, dan meristem dasar. Masing-masing akan menghasilkan tiga sistem jaringan.

Zona pembelahan sel berhubungan dengan zona pemanjangan. Di dalam zona ini sel-sel mengalami perpanjangan sepuluh kali panjang asalnya. Akibatnya, ujung akar terdorong semakin jauh ke dalam tanah. Sementara zona pematangan pada akar mengalami spesialisasi dan diferensiasi sesuai fungsinya.



Gambar 2.22 Zona pertumbuhan akar dan struktur akar



Gambar 2.23 Struktur akar tumbuhan dikotil dan monokotil

Selain beberapa zona tersebut, akar juga memiliki struktur tertentu. Kalian dapat mengamati strukturnya melalui preparat awetan sayatan akar yang masih muda dengan menggunakan mikroskop. Struktur akar dari luar ke dalam berturut-turut adalah jaringan epidermis, korteks, dan stele (silinder pusat). Agar kalian dapat membandingkan struktur akar tumbuhan dikotil dan monokotil, perhatikan Gambar 2.23.

Epidermis merupakan selapis sel yang berasal dari protoderm. Di dalamnya terdapat dinding berkutikula dan susunan sel yang rapat. Selain itu, epidermis terdapat rambut akar yang berguna memperluas permukaan sel sehingga penyerapan air dan zat terlarut lebih efisien.

Galeri

Akar Bakau



Tanaman bakau banyak tersebar di sepanjang garis pantai kepulauan Indonesia. Akar-akarnya yang kuat dapat menambah manfaat bagi ekologi laut dan lingkungan pantai. Ikan dapat menempatkan telurnya di antara akar bakau yang menjulur ke laut. Abrasi air laut juga dapat ditahan karena akarnya yang melindungi daratan.

Whitten & Whitten, *Indonesian Heritage: Tetumbuhan*, 2002, hlm. 36

Lapisan berikutnya adalah korteks. Korteks terletak di antara lapisan epidermis dan stele. Pada korteks terdapat sel-sel parenkim yang ber dinding sel tipis. Lapisan luar korteks tersebut dinamakan **eksodermis**. Sementara lapisan dalamnya tersusun rapat tanpa ruang antarsel dan berbentuk kubus, yang disebut **endodermis**. Sel-sel endodermis ini mengalami penebalan suberin yang membentuk pita Kaspari. Adapun dinding sel endodermis yang tidak menebal dan berfungsi sebagai jalan air mengalir dinamakan **sel penerus**.

Prokambium pada meristem primer berkembang menjadi stele (silinder pusat). **Stele** terdapat pada akar bagian dalam, tepatnya di sebelah dalam endodermis. Stele tersusun dari empulur, perisikel dan berkas vaskuler (fasis) atau pembuluh pengangkut. Empulur merupakan sel-sel parenkim yang terdapat pada stele tumbuhan monokotil. Empulur ini dikelilingi oleh xilem dan floem secara bergantian.

Sementara itu, lapisan terluar stele membentuk **perisikel** atau **perikambium**. Sel-sel stele pada perisikel ini mudah membelah dan membentuk cabang. Karena itu, cabang akar pertumbuhannya bersifat endogen. Sehingga stele ini dapat membentuk kambium jari-jari empulur.

Lapisan berikutnya adalah **berkas vaskuler** atau **jaringan pengangkut**. Di dalam berkas vaskuler terdapat xilem dan floem. Xilem akar dikotil terletak di pusat dan berbentuk bintang, sedangkan floemnya terletak di luar xilem. Sedangkan tumbuhan monokotil memiliki struktur yang berselang-seling.

Selain itu, di antara xilem dan floem akar tumbuhan dikotil terdapat kambium atau kolateral terbuka. Sementara, pada tumbuhan monokotil tidak ada kambium atau kolateral tertutup.

Untuk membedakan tumbuhan dikotil dan tumbuhan monokotil, kalian dapat melakukan *Percobaan* berikut.

Percobaan

Mengamati Struktur Akar Dikotil dan Monokotil

A. Dasar Teori

Secara umum, tumbuhan memiliki struktur akar yang sama dari luar ke dalam. Berturut-turut struktur tersebut yaitu jaringan epidermis, korteks, dan stele (silinder pusat). Masing-masing lapisan ini menyusun akar tumbuhan.

Epidermis terletak pada lapisan luar akar, sementara stele berada di lapisan yang paling dalam. Korteks merupakan lapisan di antara epidermis dan stele. Pada epidermis terdapat dinding kutikula, dan sel-sel yang rapat. Rambut akar juga ada. Sedangkan di dalam korteks terdapat sel-sel parenkim yang membentuk eksodermis dan endodermis. Korteks juga memiliki pita Kaspari dan sel penerus. Adapun stele (silinder pusat) memiliki berkas pembuluh, xilem, dan floem. Selain itu, di dalam stele juga terdapat empulur dan perisikel.

Perbedaan yang mencolok pada tumbuhan dikotil dan monokotil yakni keberadaan kambium. Pada tumbuhan dikotil, kambium terdapat di antara xilem dan floem. Sedangkan tumbuhan monokotil tidak memiliki kambium.

B. Tujuan

Memahami struktur akar tumbuhan dikotil dan monokotil

C. Alat dan Bahan

1. Mikroskop dan perlengkapannya
2. Preparat awetan penampang melintang akar dikotil dan monokotil

D. Langkah Percobaan

1. Buatlah kelompok kerja untuk melakukan percobaan ini.
2. Amati kedua preparat yakni awetan penampang melintang akar dikotil dan monokotil dengan mikroskop.
3. Temukan jaringan-jaringan yang menyusun akar tumbuhan dikotil dan monokotil, seperti jaringan epidermis, korteks, dan stele (silinder pusat).
4. Gambarkan hasil pengamatan kalian dan berilah keterangan bagian-bagian akar yang kalian temukan.

Perhatian: Rapikan peralatan dan bahan percobaan setelah digunakan.

E. Pembahasan

1. Sebutkan jaringan-jaringan/bagian-bagian penyusun akar dikotil berdasarkan pengamatan.
2. Sebutkan jaringan-jaringan/bagian-bagian penyusun akar monokotil berdasarkan pengamatan.
3. Sebutkan dan jelaskan perbedaan kedua struktur akar dikotil dan monokotil.
4. Kumpulkan hasil yang kalian peroleh kepada guru kalian.

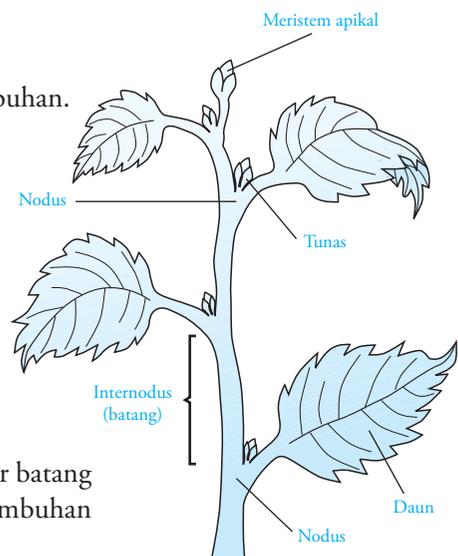
Nah, demikianlah ciri dan struktur sekaligus bagian akar tumbuhan. Pada struktur tubuh tumbuhan, akar akan terkait dengan tubuh tumbuhan yang berada di atas tanah. Bagian ini disebut batang. Bagaimana ciri dan struktur batang tumbuhan itu? Simak uraian berikut.

2. Batang (*stem*)

Batang merupakan bagian sistem tunas pada tumbuhan. Letaknya berada di atas tanah. Organ ini dikategorikan sebagai penghasil alat-alat lateral, misalnya daun, tunas, dan bunga. Pada bagian batang terdapat **buku (node)** atau tempat daun melekat dan **ruas (internode)**, yaitu bagian batang yang letaknya di antara buku-buku.

Selain buku dan ruas, pada batang terdapat suatu tunas. Tunas yang terdapat pada sudut di antara daun dan batang dinamakan **tunas aksiler**. Tunas ini berpeluang menjadi cabang. Adapun bagian ujung batang terdapat **tunas terminal**. Perhatikan Gambar 2.24.

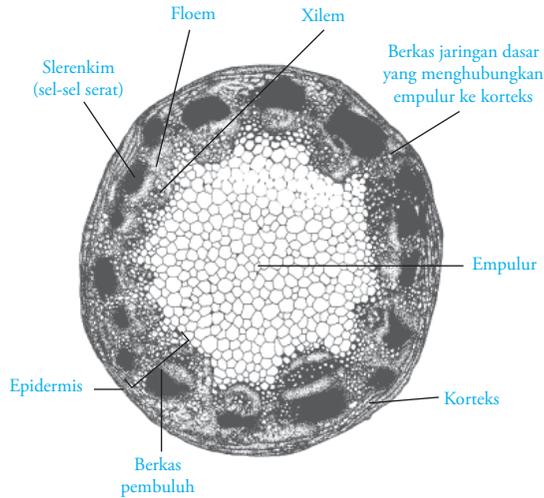
Pada bagian berikut, akan mempelajari ciri dan struktur batang dua jenis tumbuhan, yakni tumbuhan dikotil dan tumbuhan monokotil. Simak dan pahami uraiannya.



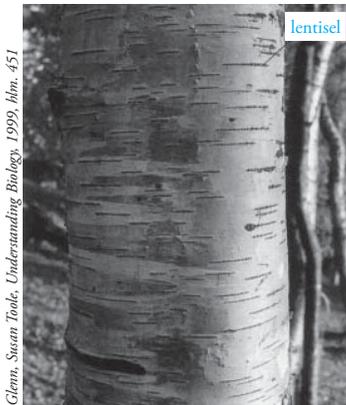
Gambar 2.24 Bagian-bagian batang

a. Batang Tumbuhan Dikotil

Seperti halnya akar, batang juga tersusun atas berbagai jaringan, yaitu jaringan epidermis, jaringan dasar, dan jaringan pembuluh. Jaringan dasar tersusun oleh korteks, sedangkan jaringan pembuluh terdapat berkas vaskuler yaitu xilem dan floem. Cermati bagian-bagian batang tumbuhan dikotil secara lebih detail pada Gambar 2.25. Karena itu, batang memiliki beragam fungsi bagi tumbuhan. Namun, berbagai lapisan ini juga mempunyai beragam ciri khas.



Gambar 2.25 Struktur tumbuhan dikotil



Gambar 2.26 Lenti sel pada batang

Jaringan epidermis pada batang memiliki ciri yang sama seperti jaringan epidermis pada akar. Misalnya, sel yang tipis dan tersusun rapat serta berkutikula pada akar dan batang. Selain itu, batang memiliki kemampuan tumbuh, baik secara sekunder maupun primer. Pertumbuhan sekunder batang terjadi pada jaringan epidermis. Sedangkan pertumbuhan primer terjadi pada tunas terminal (ujung batang) tepatnya pada meristem apikal. Fungsi jaringan epidermis pada batang juga sama dengan jaringan epidermis pada akar yaitu melindungi jaringan yang ada di dalamnya. Epidermis batang ini juga dapat pecah. Pecahnya epidermis batang mengakibatkan jaringan kambium gabus (folagen) terisi dengan gabus. Bagian ini disebut **lenti sel**. Fungsi lenti sel adalah sebagai tempat pertukaran gas dan penguapan (transpirasi).

Lapisan penyusun batang selanjutnya adalah jaringan dasar. Di dalam jaringan ini terdapat korteks. Korteks pada batang meliputi dua macam jaringan, yakni jaringan korteks luar dan korteks dalam. Sel kolonkim dan sel parenkim adalah penyusun korteks luar. Korteks dalam hanya disusun dari sel-sel parenkim saja. Korteks dalam (endodermis) dimiliki oleh semua tumbuhan. Namun sebaliknya, tidak semua tumbuhan memiliki korteks luar. Ada satu ciri khas yang dimiliki tumbuhan biji terbuka terkait lapisan korteks. Pada korteksnya terdapat seludang pati (sarung tepung) yaitu lapisan yang berisi pati.

Setelah korteks, tubuh tumbuhan tersusun oleh jaringan pembuluh. Di dalam jaringan pembuluh terdapat stele atau silinder pusat. Pada tumbuhan dikotil, stele terletak di sebelah dalam korteks atau sebelah dalam endodermis. Sementara, lapisan terluarnya disebut perisikel atau perikambium. Di sebelah dalam korteks terdapat empulur dan berkas pengangkut.

Pada berkas pengangkutan ini terdapat xilem dan floem. Sementara, di tengah stele terdapat empulur. Empulur juga ada di antara xilem dan floem. Bentuknya seperti jari-jari, disebut **jari empulur**. Selain itu, di antara xilem dan floem juga terdapat kambium. Oleh karena itu, berkas pengangkutannya disebut **berkas kolateral terbuka**.

Kambium memiliki dua bagian, yakni kambium vaskuler dan kambium intravaskuler. Bagian kambium yang berada di antara xilem dan floem berasal dari prokambium disebut **kambium vaskuler**. Sedangkan kambium di luar xilem dan floem yang berasal dari sel-sel parenkim disebut **kambium intravaskuler**.

b. Batang Tumbuhan Monokotil

Seperti halnya tumbuhan dikotil, struktur batang tumbuhan monokotil tersusun atas jaringan epidermis, jaringan dasar, dan jaringan pengangkut atau berkas pembuluh. Agar mengetahui bagian-bagian batang tumbuhan monokotil, simak Gambar 2.27. Bedanya, tumbuhan dikotil memiliki bentuk meristem apikal yang kecil. Meristem inilah yang akan membentuk tunas ketiak daun, bakal daun, dan epidermis.

Pada tumbuhan monokotil juga terdapat meristem perifer. Meristem perifer merupakan bagian meristem yang berkembang menjadi batang berisi xilem dan floem.

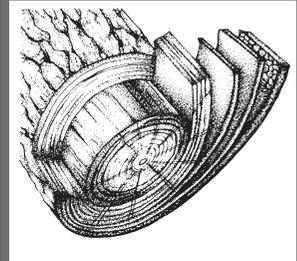
Lapisan epidermis batang tumbuhan dikotil memiliki dinding sel yang lebih tebal dibandingkan tumbuhan dikotil. Pada lapisan epidermisnya terdapat stomata dan buku-buku.

Di bawah epidermis terdapat korteks. Korteks tersusun dari sel-sel sklerenkim. Korteks tumbuhan monokotil, korteks merupakan kulit batang. Kulit batang berfungsi mengeraskan bagian luar batang.

Setelah korteks, lapisan berikutnya ialah stele. Tumbuhan monokotil memiliki batas korteks dan stele yang tidak jelas. Di dalam stelenya terdapat berkas pengangkutan. Berkas pengangkutan tersebut tersebar pada empulur dan letaknya berdekatan dengan kulit batang. Sarung sklerenkim mengelilingi seluruh berkas pengangkut. Tipe berkas pengangkutannya dinamakan **kolateral tertutup**, sebab di antara xilem dan floemnya tidak ditemui kambium. Akibatnya, tumbuhan monokotil tidak bisa tumbuh secara sekunder. Alias tubuhnya tidak membesar dan hanya memanjang.

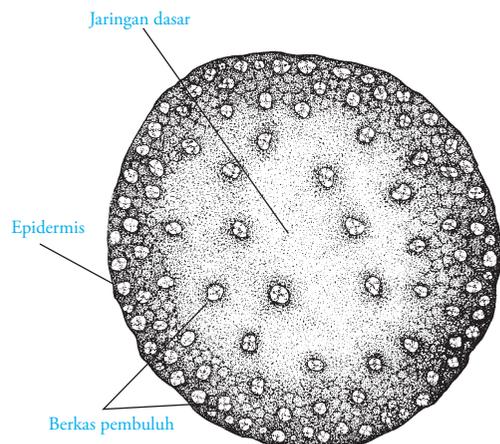
Galeri

Lingkaran Tahun



Pada musim penghujan dan musim kemarau, tumbuhan dikotil berkayu tumbuh berbeda. Saat musim kemarau, sel kayu yang dihasilkan tebal dan kecil-kecil. Sementara saat musim penghujan akan menghasilkan sel tipis yang besar-besar. Dengan demikian akan terbentuklah lingkaran-lingkaran dengan tekstur berbeda pada penampang kayu. Lingkaran inilah yang dinamakan lingkaran tahun. Melalui lingkaran tahun kita dapat mengetahui umur suatu tumbuhan berkayu.

Whitten & Whitten, *Indonesian Heritage: Tumbuhan*, 2002, hlm. 76



Gambar 2.27 Struktur tumbuhan monokotil

Namun, bila tumbuhan monokotil membesar tubuhnya menjadi berongga. Hal ini dilakukan dengan cara menghilangkan empulur pada bagian tubuhnya, kecuali empulur pada ruang batas. Dengan begitu, antara struktur batang tumbuhan monokotil muda dan tua tidak terdapat perbedaan.

Nah, supaya pengetahuan kalian lebih mantap, coba lakukan rubrik *Percobaan* berikut.

Percobaan

Mengamati Struktur Batang Tumbuhan Dikotil dan Monokotil

A. Dasar Teori

Tumbuhan dikotil dan monokotil memiliki susunan struktur batang dari luar ke dalam yang sama. Urutannya yakni jaringan epidermis, jaringan dasar, dan jaringan pengangkut. Pada masing-masing jaringan tersebut terdapat sel epidermis, korteks, dan berkas pembuluh xilem dan floem.

Perbedaan struktur batang kedua tumbuhan ini terdapat pada berkas vaskulernya. Tumbuhan dikotil memiliki kambium sehingga dapat tumbuh secara sekunder. Sedangkan berkas pembuluh tumbuhan monokotil tidak memiliki kambium. Akibatnya, tumbuhan monokotil tidak mengalami pertumbuhan sekunder.

B. Tujuan

Mengetahui struktur batang tumbuhan dikotil dan monokotil

C. Alat dan Bahan

1. Mikroskop dan perlengkapannya
2. Kaca benda
3. Kaca penutup
4. Pipet
5. Silet atau *cutter*
6. Preparat awetan batang monokotil
7. Preparat awetan batang dikotil
8. Batang jagung yang masih muda atau tumbuhan monokotil lainnya
9. Pewarna (metilen biru)/air

D. Langkah Percobaan

1. Buat terlebih dahulu kelompok kerja untuk menyelesaikan percobaan ini.
2. Amati preparat awetan batang dikotil dengan menggunakan mikroskop. Begitu pula dengan preparat awetan batang monokotil.
3. Gambar hasil pengamatan kalian. Perjelas gambar kalian dengan keterangan pada tiap-tiap bagian strukturnya.
4. Buatlah tabel perbandingan seperti di bawah ini.

Perbedaan Struktur Batang Tumbuhan Dikotil dan Tumbuhan Monokotil

No	Struktur Batang yang Diamati	Tumbuhan Dikotil	Tumbuhan Monokotil
1	Jaringan epidermis	...	...
2	Jaringan dasar	...	...
3	Jaringan pengangkut	...	...

5. Buatlah preparat batang jagung muda atau tumbuhan monokotil lainnya.
6. Sayat batang jagung dengan silet secara melintang. Lalu, letakkan irisan tersebut pada kaca benda dan tetesi dengan pewarna menggunakan pipet. Setelah itu, tutup dengan kaca penutup.

7. Letakkan preparat pada mikroskop dan lakukan pengamatan secara teliti.
8. Gambarkan hasil pengamatan tersebut pada kertas. Berikan pula keterangan gambarnya.

Perhatian: Gunakan silet atau *cutter* dengan hati-hati. Jangan sampai melukai jari kalian. Bersihkan dan rapikan peralatan dan bahan percobaan setelah digunakan.

E. Pembahasan

1. Berdasarkan hasil pengamatan kalian, sebutkan bagian-bagian struktur batang tumbuhan dikotil dan tumbuhan monokotil.
2. Berdasarkan pengamatan kalian pula terhadap irisan melintang jagung, adakah perbedaan dengan struktur batang tumbuhan monokotil yang kalian amati sebelumnya? Jelaskan.
3. Adakah perbedaan struktur batang tumbuhan dikotil dan monokotil? Jika ada, bagian yang mana? Coba kalian jelaskan.
4. Presentasikan hasil yang kalian peroleh dari percobaan ini di depan guru dan teman kalian. Kemudian, kumpulkan hasilnya kepada guru.

3. Daun (*leaf*)

Daun tumbuhan kebanyakan berwarna hijau. Namun tidak jarang juga daun memiliki warna selain hijau. Warna hijau ada karena daun memiliki pigmen klorofil. Daun merupakan organ tumbuhan yang berperan sebagai tempat terjadinya fotosintesis.

Nah, sebelum kalian mempelajari struktur daun lebih dalam, terlebih dahulu lakukan tugas di rubrik *Telisik* berikut bersama teman sebangku.

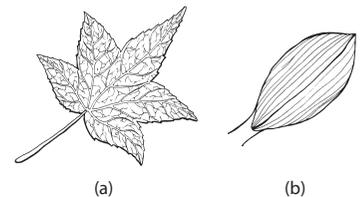
Telisik

Coba pergilah keluar kelas, carilah beberapa daun dari beberapa tumbuhan di sekitar sekolah kalian. Amati warna dan bentuknya. Adakah perbedaan pada masing-masing daun tersebut? Laporkan hasilnya di depan kelompok lain.

Daun memiliki bentuk yang beragam. Umumnya daun terdiri atas helai daun pipih dan tangkai daun (*petiola*). Tangkai daun bersambung dengan buku batang. Tumbuhan monokotil tidak memiliki tangkai daun. Sebaliknya, tumbuhan dikotil memiliki tangkai daun berbentuk pelepah yang membungkus batang. Pada tumbuhan dikotil, tulang daun utama memiliki susunan bercabang. Sementara, tumbuhan monokotil memiliki tulang daun utama yang tersusun paralel atau sejajar. Perbedaan bentuk dan susunan daun dikotil dan monokotil dapat kalian perhatikan pada Gambar 2.28.

Sama seperti pada akar dan batang, daun juga tersusun dari tiga sistem jaringan. Sistem jaringan tersebut meliputi epidermis, jaringan dasar, dan berkas pembuluh. Untuk lebih jelasnya, simak Gambar 2.29.

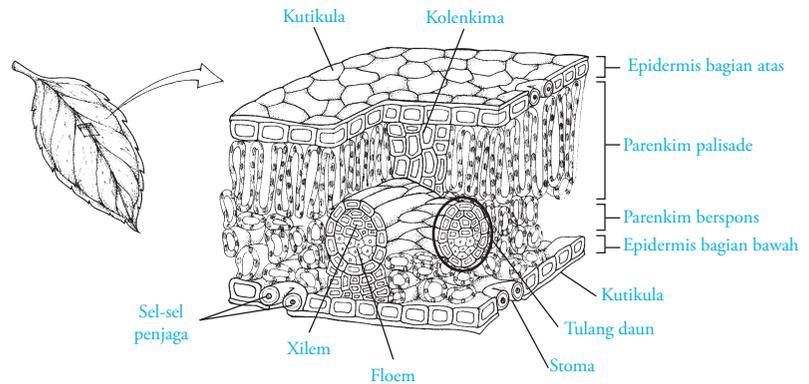
Lapisan paling atas pada daun adalah epidermis. Epidermis terbagi menjadi dua lapisan, meliputi epidermis atas dan epidermis bawah. Namun, ada juga daun yang memiliki selapis epidermis saja. Sel-sel epidermis daun tersusun sangat rapat, sehingga ruang antarselnya



Gambar 2.28 Bentuk dan susunan tulang daun; (a) dikotil, (b) monokotil

tidak ada. Adapun pada lapisan luarnya terdapat kutikula berlilin, yang berfungsi mengurangi banyaknya air dari tubuh tumbuhan.

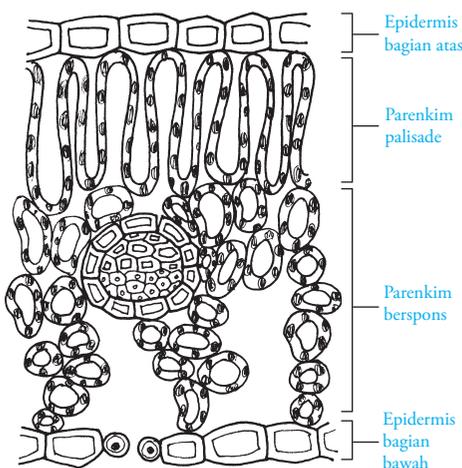
Selain kutikula, lapisan epidermis juga terdapat stomata. **Stomata** diapit oleh sel-sel penjaga, yang berbentuk serupa ginjal atau biji kacang. Fungsi stomata adalah sebagai tempat pertukaran gas karbon dioksida dan oksigen. Selain itu, juga berfungsi dalam proses transpirasi. Stomata pada tumbuhan darat banyak terdapat pada lapisan epidermis bawah. Sedangkan pada tumbuhan air, stomata banyak terdapat pada permukaan epidermis atas.



Gambar 2.29 Anatomi daun. Terdapat tiga sistem jaringan: epidermis, jaringan dasar (mesofil), dan jaringan pembuluh

Setelah epidermis, lapisan daun berikutnya adalah jaringan dasar. Jaringan dasar daun dinamakan mesofil. **Mesofil** tersusun dari sel-sel parenkim.

Pada tumbuhan dikotil, jaringan mesofilnya memiliki dua bentuk jaringan, yakni parenkim palisade dan parenkim spons. Simak Gambar 2.30.



Gambar 2.30 Parenkim palisade dan parenkim berspons

Jaringan mesofil yang tepat di bawah epidermis membentuk jaringan parenkim palisade. Kloroplas banyak ditemukan pada jaringan ini. Karena itu, proses fotosintesis dapat berlangsung. Susunan sel pada jaringan parenkim palisade ini berbentuk kolumnar dan rapat.

Adapun parenkim spons terletak tepat di bawah jaringan parenkim palisade. Disebut parenkim spons, karena di dalamnya terkandung labirin ruangan udara yang dilewati gas karbon dioksida dan oksigen saat proses fotosintesis. Berbeda dengan parenkim palisade, sel-sel parenkim spons tidak rapat dan terdapat jaringan pengangkut. Walau jumlahnya tidak banyak, parenkim spons juga memiliki kloroplas.

Berbeda dengan tumbuhan dikotil, tumbuhan monokotil tidak memiliki parenkim palisade. Oleh karenanya, proses fotosintesis hanya terjadi pada jaringan

palisade spons. Sel-sel parenkim spons ini tidak tersusun rapat dan terdapat berkas pengangkut.

Lapisan daun berikutnya adalah berkas vaskuler. Letak berkas vaskuler berada di bawah jaringan dasar. Seperti pada akar dan batang, berkas vaskuler daun ini terdapat floem dan xilem. Selain itu, pada berkas vaskuler terdapat ibu tulang daun, cabang tulang daun, dan urat daun yang menonjol. Berkas vaskuler ini sangat berperan terutama dalam proses transpor zat.

Nah, inilah organ tumbuhan yang dapat kalian pelajari saat ini. Untuk selanjutnya, kalian dapat melakukan *Percobaan* berikut.

Percobaan

Mengamati Struktur Daun

A. Dasar Teori

Daun tersusun dari tiga sistem jaringan. Jaringan yang dimaksud yakni epidermis, jaringan dasar yang terdapat mesofil, dan berkas vaskuler. Lapisan epidermis daun terdapat kutikula pada permukaannya. Epidermis ini terbagi menjadi dua macam epidermis, meliputi epidermis atas dan epidermis bawah. Pada epidermis juga terdapat stomata.

Antara lapisan epidermis atas dan epidermis bawah terdapat mesofil. Tumbuhan dikotil memiliki dua macam mesofil, yakni jaringan parenkim palisade dan jaringan parenkim berspons. Sementara pada tumbuhan monokotil hanya terdapat jaringan parenkim berspons saja.

Setelah jaringan dasar, di bawahnya terdapat jaringan berkas pembuluh. Pada berkas pembuluh terdapat xilem dan floem. Dari sinilah fungsi transpor zat dapat dilakukan.

B. Tujuan

Memahami struktur daun

C. Alat dan Bahan

1. Mikroskop dan perlengkapannya
2. Silet
3. Pipet
4. Kaca benda dan kaca penutup
5. Preparat awetan penampang melintang dan penampang membujur daun monokotil dan dikotil
6. Preparat segar penampang melintang dan membujur daun jagung (tumbuhan monokotil) dan daun jambu biji (tumbuhan monokotil)
7. Air

D. Langkah Percobaan

1. Buatlah kelompok kerja untuk melakukan percobaan ini.
2. Buat irisan melintang daun jagung dan daun jambu biji.
3. Buat pula irisan membujur daun jagung dan jambu biji.
4. Letakkan pada kaca benda, tetesi dengan air dan tutuplah rapat-rapat dengan kaca penutup. Hindari jangan sampai ada gelembung udara.
5. Letakkan kaca benda tersebut pada meja obyek mikroskop.
6. Lakukan pengamatan terhadap masing-masing preparat tersebut dengan bantuan mikroskop.

7. Gambarlah hasil pengamatan kalian pada selembar kertas. Berikan keterangan bagian-bagian daun yang kalian amati.

Perhatian: Gunakan silet atau *cutter* dengan hati-hati. Jangan lupa rapikan alat dan bahan yang selesai kalian gunakan.

E. Pembahasan

1. Apa yang kalian peroleh pada irisan melintang daun jagung dan daun jambu biji?
2. Apa yang kalian peroleh pada irisan membujur daun jagung dan daun jambu biji?
3. Sebutkan struktur daun yang terdapat pada daun jagung dan daun jambu biji.
4. Adakah perbedaan antara struktur daun yang terdapat pada daun jagung dan daun jambu biji? Jelaskan.
5. Presentasikan hasil pengamatan kalian di depan guru dan teman sekelas. Kemudian, kumpulkan kepada guru.

Sekarang, kalian telah mempelajari organ daun tumbuhan. Untuk selanjutnya, lakukan kegiatan di rubrik *Diskusi* berikut secara kelompok.

Diskusi

Kalian telah mempelajari struktur dan fungsi tiga organ tumbuhan yakni akar, batang, dan daun. Sekarang lakukan diskusi bersama kelompok kalian mengenai perbedaan struktur organ tubuh tumbuhan dikotil dan monokotil. Kalian dapat menyusun perbedaan-perbedaan tersebut pada sebuah tabel.

Setelah menemukan perbedaan-perbedaan tersebut, presentasikan hasilnya di depan teman-teman kalian. Selanjutnya, kumpulkan kepada Bapak/Ibu Guru.

Berikutnya, untuk memantapkan pengetahuan kalian, kerjakanlah soal-soal *Uji Kompetensi* berikut.

Uji Kompetensi

Selesaikan soal-soal berikut dengan benar.

1. Organ tumbuhan dapat mengalami modifikasi. Apa yang dimaksud modifikasi?
2. Bagi tumbuhan, akar mempunyai peranan yang tidak kalah penting dibandingkan organ lainnya. Sebutkan fungsi akar bagi tumbuhan.
3. Sebutkan bagian akar dan pembagian zona pada akar tumbuhan. Jelaskan pula jaringan penyusun zona akar tersebut.
4. Sebutkan struktur anatomi akar, batang, dan daun.
5. Pada batang tumbuhan dikotil terdapat lenti sel. Apakah fungsi lenti sel bagi tumbuhan dikotil?
6. Mengapa tidak terdapat perbedaan antara struktur batang tumbuhan monokotil pada waktu muda dan dewasa?
7. Apakah fungsi lapisan kutikula dan stomata pada daun tumbuhan?

Jaringan merupakan unsur kehidupan yang amat penting bagi makhluk hidup, tidak terkecuali bagi tumbuhan. Dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat, para ahli botani telah merancang teknik budidaya tumbuhan melalui jaringan. Teknik budidaya ini diilhami oleh sifat sel tumbuhan. Apakah sifat sel yang dimaksud? Simak uraiannya pada subbab berikut.

C. Sifat Totipotensi Sel Tumbuhan dan Kultur Jaringan

Ada satu sifat sel tumbuhan yang mampu membentuk individu secara utuh. Sifat itu adalah sifat totipotensi. Dengan sifat totipotensi, tumbuhan baru dapat dibudidayakan melalui teknik tertentu, yakni kultur jaringan. Apakah yang dimaksud sifat totipotensi? Apa pula peranan sifat totipotensi dalam kultur jaringan?

1. Sifat Totipotensi Sel Tumbuhan

Kalian mungkin belum mengenal sifat totipotensi sel tumbuhan. Namun jangan khawatir, kalian dapat mengenalnya dengan menyelesaikan rubrik berikut. Lakukanlah bersama teman sebangku.

D i s k u s i

Pada materi sebelumnya, kalian telah mengetahui sekaligus memahami struktur dan fungsi sel, termasuk juga struktur dan fungsi jaringan tumbuhan. Karena itu, coba kalian lakukan diskusi dari beberapa pernyataan atau pertanyaan berikut.

1. Apakah nama organel sel yang menyimpan materi genetik? Apa pula fungsi materi genetik itu?
2. Apakah nama jaringan tumbuhan yang mengalami pertumbuhan dan perkembangan?
3. Andaikan suatu tumbuhan dikembangkan melalui salah satu organ tumbuhan, menurut kalian, dapatkah tumbuhan baru hidup dari organ tersebut? Bila hidup, apakah sifat yang dibawa sama seperti induknya?

Kemajuan ilmu tentang sel membuat penemuan informasi baru terkait sel semakin berkembang. Misalnya penemuan makhluk hidup bersel satu atau uniseluler.

Dengan demikian, tidak berlebihan bila muncul hipotesis atau teori sel lainnya yang terkait dengan makhluk hidup multiseluler. Hipotesis atau teori itu mengatakan bahwa seharusnya setiap sel hidup yang menyusun makhluk multiseluler juga mampu melakukan kegiatan hidup dan mampu tumbuh (berkembang biak) serta berkembang seperti halnya makhluk uniseluler.

Akhirnya, pada tahun 1838 muncul teori atau hipotesis yang terkait dengan hipotesis tersebut. Teori yang dimaksud adalah **teori totipotensi sel** (*total genetic potencial cell*). Ilmuwan yang mengemukakannya adalah **Schleiden** dan **Schwann**. Teori ini menyatakan bahwa setiap sel tumbuhan yang hidup mempunyai informasi genetik dan perangkat

Galeri

Schleiden dan Schwann



Schleiden



Schwann

Siapakah mereka ini? Mereka adalah dua orang ilmuwan asal Jerman yang meneliti tentang sel. Tahun 1838, Jakob Schleiden (1804-1881), ahli botani, menemukan bahwa tumbuhan tersusun atas sel-sel. Setahun kemudian, Theodor Schwann (1810-1882), menguatkan pendapat itu dengan berkesimpulan bahwa sel tidak hanya menyusun tumbuhan saja, namun seluruh makhluk hidup.

Microsoft Encarta Premium 2006



Trubus, Juli 2004

Gambar 2.31 Bibit jati emas. Hasil kultur jaringan banyak diminati konsumen.

fisiologis yang lengkap untuk tumbuh dan berkembang menjadi tanaman yang utuh bila kondisinya sesuai.

Pada mulanya, teori totipotensi sel ini belum bisa dibuktikan. Penyebabnya, saat itu pengetahuan mengenai nutrisi dan hormon tanaman masih minim. Namun demikian, mulai tahun 1930, setelah penemuan auksin, *indol acetic acid* (IAA) dan *naphthalene acetic acid* (NAA), teori totipotensi sel dapat dibuktikan.

Pada perkembangan selanjutnya, penelitian-penelitian tentang teori totipotensi sel terus dilakukan. Para ahli memfokuskan penelitiannya pada nutrisi dan hormon tanaman, penyusunan medium tanam, dan pemilihan sumber/bahan yang akan diperbanyak/ditanam pada medium/kultur. Kemudian, tata cara perbanyakan tanaman secara kultur serta pengetahuan teknis pembudidayaannya juga mereka teliti.

2. Sifat Totipotensi Sebagai Dasar Kultur Jaringan

Kalian mungkin pernah melihat atau mendengar mengenai tanaman jati emas. Bibit tanaman jati emas banyak digemari oleh masyarakat. Dengan bibitnya yang unggul dan harga jual batang dewasanya yang cukup tinggi, masyarakat kita banyak yang menanamnya. Tahukah kalian, bahwa bibit tanaman jati emas sebagian besar dikembangkan melalui teknik kultur jaringan?

Seperti yang kita ketahui sebelumnya, sel tumbuhan tidak mungkin dapat tumbuh dan berkembang menjadi tumbuhan utuh secara alamiah. Penyebabnya adalah kondisi alam yang tidak memungkinkan terjadinya pertumbuhan dan perkembangan. Oleh sebab itu, kondisi yang demikian tidak dapat dipenuhi kecuali disediakan media secara buatan.

Berdasarkan sifat totipotensi sel, tumbuhan baru dapat tumbuh dan dikembangbiakkan. **Sifat totipotensi** diartikan sebagai kemampuan sel, jaringan, atau organ tumbuhan untuk tumbuh dan berkembang menjadi suatu organisme utuh. Oleh para ahli, sifat ini dimanfaatkan sebagai dasar perkembangbiakan tumbuhan dengan suatu teknik tertentu. Salah satu teknik yang digunakan adalah kultur jaringan.

Kultur jaringan tumbuhan ialah teknik menumbuhkan bagian tumbuhan, baik berupa sel, jaringan, atau organ dalam kondisi aseptik (bebas dari mikro organisme), secara *invitro* (dalam tabung atau botol) menjadi tumbuhan yang lengkap bagian-bagiannya. Teknik ini, dicirikan oleh kondisi kultur yang aseptik, juga penggunaan media kultur/media tanam dengan nutrisi yang dilengkapi Zat Pengatur Tumbuh (ZPT). Selain itu, perkembangbiakannya dilakukan pada kondisi ruang kultur yang suhu dan pencahayaannya terkontrol.

Guna melakukan perkembangbiakan, ada bagian-bagian tertentu pada tumbuhan yang biasanya dikembangkan melalui teknik kultur jaringan. Bagian tumbuhan itu antara lain pucuk tunas, embrio, serbuk sari, kuncup bunga, kalus, dan suspensi sel. Kita dapat menyebut

bagian tumbuhan ini dengan nama **eksplan**. Perhatikan Gambar 2.32. Saat dikulturkan, eksplan yang dipilih sebaiknya memiliki jaringan muda yang sedang tumbuh aktif. Sebab jaringan tanaman yang masih muda memiliki daya regenerasi tinggi atau sel-selnya aktif membelah lagi lebih bersih. Kemudian tumbuhan yang dipilih sebagai sumber eksplan juga harus sehat dan bebas hama penyakit.

Ternyata, dengan sifat totipotensi, sel tumbuhan dapat dikembangkan menjadi tumbuhan baru melalui teknik kultur jaringan. Ini tidak terlepas dari kuasa ciptaan Tuhan Yang Maha Esa. Sehingga, manusia diberi kemudahan untuk membudidayakan tumbuhan yang keberadaannya semakin langka. Melalui sifat ini pula tanaman baru hasil kultur jaringan memiliki sifat genetik yang sama dengan induknya.

Berikutnya, kalian dapat berlatih untuk mencari eksplan dari suatu tumbuhan. Lakukan secara kelompok melalui rubrik berikut.



Yanita, Kultur Jaringan, 2004, hlm. 4

Gambar 2.32 Eksplan potongan daun dikulturkan dalam media inisiasi tunas

T e l i s i k

Carilah bagian tanaman yang dapat digunakan sebagai sumber eksplan. Eksplan dapat diperoleh dari tunas aksiler, tunas adventif, atau bagian tubuh yang lain. Dokumentasikan hasil pemisahan sumber eksplan dengan tanaman induknya melalui foto berwarna. Kemudian deskripsikan foto yang kalian hasilkan.

Sebagai contoh, di bawah ini ada tanaman induk dan eksplannya.

Foto tanaman induk



Dok. PIM

Foto eksplan



Dok. PIM

Presentasikan hasil kegiatan di atas oleh salah satu anggota kelompok. Jadikan pula foto-foto yang telah kalian ambil sebagai media pembelajaran di perpustakaan sekolah.

Nah, supaya pemahaman kalian lebih mantap, selesaikan *Uji Kompetensi* berikut.

Uji Kompetensi

Selesaikan soal-soal berikut dengan benar.

1. Siapakah orang yang telah mengemukakan teori totipotensi sel? Bagaimana pula bunyi teori itu?
2. Apa yang dimaksud sifat totipotensi?
3. Apa kaitan antara sifat totipotensi sel dengan kultur jaringan?
4. Apakah yang dimaksud dengan eksplan? Sebutkan pula bagian tumbuhan yang dapat dijadikan eksplan.

I k h t i s a r

1. Tumbuhan memiliki dua macam jaringan, yaitu jaringan meristem dan jaringan permanen.
2. Jaringan meristem disebut pula jaringan embrional. Berdasarkan asal pembentuknya, jaringan meristem terdiri atas promeristem, meristem primer, dan meristem sekunder. Sedangkan berdasarkan letaknya, jaringan meristem meliputi meristem apikal, meristem interkalar, dan meristem lateral. Pada jaringan meristem, berlangsung proses pertumbuhan dan perkembangan sel, baik secara apikal maupun lateral.
3. Jaringan permanen merupakan hasil diferensiasi dan spesialisasi dari jaringan meristem. Sel jaringan permanen tidak dapat tumbuh dan berkembang lagi, hanya menyokong dan membentuk struktur tubuh tumbuhan saja. Jaringan permanen terdiri atas jaringan epidermis, jaringan parenkim, jaringan penyokong, jaringan pengangkut, dan jaringan gabus.
4. Jaringan epidermis tumbuhan tertentu dapat mengalami diferensiasi, misalnya stomata, sel kipas, sel kersik, trikومات, spina, dan velamen.
5. Berdasarkan fungsinya, jaringan epidermis terbagi menjadi parenkim air, parenkim pengangkut, parenkim penyimpan udara, parenkim asimilasi, parenkim penimbun, dan parenkim penutup luka.
6. Jaringan penyokong dinamakan pula jaringan mekanik, yang berfungsi menunjang dan menyokong bentuk tumbuhan. Jaringan penyokong terbagi atas jaringan kolenkim dan jaringan sklerenkim.
7. Jaringan pengangkut disebut juga berkas vaskuler atau jaringan pengangkutan, yang meliputi xilem dan floem.
8. Jaringan gabus merupakan jaringan yang tersusun oleh sel-sel parenkim gabus. Jaringan gabus terdiri atas felem dan feloderm.
9. Di dalam tubuh tumbuhan terdapat tiga jenis sistem jaringan, yaitu sistem jaringan dermal, sistem jaringan dasar, dan sistem jaringan pembuluh. Ketiganya menyusun organ tumbuhan seperti akar, batang, dan daun.
10. Pada tumbuhan terdapat dua macam sistem pengangkutan zat, yaitu pengangkutan ekstrasvaskuler dan intravaskuler. Pengangkutan ekstrasvaskuler dapat terjadi di luar berkas pembuluh secara simplas (lewat bagian sel yang hidup) dan aploplas (lewat bagian sel yang tak hidup). Sementara pada pengangkutan intravaskuler proses pengangkutan zat melewati berkas pembuluh.
11. Akar tumbuhan terdiri atas beberapa bagian seperti leher akar (pangkal akar), batang akar, cabang akar, serabut akar, rambut akar, ujung akar, dan tudung akar (kaliptra). Akar juga terbagi atas tiga zona, meliputi zona pembelahan sel, zona pemanjangan, dan zona pematangan.
12. Struktur akar dari luar ke dalam adalah jaringan epidermis, korteks, dan stele (silinder pusat).
13. Sel tumbuhan memiliki utuh tumbuh dan berkembang menjadi suatu organisme/individu utuh, yang disebut sifat totipotensi sel. Sifat ini sangat berperan dalam teknik pembudidayaan tumbuhan menggunakan kultur jaringan.

Buku Suatu titik di sepanjang batang sebuah tumbuhan di mana daun bertaut

Derivatif Derivat, turunan dari suatu organ

Eksodermis Bagian terluar dari korteks

Empulur Jaringan pada stele, terdiri dari sel-sel parenkim, terletak di antara pembuluh angkut

Endodermis Lapisan terdalam atas korteks akar tumbuhan; suatu silinder setebal satu sel yang membentuk batas antara korteks dan stele

Endogen Berasal dari tubuh sendiri

Felem Jaringan gabus, penghasil lapisan gabus pada kulit batang pohon yang tua

Filamen Serat halus tangkai sari dari bunga jantan

Jari empulur Empulur yang berada di sekitar berkas pengangkut yang berbentuk jari-jari, penghubung kulit kayu dan empulur

Jaringan gabus Jaringan yang tersusun oleh sel-sel parenkim gabus

Kutikula Penutup permukaan batang dan daun dengan lapisan lilin

Lenti sel Lapisan gabus yang dihasilkan oleh kambium gabus, terdapat pada batang, untuk pertukaran gas dan penguapan

Mesofil Jaringan dasar daun, yang terselip di antara epidermis atas dan bawah yang berfungsi sebagai tempat fotosintesis

Parenkim Jaringan dasar, ditemukan hampir di seluruh organ tumbuhan

Periskel Selapis sel parenkim antara endodermis dan stele pada akar

Pita Kaspari Pita pada endodermis akar, yaitu sel-sel endodermis yang menebal secara radial dan vertikal oleh zat suberin

Prokambium Meristem primer akar dan tunas yang membentuk jaringan pembuluh

Sel kersik Sel epidermis yang berisi kristal SiO_2 atau kersik

Sel kipas Alat tambahan pada epidermis daun tumbuhan *Cyperaceae* dan *Poaceae*

Sel pendamping Suatu tipe sel tumbuhan yang dihubungkan dengan anggota pembuluh tapis melalui beberapa plasmodesmata, yang nukleus dan ribosomnya bisa melayani satu atau lebih anggota pembuluh tapis yang saling berdekatan

Sel penjaga Sel epidermis khusus pada tumbuhan yang membentuk perbatasan stomata

Seludang pati Sederetan sel yang membentuk lingkaran berisi zat tepung, terdapat pada korteks batang *Angiospermae*

Sklereid Sel sklerenkim yang tidak beraturan dan pendek pada beberapa tumbuhan

Stomata Celah yang ada pada epidermis yang dibatasi oleh dua sel penjaga

Totipotensi Kemampuan sel untuk menghasilkan berbagai macam jaringan

Trakeid Sel tumbuhan yang dindingnya mengalami penebalan zat lignin, merupakan penyusun xilem

Transpirasi Hilangnya air dari suatu tumbuhan melalui penguapan

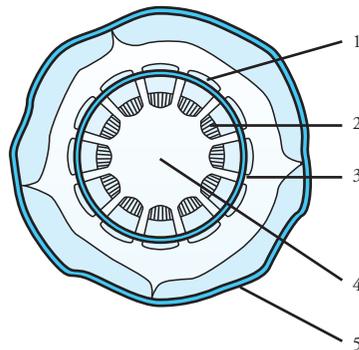
Tunas aksiler Tunas embrional yang terdapat pada sudut yang terbentuk oleh daun dan batang

Velamen Lapisan sel mati di bagian dalam epidermis akar gantung (akar udara) tanaman anggrek

Ulangan Harian

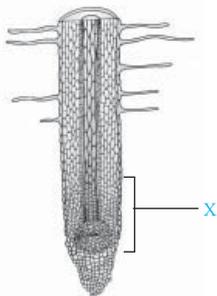
A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. Arti jaringan meristem adalah
 - a. jaringan muda yang sudah terdiferensiasi
 - b. jaringan muda yang belum terdiferensiasi
 - c. jaringan tua yang telah terdiferensiasi
 - d. sekumpulan sel yang bentuk dan fungsinya sama
 - e. sel-sel muda yang aktif membelah
2. Berikut ini yang termasuk jaringan permanen adalah jaringan
 - a. meristem primer
 - b. meristem sekunder
 - c. meristem interkalar
 - d. kambium
 - e. sklerenkim
3. Di bawah ini yang termasuk fungsi jaringan epidermis yaitu
 - a. penguat jaringan lainnya
 - b. menyalurkan hasil fotosintesis
 - c. melindungi dan menutup jaringan di bawahnya
 - d. mengangkut air dan zat terlarut ke dalam tubuh
 - e. bertanggung jawab terhadap pertumbuhan dan perkembangan tubuh
4. Salah satu hasil diferensiasi dari jaringan epidermis adalah
 - a. xilem
 - b. floem
 - c. empulur
 - d. stomata
 - e. parenkim
5. Sebagai penunjang bentuk tumbuhan, pelindung embrio, pelindung berkas pengangkut, dan penguat jaringan parenkim adalah fungsi jaringan
 - a. epidermis
 - b. penyokong
 - c. pengangkutan
 - d. gabus
 - e. permanen
6. Jaringan pengangkutan memiliki dua macam berkas vaskuler. Berkas vaskuler itu adalah
 - a. trakeid dan sel batu
 - b. sel serat dan sklerid
 - c. xilem dan floem
 - d. korteks dan stele
 - e. trakeid dan stele
7. Trakeid terdapat pada jaringan
 - a. xilem
 - b. empulur
 - c. floem
 - d. jari-jari empulur
 - e. parenkim
8. Berkas pengangkutan yang berfungsi sebagai pengangkut makanan dari daun menuju seluruh tubuh tumbuhan adalah
 - a. floem
 - b. xilem
 - c. trakeid
 - d. stele
 - e. korteks
9. Air dan garam mineral yang diserap bulu akar pada jaringan ... tidak dapat masuk melewati dinding sel.
 - a. epidermis
 - b. pita Kaspari
 - c. korteks
 - d. perisikel
 - e. endodermis
10. Perhatikan gambar berikut. Jaringan yang berfungsi mengangkut hasil fotosintesis ditunjuk oleh nomor



- a. 1
- b. 2
- c. 3
- d. 4
- e. 5

11. Pada daun terdapat stomata yang berfungsi sebagai
 - a. tempat pertukaran gas karbon dioksida dan oksigen
 - b. tempat berlangsungnya fotosintesis
 - c. tempat pengeluaran zat makanan
 - d. penyimpan cadangan makanan
 - e. tempat pembuatan makanan
12. Masuknya air berturut-turut menuju bulu akar, sel-sel epidermis, korteks, sel-sel endodermis, dan stele menggunakan sistem pengangkutan
 - a. ekstrasvaskuler
 - b. intravaskuler
 - c. pompa proton
 - d. difusi
 - e. osmosis
13. Pengangkutan air dan zat terlarut yang terjadi di dalam berkas pembuluh yakni xilem dan floem secara vertikal adalah
 - a. ekstrasvaskuler
 - b. intravaskuler
 - c. pompa proton
 - d. difusi
 - e. osmosis
14. Lapisan lilin suberin yang kedap terhadap air dan zat terlarut saat pengangkutan aploplas disebut
 - a. trakeid
 - b. sel kipas
 - c. korteks
 - d. empulur
 - e. pita Kaspari
15. Perhatikan gambar di bawah ini.



Bagian X pada struktur akar dinamakan

- a. leher akar
 - b. pembelahan sel
 - c. diferensiasi
 - d. serabut akar
 - e. pemanjangan
16. Pada batang tumbuhan monokotil, berkas pengangkutan banyak ditemukan pada
 - a. epidermis
 - b. lenti sel
 - c. korteks
 - d. perikambium
 - e. empulur
 17. Bagian daun yang tersusun atas sel-sel sangat rapat disebut
 - a. epidermis
 - b. parenkim palisade
 - c. parenkim spons
 - d. sel penjaga
 - e. stomata
 18. Sel parenkim daun yang banyak mengandung kloroplas adalah
 - a. sklerenkim
 - b. kolenkim
 - c. gabus
 - d. palisade
 - e. kambium
 19. Teori totipotensi sel dikemukakan oleh
 - a. Charles Darwin
 - b. Louis Pasteur
 - c. Gregor Mendel
 - d. C. Leanius
 - e. Schwann dan Schleiden
 20. Sifat totipotensi tumbuhan berarti
 - a. kemampuan tumbuhan untuk tumbuh dan berkembang
 - b. kemampuan sel, jaringan, atau organ tumbuhan untuk tumbuh dan berkembang menjadi suatu organisme utuh
 - c. kemampuan tumbuhan untuk menduplikasi diri
 - d. kemampuan tumbuhan mengeluarkan energinya
 - e. kemampuan tumbuhan berubah menjadi individu yang lengkap jaringannya

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

1. Sebutkan bentuk-bentuk modifikasi sel epidermis.
2. Jelaskan perbedaan antara tumbuhan monokotil dengan dikotil secara anatomi.
3. Sebutkan penyusun floem dan fungsinya.
4. Jelaskan fungsi endodermis dalam jaringan tumbuhan.
5. Apakah yang dimaksud transportasi simplas dan aploplas?
6. Gambarkan secara skematis ikatan pembuluh kolateral dan pembuluh radial.
7. Jaringan permanen atau jaringan dewasa merupakan hasil diferensiasi dan spesialisasi jaringan meristem. Apa yang dimaksud dengan diferensiasi dan spesialisasi?
8. Sebutkan fungsi stomata pada jaringan epidermis daun.
9. Coba ingat kembali struktur anatomi melintang daun. Pada bagian manakah fotosintesis banyak terjadi? Jelaskan.
10. Apa yang dimaksud dengan kultur jaringan pada tumbuhan?
11. Apakah yang dimaksud dengan sifat totipotensi sebagai dasar kultur jaringan tumbuhan?
12. Sistem transpor zat bagi tumbuhan amat penting dalam melanjutkan kehidupannya. Tetapi, terdapat pula faktor-faktor tertentu yang memengaruhinya. Sebutkan dan jelaskan faktor-faktor tersebut.

B a b III

Struktur dan Fungsi Jaringan pada Hewan



Dok. PIM

Banyak orang memelihara sapi. Pemeliharaan dilakukan antara lain untuk diambil dagingnya. Daging dihasilkan dari bagian-bagian tertentu pada tubuh sapi. Bagian tubuh sapi yang menghasilkan daging disebut organ. Organ tubuh sapi tersusun atas berbagai jaringan. Jaringan inilah yang menjadikan tubuh sapi tetap hidup dan berfungsi. Pelajarilah materi bab ini, untuk mengetahui jaringan yang menyusun tubuh sapi.

Kata Kunci

- Jaringan epitel
- Jaringan ikat
- Jaringan saraf
- Jaringan otot
- Organ
- Sistem organ
- Transplantasi organ

Kilas

Pada bab struktur dan fungsi sel, sel hewan memiliki berbagai bagian, meliputi: membran sel, sitoplasma, nukleus, retikulum endoplasma, ribosom, badan mikro, aparatus/badan golgi, mitokondria, lisosom, dan sentriol.

Galeri

Seberapa Kuatkah Jaringan Tubuh Kita?

Kekuatan jaringan tubuh manusia diuji pertama kali tahun 1980 oleh Pemerintah Jerman dengan meresmikan penggunaan gelombang kejutan ESWL (*Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy*). Dalam bidang medis, gelombang ini digunakan sebagai pemecah batu ginjal, sehingga bisa keluar tanpa merusak jaringan tubuh lainnya. Penggunaannya tanpa memasukkan alat khusus dan tidak dilakukan teknik pembedahan.

www.pluit-hospital.com

Pada bahasan berikut, kalian diajak menjelajahi ulasan tentang struktur dan fungsi jaringan hewan. Kalian juga bisa mengetahui berbagai jenis jaringan penyusun tubuh hewan. Organ-organ yang menyusun tubuh hewan juga dapat kalian pelajari. Kemudian, informasi penting yang perlu kalian pelajari adalah transplantasi jaringan.

Melalui pemahaman yang kalian peroleh pada bab ini, kalian diharapkan mampu menjelaskan struktur jaringan hewan vertebrata dan mengkaitkannya dengan fungsinya.

A. Jaringan Hewan

Di dalam tubuh hewan, tidak terkecuali hewan vertebrata, terdapat berbagai macam organ. Namun demikian, berbagai organ ini tidak serta merta terbentuk bila tidak ada jaringan menyusunnnya.

Secara umum, sel hewan memiliki struktur yang berbeda dengan sel tumbuhan. Karena itu, kedua makhluk hidup ini mempunyai jaringan yang berbeda.

Uraian berikut akan menjelaskan berbagai macam jaringan hewan dan fungsinya.

Ahli histologi mengelompokkan jaringan hewan menjadi empat macam, meliputi jaringan epitel, jaringan ikat/pengikat, jaringan syaraf, dan jaringan otot. Bahasan berikut hanya mempelajari jaringan pada hewan vertebrata. Mari kita simak.

1. Jaringan Epitel

Seperti jaringan epidermis pada tumbuhan, jaringan epitel berperan sebagai pelapis organ dan rongga tubuh bagian luar. Jaringan ini dapat ditemukan pada permukaan tubuh yang membatasi organ tubuh dengan lingkungan luarnya. Jaringan epitel yang melapisi permukaan tubuh atau lapisan luar tubuh dinamakan **epitelium**. Sedangkan jaringan epitel yang membatasi rongga tubuh dinamakan **mesotelium**, misalnya perikardium, pleura, dan peritonium. Kemudian, jaringan yang membatasi organ tubuh dinamakan **endotelium**. Di dalam struktur tubuh, jaringan epitel berfungsi sebagai pelindung jaringan di bawahnya dari kerusakan, pengangkut zat-zat antarjaringan, dan tempat keluarnya enzim.

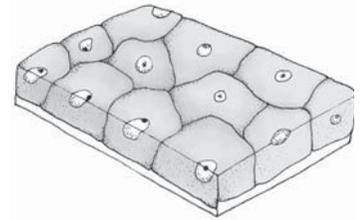
Berdasarkan strukturnya, jaringan epitel dibedakan menjadi 3 macam, yaitu epitel pipih, epitel batang (silinder), dan epitel kubus. Kita bisa membedakan ketiga jaringan epitel tersebut berdasarkan ciri-cirinya.

Epitel pipih memiliki ciri yakni selnya berbentuk pipih dengan nukleus bulat di tengah. **Epitel batang (silinder)** tersusun oleh sel berbentuk seperti batang dengan nukleus bulat di dasar sel. Sedangkan **epitel kubus** memiliki sel berbentuk kubus dengan nukleus bulat besar di tengah.

Menurut lapisan penyusunnya, jaringan epitel terbagi atas beberapa jaringan, yakni epitel pipih selapis, epitel pipih berlapis banyak, epitel silindris selapis, epitel silindris berlapis banyak, epitel kubus selapis, epitel kubus berlapis banyak, dan epitel transisi. Kalian dapat memahaminya dengan memerhatikan ulasan berikut.

a. Epitel Pipih Selapis

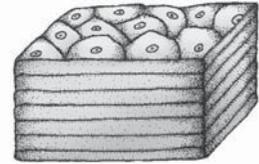
Jaringan epitel pipih selapis (sederhana) banyak ditemukan pada organ-organ seperti pembuluh darah, pembuluh limfa, paru-paru, alveoli, dan selaput perut. Sitoplasma jaringan ini sangat jernih, inti selnya berbentuk bulat di tengah, dan sel-selnya tersusun sangat rapat. Jaringan epitel pipih selapis berperan dalam proses filtrasi, sekresi, dan difusi osmosis. Perhatikan Gambar 3.1 supaya kalian mengetahui bentuk epitel pipih selapis.



Gambar 3.1 Epitel pipih selapis pada pembuluh darah

b. Epitel Pipih Berlapis

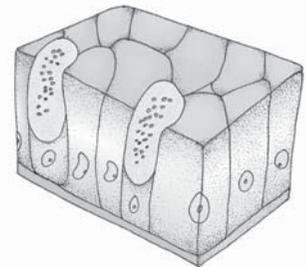
Seperti epitel pipih selapis, sel jaringan epitel pipih berlapis (kompleks) tersusun sangat rapat. Rongga mulut, esofagus, laring, vagina, saluran anus, dan rongga hidung banyak tersusun oleh jaringan ini. Fungsinya adalah sebagai pelindung dan penghasil mukus. Epitel pipih berlapis dapat kalian simak pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Epitel pipih berlapis pada rongga mulut

c. Epitel Batang Selapis

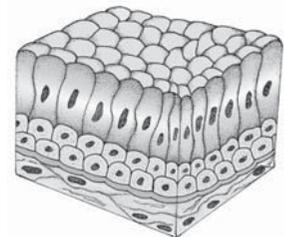
Sel berbentuk batang, sitoplasma jernih, dengan inti sel bulat berada di dekat dasar merupakan ciri jaringan ini. Epitel batang selapis banyak ditemukan pada usus, dinding lambung, kantong empedu, saluran rahim, saluran pencernaan, dan saluran pernafasan bagian atas. Epitel ini dapat kalian cermati pada Gambar 3.3. Jaringan ini berfungsi dalam proses sekresi, penyerapan (absorpsi), penghasil mukus, dan pelicin/pelumas permukaan saluran.



Gambar 3.3 Epitel batang selapis pada usus

d. Epitel Batang Berlapis Banyak

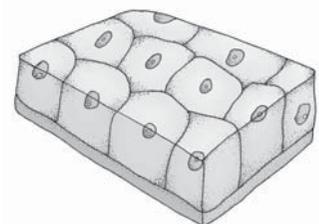
Seperti namanya, jaringan ini tersusun banyak lapisan sel yang berbentuk batang. Jaringan epitel batang berlapis banyak terdapat pada beberapa organ tubuh seperti bagian mata yang berwarna putih, faring, laring, dan uretra. Bentuk epitel ini dapat kalian simak pada Gambar 3.4. Fungsinya yaitu sebagai tempat sekresi yakni penghasil mukus, dan ekskresi, misalnya kelenjar ludah dan kelenjar susu.



Gambar 3.4 Epitel batang berlapis banyak

e. Epitel Kubus Selapis

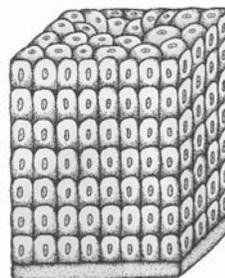
Jaringan epitel berbentuk kubus selapis ditemui pada beberapa bagian, meliputi permukaan ovarium, nefron, ginjal, dan lensa mata. Perhatikan Gambar 3.5 supaya kalian mengetahui bentuk epitel kubus selapis dengan tepat. Fungsinya adalah tempat sekresi.



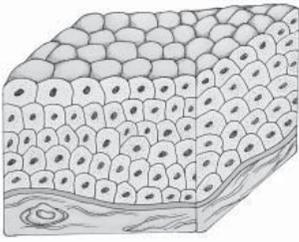
Gambar 3.5 Epitel kubus selapis pada ginjal

f. Epitel Kubus Berlapis Banyak

Epitel kubus berlapis banyak terdapat pada beberapa bagian tubuh, yakni folikel ovarium, testis, kelenjar keringat, dan kelenjar ludah. Cermatilah bentuk epitel kubus berlapis banyak pada Gambar 3.6. Fungsi jaringan ini adalah sebagai pelindung dan penghasil mukus. Selain itu, jaringan ini juga berfungsi sebagai pelindung dari gesekan.



Gambar 3.6 Epitel kubus berlapis banyak pada faring



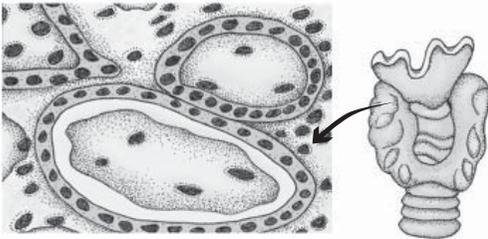
Gambar 3.7 Epitel transisi pada kandung kemih

g. Epitel Transisi

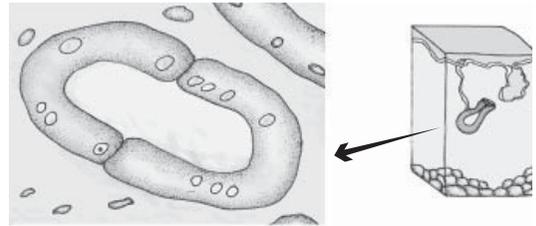
Sel penyusun epitel transisi bentuknya dapat berubah dan berlapis-lapis. Epitel ini dapat ditemukan pada organ saluran pernafasan, ureter, dan kandung kemih. Saat kandung kemih berisi urine, sel epitel akan berbentuk kuboid seperti dadu atau silindris. Epitel transisi pada kandung kemih dapat kalian cermati pada Gambar 3.7.

Sementara berdasarkan fungsinya, jaringan hewan memiliki salah satu jenis jaringan yang disebut jaringan epitel kelenjar. Epitel kelenjar banyak terdapat pada kelenjar endokrin dan kelenjar eksokrin. Kelenjar endokrin tidak memiliki saluran, sehingga hasilnya langsung masuk ke dalam peredaran darah. Contoh: kelenjar adrenal, timus, dan tiroid. Bentuk epitel kelenjar endokrin terdapat pada Gambar 3.8.

Sedangkan kelenjar eksokrin terdapat pada saluran keluar tubuh. Misalnya, kelenjar keringat dan kelenjar ludah. Fungsinya adalah sebagai tempat sekresi zat dalam metabolisme. Supaya kalian mengetahui bentuk epitel kelenjar eksokrin, perhatikan Gambar 3.9.



Gambar 3.8 Epitel kelenjar endokrin pada kelenjar tiroid



Gambar 3.9 Epitel kelenjar eksokrin pada kelenjar keringat

2. Jaringan Ikat

Saat kalian menyambung tali yang putus menjadi dua bagian, kemudian kalian mengikatnya, maka tali tersebut akan menjadi kuat kembali. Sama seperti tali, organ dan jaringan tubuh kita dihubungkan oleh jaringan ikat sehingga menjadi kuat. Karena itu, jaringan ikat disebut juga **jaringan penyambung** atau **jaringan penyokong**.

Jaringan ikat berfungsi melekatkan konstruksi antarjaringan, membungkus organ, menghasilkan energi, menghasilkan sistem imun, dan mengisi rongga-rongga di antara organ.

Berbeda dengan jaringan epitel yang sel-selnya tersusun rapat, kumpulan sel jaringan ikat amat jarang dan tersebar dalam matriks ekstraseluler. Selain itu, sel-sel jaringan ikat memiliki bentuk yang tidak teratur. Sebagian besar matriksnya terdapat serat-serat dan bahan dasar yang berupa cairan.

Jaringan ikat memiliki bahan dasar yang tidak berwarna, tidak berbentuk (amorf), dan homogen. Bahan dasar ini berasal dari asam mukopolisakarida yaitu **asam hialuronat**. Akibatnya, matriks menjadi lentur dan semakin banyak air. Di dalamnya terdapat pula asam **mukopolisakarida sulfan** yang menjadikan struktur jaringan ikat bersifat kaku.

Serat jaringan ikat yang terbuat dari protein dan sebagai penyusun matriks memiliki berbagai jenis serat, meliputi serat kolagen, serat elastis, dan serat retikuler.

Serat kolagen berwarna putih atau disebut **serat putih**. Seratnya tersusun atas protein kolagen, sehingga memiliki sifat kuat, daya regang tinggi, dan elastisitas yang rendah. Serat ini banyak terdapat pada kulit, tulang, dan tendon. Perhatikan Gambar 3.10.

Sementara itu, **serat elastis** berwarna kuning atau disebut **serabut kuning**. Serat elastis terbuat dari protein **elastin** dan mukopolisakarida, sehingga memiliki elastisitas tinggi. Serat ini banyak terdapat pada bantalan lemak, ligamen, dan pembuluh darah.

Serat retikuler sangat tipis dan bercabang, tersusun atas kolagen dan terhubung pula dengan dengan serat kolagen. Karena itu, serat retikuler mempunyai sifat yang sama dengan serat kolagen. Bahan dasarnya mengandung glikoprotein. Serat ini berfungsi sebagai penghubung jaringan pengikat dengan jaringan sebelahnya. Serat retikuler dapat ditemukan pada hati, limpa, dan kelenjar-kelenjar limfa. Cermatilah Gambar 3.11.

Selain ciri-ciri tersebut, jaringan ikat memiliki berbagai jenis sel meliputi, sel fibroblas, sel makrofaga, sel tiang, sel lemak, berbagai jenis jaringan sel darah putih, dan sel plasma.

Fibroblas merupakan sel jaringan ikat berbentuk serat dengan fungsi mensekresikan protein. **Makrofaga** merupakan sel jaringan ikat yang bentuknya tidak tetap, memiliki fungsi fagositosis (memakan zat buangan, sel-sel mati, dan bakteri) dan letaknya dekat pembuluh darah.

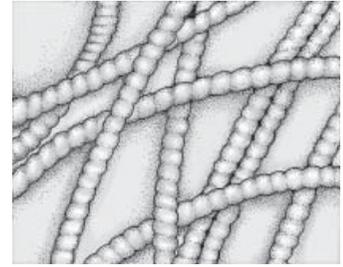
Sel tiang (*mast cell*) berperan menghasilkan hormon heparin dan histamin. **Heparin** berfungsi dalam pembekuan darah, sedangkan **histamin** berfungsi meningkatkan permeabilitas kapiler darah.

Sel jaringan ikat juga tersusun dari **sel lemak** (sel adiposa) dan berfungsi menyimpan lemak.

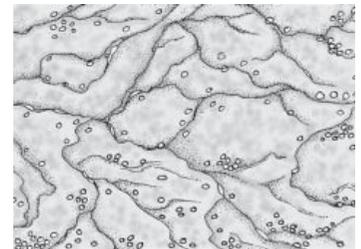
Untuk melawan patogen (bakteri, virus, dan protozoa), sel jaringan ikat mengandung **sel darah putih** (leukosit). Leukosit terbagi atas dua jenis sel, yaitu sel bergranula (granulosit), misalnya eosinofil, basofil, dan netrofil dan sel tak bergranula (agranulosit), contohnya monosit dan limfosit.

Jaringan ikat tersusun pula dari **sel plasma**. Sel ini kerap kali ditemukan di bawah membran epitel, misalnya pada saluran pernafasan dan saluran pencernaan. Sel plasma berfungsi memproduksi antibodi untuk melawan antigen (protein asing).

Berdasarkan jenisnya, jaringan ikat dikelompokkan dalam tiga tipe, yakni jaringan ikat sebenarnya, jaringan tulang rangka, jaringan darah dan jaringan limfa. Nah, ulasan berikut akan menambah pengetahuan kalian.



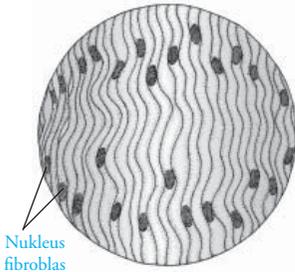
Gambar 3.10 Serat kolagen dan serat elastis



Gambar 3.11 Serat retikuler

a. Jaringan Pengikat Sebenarnya

Jaringan ikat sebenarnya dibedakan menjadi jaringan pengikat berserat (fibrosa), jaringan ikat elastis, jaringan ikat lemak dan jaringan ikat longgar.



Gambar 3.12 Jaringan pengikat berserat

1) Jaringan Ikat Berserat

Matriks jaringan ikat berserat mengandung serat putih berkolagen, namun kolagennya tidak elastis. Kita dapat menemui jenis jaringan ini pada **tendon** yang melekatkan otot ke tulang dan **ligamen** yang menghubungkan tulang dengan tulang lain pada persendian. Jaringan ini berfungsi menghubungkan tulang dengan tulang dan otot dengan tulang. Perhatikan bentuk jaringan ini pada Gambar 3.12.

2) Jaringan Ikat Elastis

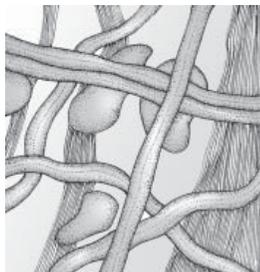
Matriks jaringan ikat elastis mengandung serabut elastis kuning. Bisa kita temukan pada ligamen dan dinding arteri. Jaringan pengikat ini berfungsi sebagai pelindung elastisitas jaringan. Jaringan ikat elastis dapat kalian simak pada Gambar 3.13.

3) Jaringan Ikat lemak

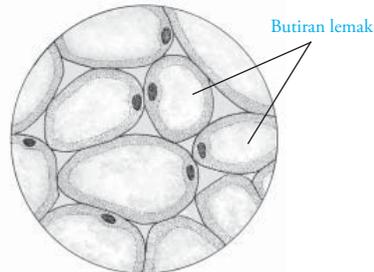
Jaringan ikat lemak disebut pula jaringan **adiposa**. Di dalamnya banyak tersimpan sel lemak berbentuk bulat. Jaringan adiposa berfungsi melapisi dan menginsulasi tubuh, kemudian juga menyimpan molekul bahan bakar. Letaknya berada pada epidermis kulit, sumsum tulang, sekitar sendi dan ginjal. Selain itu, jaringan ini berfungsi sebagai penyimpan lemak, dan berperan sebagai bantalan. Cermatilah bentuk jaringan ikat lemak pada Gambar 3.14.

4) Jaringan pengikat longgar

Diberi nama jaringan ikat longgar karena seratnya amat longgar. Jenis seratnya berkolagen, elastis, dan juga berserat retikuler. Letaknya berada pada bagian bawah kulit, di dekat pembuluh darah dan saraf, dan sekitar organ. Jaringan ini berperan dalam mengikat jaringan epitel dan jaringan di bawahnya. Selain itu, jaringan ikat longgar berfungsi menjaga organ tetap berada di tempatnya. Perhatikan bentuk jaringan ikat longgar pada Gambar 3.15.



Gambar 3.13 Jaringan ikat elastis



Gambar 3.14 Jaringan ikat lemak



Gambar 3.15 Jaringan ikat longgar

b. Jaringan Tulang/Rangka

Jaringan tulang rangka meliputi jaringan tulang rawan dan tulang sejati. Matriks jaringannya tersusun atas **kondrin** jernih seperti kanji, yang terbuat dari fosfat dan mukopolisakarida. Kondrin dihasilkan oleh sel-sel kondroblast yang terdapat pada laluna. Sel tulang rawan ini dinamakan **kondrosit** dengan fungsi mensintesis matriks.

Jaringan tulang rawan pada anak-anak berasal dari jaringan mesenkim. Sedangkan pada orang dewasa dibentuk oleh selaput rawan atau fibrosa yang dinamakan **perikondrium**. Berikut penjelasannya satu persatu.

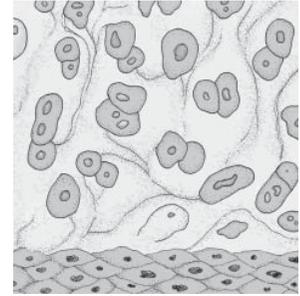
1) Jaringan Tulang Rawan

Jaringan tulang rawan disebut pula **kartilago** yang terbagi menjadi 3 jenis, yakni kartilago hialin, kartilago elastis, dan kartilago fibroblas.

Tulang rawan hialin memiliki berwarna putih kebiruan dan transparan. Di dalam matriksnya terdapat serat elastis. Cermati Gambar 3.16. Jaringan ini banyak ditemukan dalam tubuh. Ketika masih embrio, tulang ini berfungsi sebagai rangka sementara. Sementara pada orang dewasa, tulang rawan hialin terdapat pada persendian, ujung tulang rusuk, dan saluran pernafasan.

Di dalam **tulang rawan elastis** terdapat serat elastis berwarna kuning. Perhatikan Gambar 3.17. Selain itu, di dalamnya juga terdapat perikondrium. Serat elastis ini berfungsi memberi kelenturan dan menyokong jaringan tulang rawan. Tulang rawan ini terdapat pada embrio, laring, telinga luar, dan epiglottis.

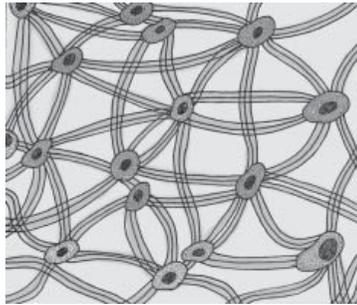
Pada **tulang rawan fibroblas** terdapat matriks yang tersusun atas kolagen dengan warna gelap dan keruh. Simaklah Gambar 3.18. Secara struktural, jaringan ini merupakan jaringan tulang rawan yang terkuat. Biasanya terdapat pada hubungan antar tulang belakang dan tendon. Fungsinya adalah sebagai pelindung dan penyokong jaringan.



Gambar 3.16 Jaringan tulang rawan hialin



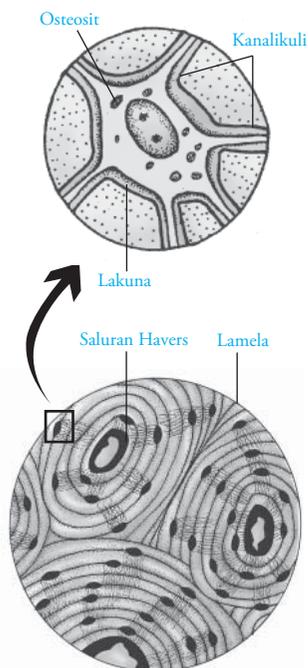
Gambar 3.17 Jaringan tulang rawan fibroblas



Gambar 3.18 Jaringan tulang rawan elastis

2) Jaringan Tulang Sejati

Jaringan tulang sejati disebut pula dengan **jaringan tulang dewasa**. Jaringan tulang sejati tersusun atas sel-sel tulang yang dinamakan **osteosit**. Osteosit dibentuk oleh **osteoblas**. Osteoblas



Gambar 3.19 Jaringan tulang sejati

berasal dari fibroblas. Oleh karena itu, osteoblas berperan penting dalam proses pembentukan tulang.

Osteosit tersusun dalam lapisan konsentris yang disebut lamela. **Lamela** yang mengelilingi kapiler disebut **saluran Havers**. Di dalam saluran Havers ditemukan kapiler, vena, dan arteri. Di antara lamela terdapat ruang tempat osteosit yang disebut **lakuna**. Sementara, antar saluran Havers dihubungkan oleh sebuah saluran yang dinamakan **saluran Volkman**. Osteosit yang satu dengan yang lainnya dihubungkan oleh **kapiler kanalikuli**. Saat mengalami kematian, osteosit ini akan diserap oleh suatu bagian yang disebut **osteoklas**. Agar kalian paham mengenai jaringan tulang sejati, simak Gambar 3.19.

Tulang mengandung senyawa kalsium klorida (CaCl_2), kalsium fosfat (Ca_2PO_4), magnesium klorida (MgCl_2), dan barium sulfat (BaSO_4). Bagi tubuh, tulang ini berfungsi sebagai penyokong, tempat melekatnya otot, dan pelindung organ yang lunak.

Tulang sejati berbeda dengan tulang rawan, sebab tulang sejati mengalami **mineralisasi** yaitu proses perubahan penyusunan materi organik menjadi materi anorganik. Mineral yang dominan pada tulang ini adalah kalsium dan fosfat.

Di dalam tubuh, tulang sejati dikelompokkan menjadi tulang kompak dan tulang spongiosa. Tulang kompak mempunyai ciri tidak berongga, sedangkan tulang spongiosa (spons) memiliki struktur yang berongga.

Kalian akan lebih memahami struktur tulang rawan dan tulang sejati dengan melakukan rubrik Percobaan berikut secara kelompok. Selesaikan bersama kelompok kalian.

Percobaan

Mengamati Jaringan Tulang Rawan dan Jaringan Tulang Sejati

A. Dasar Teori

Jaringan tulang rangka dibedakan menjadi dua, yakni jaringan tulang rawan dan jaringan tulang sejati. Jaringan tulang rawan berasal dari jaringan mesenkim yang terdiri atas kartilago dan matriks. Sedangkan jaringan tulang sejati atau tulang dewasa (kompak) terdiri atas sel yang disebut osteosit. Tulang dewasa mengalami mineralisasi, mineral penyusunnya berupa kalsium dan fosfat.

B. Tujuan

Membedakan jaringan tulang rawan dan jaringan tulang sejati.

C. Alat dan Bahan

1. Mikroskop dan peralatannya
2. Preparat awetan jaringan tulang dewasa
3. Preparat awetan jaringan tulang rawan

D. Langkah Percobaan

1. Amati preparat awetan jaringan tulang rawan dengan mikroskop.
2. Mulai dari pembesaran lemah hingga pembesaran kuat.
3. Gambar hasil pengamatan dan beri keterangan bagian-bagiannya.
4. Selanjutnya, ganti amati preparat awetan jaringan tulang sejati dengan mikroskop.

5. Awali dari pembesaran lemah hingga pembesaran kuat.
6. Gambar hasil pengamatan dan berikan keterangan.

E. Pembahasan

1. Bandingkan jumlah sel yang terlihat pada setiap luasan yang teramati antara preparat tulang keras dengan preparat tulang rawan.
2. Buatlah tabel perbedaan struktur jaringan tulang rawan dan struktur jaringan tulang sejati.
3. Simpulkan dan presentasikan hasil percobaan kalian di depan guru dan teman sekelas.

c. Jaringan darah dan limfa

Saat bagian tubuh kita ada yang tergores dengan benda yang tajam atau keras, boleh jadi darah akan keluar dari bagian tubuh tersebut. Darah yang keluar itu disebut sebagai jaringan darah. Disebut demikian, karena darah termasuk pula jaringan ikat. Pengelompokkan ini didasarkan pada fakta bahwa sel darah dan sel jaringan pengikat berasal dari sel yang sama.

Darah tersusun dari matriks yang berupa cairan yang disebut **plasma** dan bagian padat yang disebut **sel-sel darah**. Plasma darah tersusun atas air, garam-garam, dan berbagai jenis protein terlarut. Sementara itu, sel-sel darah meliputi sel darah merah (eritrosit), sel darah putih (leukosit), dan keping darah (trombosit).

Sel darah merah vertebrata mengandung pigmen merah yang disebut **hemoglobin**. Adapun sel darah putih tidak memiliki hemoglobin dan memiliki jenis yakni limfosit, monosit, neutrofil, eosinofil, dan basofil. Sedangkan, keping darah merupakan fragmen sel yang berada dalam sumsum tulang.

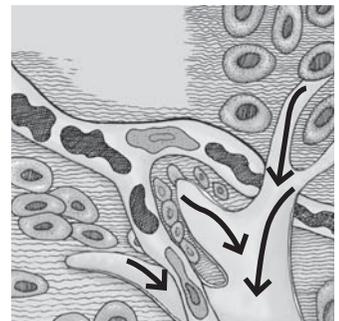
Jaringan darah ini memiliki berbagai fungsi. Sel darah merah berperan membawa oksigen yang dialirkan ke seluruh bagian tubuh, sel darah putih berfungsi dalam pertahanan tubuh untuk melawan virus, bakteri, dan penyerang lainnya, dan keping darah bermanfaat saat penggumpalan darah.

Selain jaringan darah, terdapat pula jaringan limfa atau getah bening. Getah bening terdiri atas sel-sel dan serat retikuler. Sel-selnya berupa limfosit dan granulosit seperti neutrofil, eosinofil, dan basofil. Supaya kalian mengetahui bentuk sel-sel darah putih dan limfosit, cermati Gambar 3.22. Cairan getah bening ini beredar melewati pembuluh limfa yang berada sejajar dengan pembuluh balik.

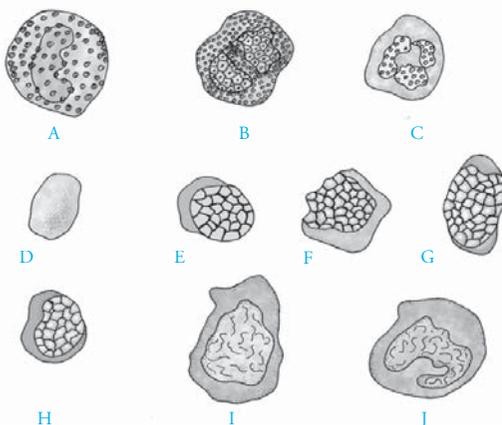


Gambar 3.20 Luka tergores benda tajam atau benda keras menyebabkan darah keluar tubuh

Dok. PIM



Gambar 3.21 Jaringan limfa



Gambar 3.22 Jenis sel darah putih. A, Basofil; B, eosinofil; C, neutrofil; E-H, macam-macam limfosit; I dan J, monosit; D, sel darah merah digambar dengan skala sama.

Fungsi getah bening adalah mengangkut cairan jaringan, lemak, protein, dan zat-zat dari jaringan ke sistem peredaran. Getah bening ini banyak terdapat pada timus, tonsil, dan kelenjar limfa.

Berikutnya, untuk mengetahui perbedaan jenis sel darah, coba kalian lakukan bersama teman kelompok rubrik berikut.

Percobaan

Mengetahui Bentuk-Bentuk Sel Darah

A. Dasar Teori

Darah merupakan jaringan ikat yang terdiri dari sel-sel dan matriks cair (plasma darah). Sel darah terdiri dari sel darah merah (eritrosit), sel darah putih (leukosit), dan keping darah (trombosit). Leukosit dibedakan menjadi dua yaitu sel yang bergranula dan tidak bergranula. Cara membedakannya yaitu dari bentuk inti, jumlah lobus dan ada tidaknya granula.

B. Tujuan

Mampu membedakan bentuk-bentuk sel darah

C. Alat dan Bahan

1. Mikroskop dan perlengkapannya
2. Preparat awetan darah

D. Langkah Percobaan

1. Letakkan preparat awetan darah pada meja sediaan mikroskop.
2. Amati obyek dari pembesaran lensa lemah hingga pembesaran lensa kuat.
3. Cari bagian darah yang memiliki sel darah merah, sel darah putih, dan keping darah.
4. Gambarkan hasil pengamatan kalian secara detail.

E. Pembahasan

1. Apa perbedaan ciri yang cukup menonjol dari setiap sel darah?
2. Jelaskan fungsi masing-masing jenis sel darah.

Galeri

Sel Otak

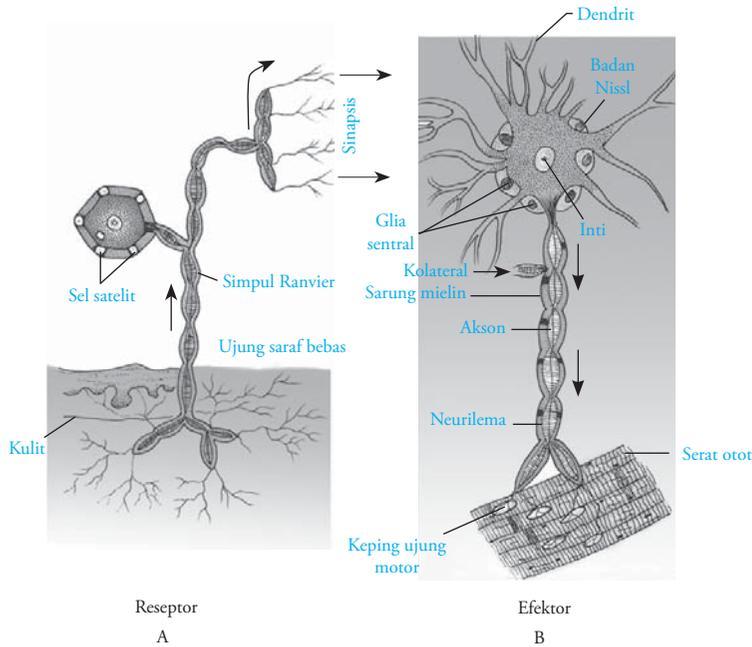
Sebuah sel otak dapat menjalin komunikasi dengan 25.000 sel otak yang lain. Salah satu kebutuhan sel otak adalah oksigen. Sel otak yang kekurangan oksigen akan mati. Sel saraf yang mati tak dapat diperbaharui.

3. Jaringan Saraf

Coklat dan susu manis, bila kita nikmati saat bersantai akan terasa nikmat di lidah, terutama rasanya yang manis. Sebaliknya saat sakit, lidah akan terasa pahit terhadap semua makanan yang masuk ke mulut, lebih-lebih lagi bila obat yang dimasukkan. Rasa manis atau pahit dapat dirasakan karena lidah terdapat jaringan saraf.

Jaringan saraf tersusun oleh sel-sel saraf yang disebut **neuron**. Sel saraf berperan dalam menerima dan meneruskan rangsangan dari bagian satu tubuh ke bagian tubuh yang lain. Sel saraf ini berbentuk unik, dengan sitoplasma yang menjulur dan memanjang. Sel saraf memiliki bagian utama yaitu **badan sel** (perikarion) dan penjuluran sitoplasma (prosesus) yang meliputi **dendrit** dan **neurit** (akson).

Dendrit merupakan serabut pendek yang berperan dalam menerima dan memasukkan rangsangan ke badan sel. Adapun **neurit** (akson) adalah serabut panjang, yang berfungsi menghantarkan impuls/rangsangan dari badan sel ke neuron lain. Akson ini biasanya dibungkus oleh **sel Schwann**. Antara akson suatu neuron dengan dendrit neuron lainnya ditautkan oleh suatu bagian yang disebut **sinapsis**.



Gambar 3.23 Sebuah sel saraf

Berdasarkan fungsinya, neuron dapat dibedakan menjadi neuron sensorik, neuron motorik, dan neuron asosiasi. Neuron sensorik berfungsi menerima dan meneruskan rangsang dari indera ke saraf pusat. Kemudian, neuron motorik berfungsi membawa atau menyampaikan impuls dari saraf pusat ke efektor. Sementara, neuron asosiasi menyampaikan impuls dari neuron sensorik ke neuron motorik.

4. Jaringan Otot

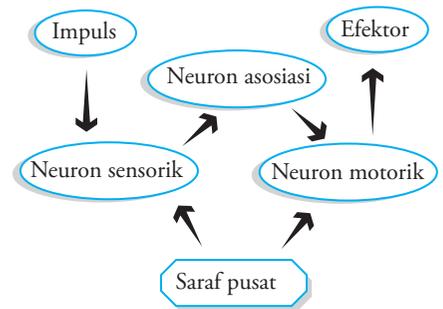
Jaringan otot tersusun oleh sel-sel panjang yang disebut **serabut otot**. Serabut otot ini mampu menggerakkan tulang dan memiliki kemampuan untuk berkontraksi, karena terdapat protein kontraktil yang disebut **miofibril**. Miofibril ini disusun oleh **aktin** dan **miosin**.

Otot adalah jaringan terbanyak pada sebagian besar hewan, dan kontraksi otot juga banyak dilakukan pada kerja seluler oleh hewan yang aktif. Lebih-lebih lagi saat kita melakukan kerja berat.

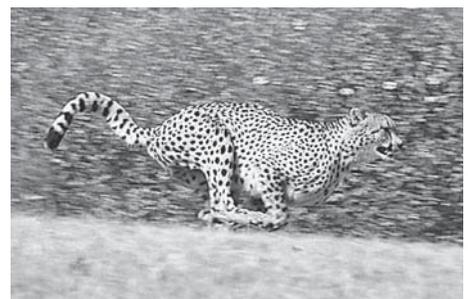
Pada tubuh vertebrata, jaringan otot dibedakan menjadi tiga, meliputi jaringan otot rangka, jaringan otot polos, dan jaringan otot jantung. Perhatikan penjelasan berikut.

a. Jaringan Otot Rangka

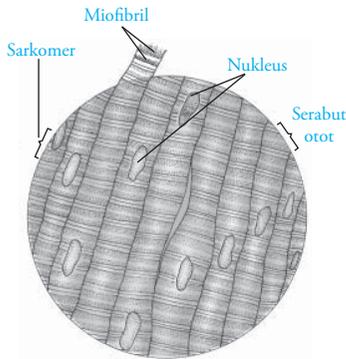
Jaringan otot rangka disebut juga **otot lurik**. Sebab, otot ini memiliki serabut-serabut kontraktil gelap (anisotrop) dan terang (isotrop) yang saling bertindih. Sehingga, penampakan otot ini di bawah mikroskop seperti lurik. Cermati Gambar 2.26.



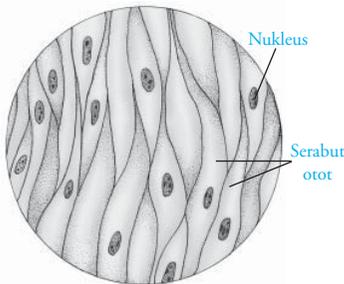
Gambar 3.24 Proses penyampaian impuls dari: panca indera → saraf pusat → efektor



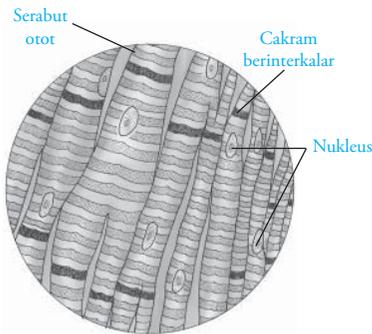
Gambar 3.25 Seekor cheetah dapat berlari sebab ototnya berkontraksi



Gambar 2.26 Jaringan otot rangka



Gambar 2.27 Jaringan otot polos



Gambar 2.28 Jaringan otot jantung

Selain itu, sel otot rangka berbentuk silindris dan berinti banyak di tepi. Otot rangka ini memiliki sifat **volunter**. Artinya, otot bekerja di bawah kesadaran, berkontraksi secara cepat, namun rasa lelah juga cepat diperoleh.

Dikatakan otot rangka, karena otot tersebut melekat pada rangka atau tulang, kemudian juga pada bibir, lidah, dan kelopak mata. Pada tulang, otot rangka melekat pada otot bisep-trisep.

b. Jaringan Otot Polos

Dinamakan otot polos, karena serabut kontraktilnya tidak gelap (terang), sedangkan sarkoplasma (sitoplasma sel otot)-nya tampak polos atau tanpa penampakan lurik. Sel otot polos berbentuk gelendong dengan satu buah inti pipih terletak di tengah. Perhatikan Gambar 2.27. Otot ini dapat ditemukan dalam dinding saluran pencernaan seperti usus dan lambung, kemudian pada kandung kemih, dan pembuluh darah.

Otot polos disebut pula **otot otonom**. Sebab, otot ini bertanggungjawab atas aktivitas tidak sadar, seperti gerakan lambung atau penyempitan pembuluh darah. Selain ciri tersebut, otot polos memiliki kontraksi sangat lambat, tidak cepat lelah, dan tahan lama.

c. Jaringan Otot Jantung

Jaringan otot jantung merupakan penyusun jantung dan vena kava yang menuju jantung. Jaringan otot ini tersusun oleh serabut-serabut lurik yang bercabang-cabang dan saling berhubungan. Inti selnya terletak di tengah dan dapat berjumlah lebih dari satu. Simak Gambar 2.28. Jaringan otot jantung memiliki **diskus interkalaris** yaitu pertemuan antara dua sel otot. Kontraksinya tidak di bawah kesadaran (involunter).

Akan lebih jelas bila kalian memahami perbedaan otot lurik, otot polos, dan otot jantung berdasarkan tabel berikut.

Tabel 3.1 Perbedaan Otot Lurik, Otot Polos, dan Otot Jantung pada Jaringan Otot Vertebrata

Perbedaannya	Otot lurik	Otot polos	Otot jantung
Tempat	Melekat pada rangka	Dinding organ dalam, seperti lambung, usus, dan sebagainya. Juga pada kandung kemih dan pembuluh darah	Dinding jantung
Bentuk serabut (sel)	Memanjang, silindris, ujung tumpul	Memanjang, berbentuk gelendong, ujung lancip	Memanjang, silindris, serabut (sel) bercabang dan menyatu
Jumlah nukleus tiap serabut (sel)	Banyak	Satu	Satu

Letak nukleus	Tepi (perifer)	Tengah	Tengah
Garis melintang	Ada	Tak ada	Ada
Kecepatan kontraksi (berkerut)	Paling cepat	Paling lambat	Sedang (intermedier)
Kemampuan tetap kontraksi	Sebentar	Lama	Sedang
Tipe kontrol	Menurut kemauan	Tak menurut kemauan	Tak menurut kemauan

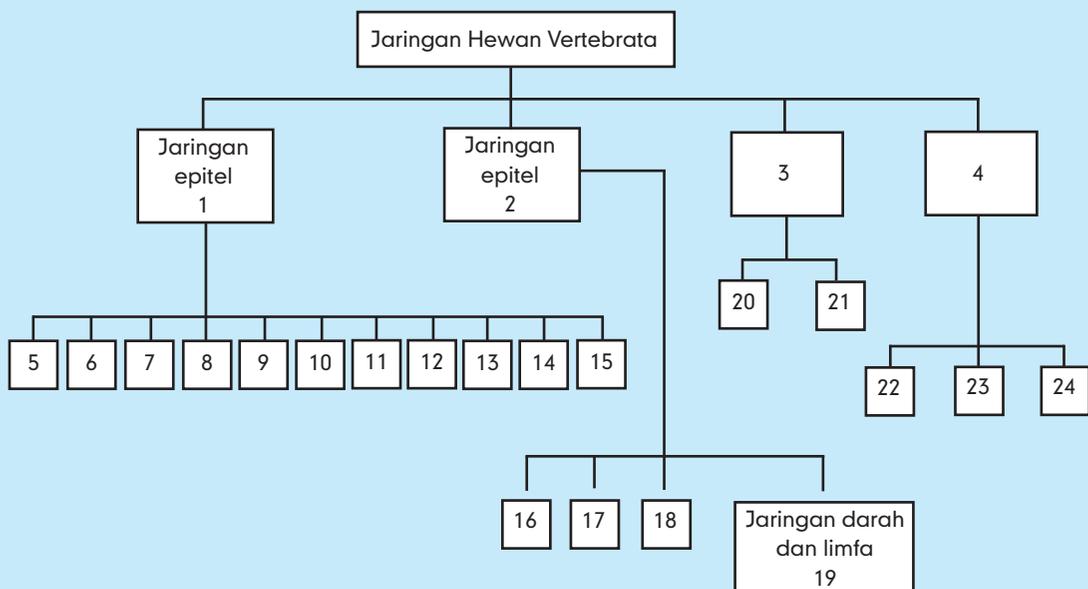
Berdasarkan uraian berbagai jenis jaringan di atas, selayaknya kalian telah memahami macam jaringan penyusun tubuh vertebrata. Untuk menguji pemahaman kalian, selanjutnya, lakukan rubrik *Telisisik* berikut.

Telisisik

Membuat Bagan Jaringan Hewan

Bersama kelompok kalian, lakukanlah tugas berikut dan selesaikan di rumah. Langkah-langkahnya dijelaskan dengan uraian di bawah ini.

1. Persiapkanlah alat dan bahan seperti gunting, penggaris, kertas, alat tulis, paku, dan palu.
2. Persiapkan pula berbagai buku referensi yang membahas jaringan hewan. Akan lebih utama bila buku tersebut terdapat gambar jaringan tubuh vertebrata.
3. Pahami teks dan gambar tentang jaringan hewan pada buku tersebut.
4. Kemudian, buatlah bagan dari kertas seperti gambar di bawah ini.



5. Setelah kalian buat, coba jelaskan maksud dari bagan tersebut di depan guru dan kelompok lainnya.
6. Kumpulkan hasil tugas kalian sebagai portofolio.

Setelah kalian mempelajari tentang sel dan berbagai jenis jaringan penyusun tubuh hewan di depan, selanjutnya kerjakan *Uji Kompetensi* berikut.

Uji Kompetensi

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

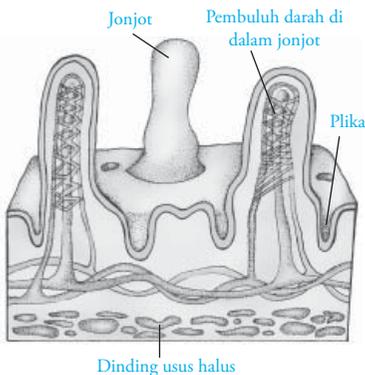
1. Sebutkan empat macam jaringan penyusun organ hewan.
2. Jelaskan ciri-ciri jaringan epitel kelenjar.
3. Jaringan tulang dibedakan menjadi dua yaitu tulang rawan dan tulang sejati. Jelaskan masing-masing beserta pengklasifikasiannya.
4. Bagaimanakah proses terjadinya penyaluran impuls (rangsangan) oleh jaringan saraf dari luar tubuh ke dalam organ?
5. Lengkapilah tabel yang menunjukkan ciri-ciri jaringan otot berikut.

	Otot lurik	Otot polos	Otot jantung
Penyusun otot
Pekerja cepat/lambat
Letak inti
Kontraksi
Terdapat pada organ

Jaringan vertebrata yang berkumpul akan membentuk organ. Sedangkan, kumpulan berbagai macam organ yang bekerja dengan mekanisme dan tujuan tertentu akan membentuk sistem organ. Berkenaan dengan hal ini, organ dan sistem organ apa yang menyusun tubuh hewan vertebrata?

B. Organ dan Sistem Organ

Daging merupakan salah satu sumber protein hewani bagi tubuh manusia. Daging ini berasal dari salah satu organ tubuh hewan. Misalnya, jantung, hati, otak, atau organ yang lain. Nah, uraian berikut akan mengetengahkan subbab organ dan sistem organ hewan vertebrata.



Gambar 2.29 Organ usus halus tersusun atas berbagai jaringan

1. Organ _____

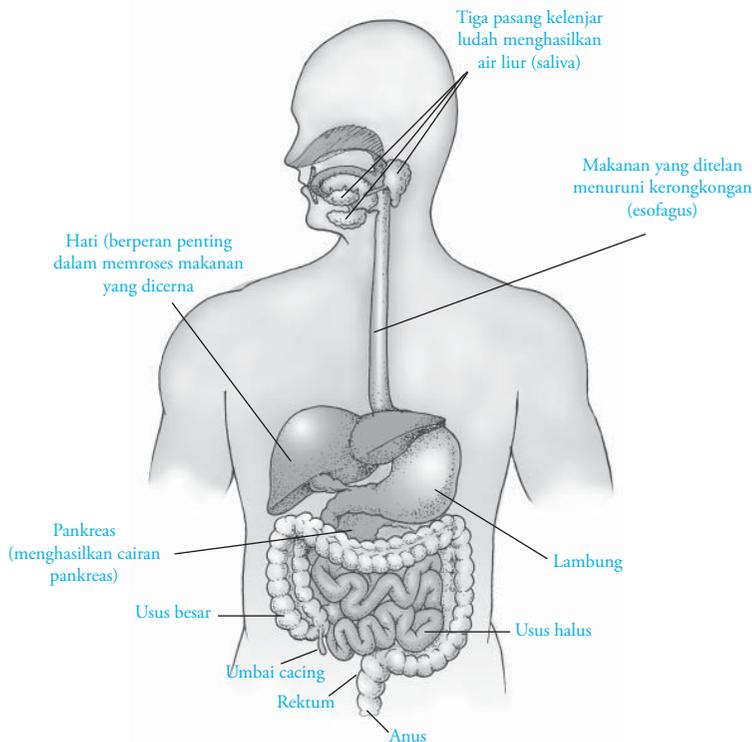
Tubuh vertebrata tersusun atas banyak organ. Organ-organ ini akan bekerja sesuai fungsinya. Misalnya saja organ penyusun sistem pencernaan, seperti mulut, kerongkongan, lambung, usus halus, usus besar, rektum, dan anus. Organ tersusun atas berbagai jaringan. Sebagai contoh organ usus terdiri atas jaringan epitelium, jaringan otot polos, jaringan saraf, dan jaringan ikat.

Berdasarkan letaknya, organ tubuh vertebrata, termasuk manusia, dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu organ luar dan organ dalam. Organ luar adalah organ yang dapat dilihat dari luar, sedangkan organ dalam terletak di dalam tubuh. Contoh organ luar adalah hidung dan telinga, sedangkan organ dalam meliputi jantung, paru-paru, usus, ginjal, dan sebagainya.

2. Sistem Organ

Suatu organ dalam tubuh makhluk hidup, baik manusia, hewan, ataupun tumbuhan tidak dapat terpisah dari organ lainnya. Sebagai contoh, saluran pernafasan pada manusia. Saat melakukan pernafasan, organ yang digunakan antara lain hidung, paru-paru, dan jantung. Bila salah satu organ dihilangkan atau terjadi kerusakan, maka proses respirasi akan terhambat, bahkan tidak akan terjadi proses respirasi. Selain itu, ada juga sistem pencernaan yang termasuk juga sistem organ. Perhatikan Gambar 2.30.

Nah, dari contoh tersebut kita ketahui bahwa, antara satu organ dengan yang lain tidak dapat saling dipisahkan. Dengan demikian, **sistem organ** adalah gabungan dari berbagai organ untuk melakukan suatu fungsi di dalam tubuh. Organ-organ yang merupakan bagian sistem organ tersebut memiliki peranan sama penting di dalam mewujudkan fungsi sistem. Apabila terjadi kerusakan pada sebuah sistem, akan menimbulkan gangguan sistem yang lain. Akibatnya, metabolisme dalam tubuh menjadi tidak stabil.



Gambar 2.30 Sistem pencernaan pada manusia

Galeri

Hati adalah salah satu organ terbesar dalam tubuh. Hati terdiri atas beberapa jaringan dan terbagi menjadi dua bagian. Di dalamnya terdapat pembuluh vena dan vena, kemudian terdapat pula pembuluh arteri dan arteriola. Selain bagian tersebut, bagian yang dekat hati merupakan kantung empedu dengan fungsi sebagai saluran pembawa dan penyimpanan cairan empedu.

Oleh karena itu, tidak salah bila hati merupakan organ penyusun sistem pencernaan yang amat penting. Fungsi hati adalah penetral racun yang masuk ke dalam tubuh bersama makanan.

Dengan menggunakan torso tubuh manusia, kita dapat mengenal beberapa organ penyusun sistem organ pada tabel berikut.

Tabel 3.2 Berbagai Sistem Organ dalam Tubuh, Organ Penyusun dan Fungsinya

No	Sistem	Organ Penyusun	Fungsi
1	Sistem gerak a. Sistem rangka b. Otot	Tengkorak, tulang dada, tulang rusuk, tulang belakang, tulang panggul, tulang bahu, dan anggota gerak atas dan bawah Otot polos, otot lurik, dan otot jantung	Memberi bentuk tubuh, melekatnya otot, tempat membentuk sel darah, sebagai alat gerak pasif Alat gerak aktif dan menyimpan energi
2	Peredaran darah & limfa	Jantung, pembuluh darah, dan limfa	Transportasi darah dan limfa
3	Pencernaan makanan	Mulut, kerongkongan, lambung, usus halus, usus besar, rektum, anus, dan kelenjar pencernaan	Mencerna makanan
4	Respirasi	Hidung, tenggorokan, dan paru-paru	Bernafas
5	Ekskresi	Ginjal, ureter, uretra, kantong kemih (urine); hati (empedu)	Pengeluaran sisa metabolisme
6	Saraf	Otak, 12 ps saraf kranial, 31 ps saraf spinal, saraf simpatik, dan saraf parasimpatik	Koordinasi tubuh
7	Hormon (endokrin)	Kelenjar tiroid, kelenjar paratiroid, kelenjar hipofise, dan kelenjar adrenal	Penghasil hormon, koordinasi
8	Reproduksi	Testis, penis, dan ovarium	Reproduksi
9	Kulit (integumentum)	Kulit	Pelindung

Nah, itulah bahasan kita mengenai organ dan sistem organ. Berikutnya kalian akan mengenal salah satu teknologi terbaru dalam memanfaatkan organ dalam medis yakni tranplantasi organ. Namun, sebelumnya terlebih dahulu lakukan rubrik *Telisisik* berikut.

Telisisik

Bersama teman sebangku lakukanlah penelusuran terkait berbagai jaringan yang menyusun organ. Sebutkan pula kategori sistem organnya. Kalian dapat mencarinya dari referensi/buku yang sesuai. Berbagai organ pada tabel berikut dapat kalian telusuri.

No	Organ	Jaringan penyusun	Sistem organ
1	Otak	Epitel pipih selapis, jaringan ikat, jaringan otot	Saraf
2	Hati	...	...
3	Retina mata	...	...

4	Lambung	...	...
5	Anak ginjal	...	...
6	Rahim	...	...
7	Kulit	...	...
8	Tulang	...	...
9	Lidah	...	...
10	Jantung	...	...

3. Tranplantasi Organ

Pada bahasan sebelumnya, kalian telah mempelajari organ dan sistem organ. Antara organ satu dengan yang lainnya saling berhubungan, tidak berdiri sendiri. Andaikan salah satu organ rusak, organ yang lainnya akan terganggu. Karena itu, organ yang rusak tersebut ada kemungkinan dapat diganti. Salah satu teknologi yang digunakan adalah **tranplantasi organ**.

Diskusi

Menurut kalian, apakah lazim bila organ tubuh kita yang rusak diganti dengan organ orang lain yang sejenis? Kemudian, setelah organ yang rusak diganti, apakah organ tersebut dapat berperan sebagaimana fungsinya? Berikan argumen kalian dan presentasikan hasilnya di depan guru dan teman sekelas.

Sebelum kalian lebih jauh membahas mengenai tranplantasi organ, lakukan terlebih dahulu rubrik berikut.

Dalam bidang medis, organ yang ditranplantasikan misalnya kulit, ginjal, jantung, dan pembuluh darah. Organ-organ ini diperoleh dari donor untuk selanjutnya dipindahkan ke resipien/penerima. Misalnya saja organ yang ditranplantasikan yakni jantung atau ginjal. Agar tidak menyebabkan infeksi oleh benda asing, maka tranplantasi organ seperti ini harus memenuhi persyaratan-persyaratan tertentu. Sehingga organ yang ditranplantasikan tidak dianggap sebagai benda asing oleh tubuh penerima (resipien).

Tranplantasi organ, misalnya contohnya kulit dan pembuluh darah, akan aman dilakukan bila organ yang ditranplantasikan berasal dari tubuh sendiri. Sebagai contoh, penggantian kulit wajah yang rusak, diambilkan dari kulit punggung atau wajah. Kemudian, untuk mengganti pembuluh darah dekat jantung, dapat diambilkan dari pembuluh darah pada lengan atau kaki. Setelah tranplantasi dilakukan, kulit wajah yang tersisa dapat menyatu dengan kulit punggung atau kulit wajah. Artinya jaringan baru akan tumbuh pada bagian yang terluka.



(a) Jantung



(b) Ginjal

Gambar 2.31 Organ jantung dan ginjal dapat ditranplantasikan

Kilas

Pada bahasan jaringan darah disebutkan bahwa sel darah putih (leukosit) akan mempertahankan tubuh dari benda asing yang masuk ke dalam tubuh.

Sel limfosit dan makrofaga akan berperan untuk menolak benda asing yaitu dengan cara mengeluarkan antibodi, dan makrofaga akan memakan benda asing tersebut

Galeri

Seorang pakar dari Jerman berhasil melakukan rekonstruksi wajah gadis Tiongkok. Pasien tersebut kehilangan hidung dan sebagian wajahnya rusak. Tim dokter membuat hidung baru dan kulit wajah baru dari jaringan di bagian perut pasien itu sendiri.

Setahun sebelumnya tim dokter rumah sakit yang sama mengoperasi wajah seorang perempuan dengan mendapat donor wajah dari wanita lain.

Jawa Pos, 29 Maret 2006

Saat tranplantasi, para dokter berupaya untuk memperoleh organ yang memiliki **sistem imun**. Kemudian organ tersebut juga harus identik dengan resipien. Hal ini diperoleh jika organ berasal dari tubuh pasien sendiri. Selain itu, perlu dikembangkan upaya “penumbuhan” organ (jantung atau ginjal) yang berasal dari sel tubuh penderita. Upaya ini merupakan teknik pengklonan sel menjadi organ.

Terus, bagaimana dengan kulit yang ditranplantasikan berasal dari orang lain? Andaikan kulit berasal dari orang lain, ada kemungkinan pembuluh darah menyusup ke jaringan baru atau terjadi peristiwa **vaskularisasi**. Akibatnya, tubuh akan memberikan reaksi dengan memproduksi banyak sel limfosit. Selain itu, makrofaga akan masuk ke dalam jaringan yang ditranplantasikan. Namun, hal ini tidak terjadi, bila organ yang ditranplantasikan berasal dari dua bersaudara yang kembar siam.

Operasi bedah wajah total (*face off*) adalah salah satu teknik transplantasi organ yang pernah dilakukan di Indonesia. Penyebabnya, antara lain karena adanya kulit wajah pasien yang rusak akibat tersiram air keras. Karena itu, organ kulit wajah dan pembuluh darah harus dioperasi. Kulit dan pembuluh darah yang ditranplantasikan pada kondisi ini dapat diambil dari kulit punggung dan paha pasien itu sendiri.

Sekedar contoh, kita mungkin pernah mendengar operasi *face off* yang dilakukan salah seorang bernama Yanti (bukan nama pasien sebenarnya). Operasi ini dilakukan tanggal 29 Maret 2006 oleh tim dokter RSUD dr. Sutomo, Surabaya. Pada operasi tersebut, dilakukan beberapa tahapan, antara lain, operasi menyayat tubuh bagian kanan, seperti wajah kanan, paha kanan, dan punggung kanan. Kemudian operasi tubuh bagian kiri, seperti wajah kiri, punggung kiri, dan paha kiri, dan pemoangan pembuluh darah. Lima hari pasca operasi, jaringan kulit wajah sudah kembali sedia kala. Alhasil, Yanti dapat memiliki organ tubuh lengkap meski tingkat kesempurnaannya berbeda.

Nah, melalui uraian di atas, kalian selayaknya mengetahui bahasan maksud tranplantasi organ. Dengan demikian nyatalah bahwa Tuhan Yang Maha Esa akan melindungi hamba-Nya yang mau berusaha. Berikutnya, coba kalian selesaikan *Uji Kompetensi* berikut.

Uji Kompetensi

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

1. Apakah yang dimaksud dengan organ dan sistem organ? Berikanlah contohnya.
2. Bagaimanakah keterkaitan antara satu organ atau sistem organ dengan yang lainnya.
3. Apakah yang kalian ketahui tentang tranplantasi organ?
4. Sebutkan beberapa organ yang dapat digunakan untuk transplantasi.
5. Bagaimana cara mengatasi agar tidak terjadi kegagalan saat proses tranplantasi.
6. Apakah yang dimaksud dengan *face off*? Bagaimanakah tahapan yang harus dilakukan?

I k h t i s a r

1. Jaringan (*tissue*) berasal dari bahasa Latin yang berarti 'tenunan'. Menurut ahli histologi, jaringan hewan meliputi jaringan epitel, jaringan ikat, jaringan syaraf, dan jaringan otot.
2. Menurut lapisan penyusunnya, jaringan epitel terbagi atas antara lain epitel pipih selapis, epitel pipih berlapis banyak, epitel batang selapis, epitel batang berlapis banyak, epitel kubus selapis, epitel kubus berlapis banyak, epitel kelenjar dan epitel transisi.
3. Fungsi jaringan ikat antara lain dapat melekatkan konstruksi antarjaringan, membungkus organ, menghasilkan energi, menghasilkan sistem imun, dan mengisi rongga-rongga di antara organ.
4. Jenis jaringan pengikat meliputi jaringan ikat sebenarnya, jaringan tulang rangka, jaringan darah dan limfa.
5. Jaringan saraf tersusun oleh sel-sel saraf yang disebut neuron. Sel saraf memiliki bagian utama yaitu badan sel (perikarion) dan penjurulan sitoplasma (prosesus) yang terdiri dari dendrit dan neurit (akson).
6. Pada tubuh vertebrata, jaringan otot dibedakan menjadi tiga, jaringan otot rangka, jaringan otot polos, dan jaringan otot jantung.
7. Tubuh vertebrata tersusun atas organ dan organ berkumpul akan membentuk sistem organ dengan fungsi tertentu.
8. Salah satu teknologi yang digunakan untuk mengganti fungsi organ tubuh yang rusak yakni melalui tranplantasi organ. Organ yang ditranplantasikan misalnya kulit, ginjal, jantung, dan pembuluh darah.

S e n a r a i k a t a

Akson Disebut juga neurit, yaitu serabut saraf panjang yang berfungsi membawa impuls dari badan sel ke sel yang lain

Jaringan epitel Jaringan yang melapisi permukaan tubuh dan organ tubuh

Kanalikuli Saluran-saluran kecil di antara sel tulang (osteosit)

Lakuna Rongga-rongga kecil yang terdapat di dalam matriks

Limfa Cairan jernih dalam pembuluh limfa, berasal dari cairan jaringan dan kembali ke aliran darah

Makrofaga Sel jaringan ikat yang memiliki bentuk berubah-ubah dan bersifat fagositosis

Osteoblas Zat yang berasal dari fibroblas dan berperan dalam pembentukan tulang

Saluran Havers Lamela-lamela yang mengelilingi lubang kapiler

Saluran Volkmann Saluran yang menghubungkan dua saluran Havers

Sarkoplasma Sitoplasma sel otot

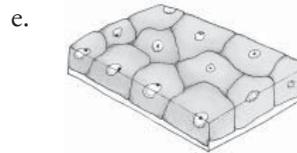
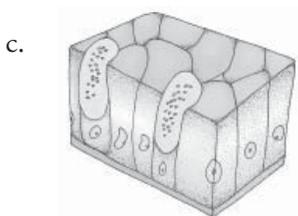
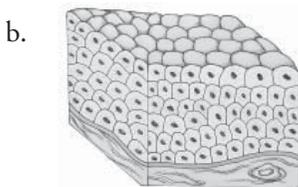
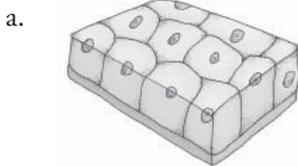
Tulang kompak Tulang yang tidak memiliki rongga

Tranplantasi Proses penggantian organ/jaringan tubuh yang tidak berfungsi lagi dengan jaringan atau organ yang sehat, dapat berasal dari tubuh sendiri atau orang lain

Ulangan Harian

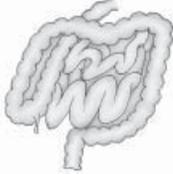
A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

- Salah satu ciri sel-sel penyusun jaringan epitel adalah
 - berasal dari mesenkim
 - memiliki protein kontraktil
 - sitoplasmanya mengalami pemanjangan
 - sel-selnya memadat
 - bentuknya berubah-ubah
- Jaringan yang berfungsi menyokong organ-organ tubuh adalah
 - jaringan epitel
 - jaringan saraf
 - jaringan ikat
 - jaringan lemak
 - jaringan otot
- Sel-sel jaringan ikat yang berfungsi sebagai pengangkut sari-sari makanan adalah
 - fibroblas
 - sel plasma
 - sel darah
 - makrofaga
 - sel lemak
- Jaringan epitel yang melapisi ginjal adalah



- Berikut ini yang bukan merupakan ciri tulang kompak adalah
 - terdiri atas osteosit
 - mengandung osteoblas
 - mengandung kalsium (Ca) dan fosfor
 - mempunyai sistem Havers
 - berfungsi sebagai bantalan organ
- Organ yang memiliki diskus interkalaris adalah
 - usus
 - lambung
 - jantung
 - hati
 - kerongkongan
- Jaringan ikat disusun oleh sel-sel berikut ini, kecuali
 - fibroblas
 - sel kelenjar
 - sel lemak
 - sel tiang
 - makrofag
- Jaringan tulang rawan orang dewasa berbeda dengan jaringan tulang rawan anak-anak, sebab
 - sel-sel penyusun jaringan tulang rawan orang dewasa memiliki akson
 - jaringan tulang rawan orang dewasa berasal dari selaput tulang rawan
 - jaringan tulang rawan orang dewasa berasal dari sel-sel mesenkim
 - jaringan tulang rawan anak-anak berasal dari selaput tulang rawan
 - sel-sel penyusun jaringan tulang rawan orang dewasa berubah menjadi osteosit

9. Dasar yang digunakan untuk mengelompokkan jaringan tulang rawan menjadi tulang rawan hialin, elastis, dan fibrosa adalah
- macam sel tulang rawannya
 - kandungan matriksnya
 - fungsi tulangnya
 - ada tidaknya rongga tulang
 - lokasi tulang
10. Organ yang tidak disusun oleh jaringan otot polos, yaitu
- lidah
 - pembuluh darah
 - usus
 - lambung
 - rahim
11. Berikut ini merupakan ciri-ciri suatu jaringan: selnya berupa serabut bercabang, reaksi terhadap rangsang lambat, inti sel terdapat di tengah.
- Ciri di atas dimiliki oleh jaringan yang terdapat pada organ
- lidah
 - tulang
 - jantung
 - usus
 - mata
12. Pada saat melakukan pengamatan jaringan, kita memerlukan alat
- kacamata
 - sinar radioaktif
 - lampu
 - loop
 - mikroskop
13. Jaringan ini memiliki matriks semi cair, banyak mengandung serabut protein, jaringan tersebut adalah
- saraf
 - ikat
 - tulang
 - otot
 - limfa
14. Cermati tabel tentang kombinasi antara jaringan dan fungsinya, yaitu

	Jaringan	Fungsi
a.		Bantalan lemak
b.		Gerak sadar
c.		Bantalan lemak
d.		Komunikasi
e.		Penghasil hormon

15. Jaringan yang menyusun rongga hidung adalah
- epitel batang
 - epitel kubus
 - epitel pipih berlapis
 - epitel kelenjar
 - jaringan ikat fibrosa
16. Sel hewan dan sel tumbuhan memiliki perbedaan. Salah satu perbedaan tersebut yakni sel tumbuhan memiliki organ
- sentriol
 - vakuola
 - mitokondria

- d. retikulum endoplasma
 - e. sitoplasma
17. Folikel ovarium disusun oleh epitelium jenis
 - a. kubus selapis
 - b. kubus berlapis banyak
 - c. transisi
 - d. kelenjar
 - e. selindris berlapis banyak
 18. Sel-sel penyusun jaringan ikat yang berfungsi menyekresikan protein, yaitu
 - a. makrofaga
 - b. sel lemak
 - c. sel plasma
 - d. fibroblas
 - e. sel tiang
 19. Yang bukan merupakan pernyataan benar tentang jaringan otot adalah
 - a. otot dapat menggerakkan tulang
 - b. otot memiliki kemampuan untuk berkontraksi
 - c. memiliki protein kontraktil yang disebut miofibril
 - d. mengangkut zat-zat antar jaringan
 - e. terdiri dari tiga macam otot yaitu otot lurik, otot jantung dan otot polos
 20. Otot yang bekerja di bawah sadar, kontrak-sinya cepat, namun cepat lelah adalah ciri-ciri
 - a. jaringan otot lurik
 - b. jaringan otot polos
 - c. jaringan darah
 - d. jaringan otot jantung
 - e. jaringan saraf

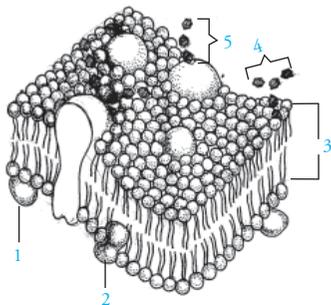
B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

1. Bandingkan antara jaringan tulang rawan dengan jaringan tulang dewasa.
2. Jelaskan perbedaan antara kondrosit, osteosit, osteoklas, dan kondroblas.
3. Apakah yang dimaksud saluran Havers dan saluran Volman?
4. Apabila terjadi suatu infeksi, maka tubuh akan melakukan suatu perombakan terhadap benda asing tersebut.
 - a. Sel darah apakah yang berperan dalam proses tersebut?
 - b. Jelaskan proses terjadinya fagositosis.
5. Sebutkan beberapa jenis epitel berdasarkan perbedaan strukturnya.
6. Sebutkan jenis sel epitel yang menyusun organ-organ berikut.
 - a. Usus
 - b. Uretra
 - c. Ovarium
 - d. Saluran pernafasan
 - e. Lambung
7. Ketika seekor hewan berlari, maka akan mengaktifkan berbagai jaringan tubuh. Sebutkan 3 jaringan tersebut.
8. Apa yang dimaksud dengan tranplantasi?
9. Jelaskan apa saja yang dilakukan oleh dokter pada saat melakukan tranplantasi kulit.
10. Apabila seseorang mengalami kecelakaan yang menyebabkan wajahnya rusak, maka akan dilakukan sebuah operasi yakni *face off*. Apakah yang kalian ketahui tentang *face off*.

Latihan Ulangan Tengah Semester I

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. Sejenis substansi kompleks seperti agar-agar dinamakan
 - a. sitoplasma
 - b. sel
 - c. organel sel
 - d. organ
 - e. protoplasma
2. Dinamakan sel golongan prokariotik bila
 - a. tidak memiliki mitokondria
 - b. tidak memiliki retikulum endoplasma
 - c. tidak memiliki ribosom
 - d. tidak memiliki membran plasma
 - e. tidak memiliki membran inti
3. Berikut ini yang merupakan fungsi sitoskeleton yaitu
 - a. sebagai rangka sel, memberi bentuk sel
 - b. sebagai tempat terjadinya metabolisme
 - c. sebagai penghasil terjadinya lendir
 - d. sebagai tempat terjadinya penetralan racun
 - e. sebagai tempat terjadinya pengaturan reproduksi
4. Perhatikan gambar berikut.



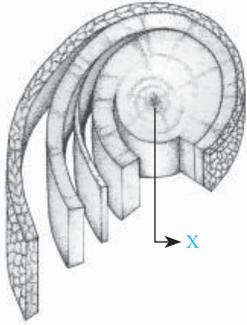
Bagian membran sel yang mengandung lipida dan karbohidrat ditunjukkan oleh nomor

- a. 1
- b. 2
- c. 3
- d. 4
- e. 5

5. Salah satu fungsi sitoplasma dalam sel yakni
 - a. reseptor rangsangan dari luar
 - b. tempat berlangsungnya reaksi metabolisme
 - c. pengatur keluar-masuknya molekul
 - d. sebagai pusat kontrol aktivitas sel
 - e. penghasil protein
6. Di dalam proses transpor pasif, zat dapat naik dan turun sesuai
 - a. besarnya partikel dan atom
 - b. kelajuan
 - c. konsentrasi zat
 - d. gradien konsentrasi
 - e. energi yang dimiliki sel
7. Proses transpor aktif pompa natrium-kalium dapat terjadi karena
 - a. konsentrasi ion kalium di luar sel lebih tinggi daripada konsentrasi ion natriumnya
 - b. konsentrasi ion kalium di dalam sel lebih tinggi dibandingkan sekelilingnya, sedangkan konsentrasi ion natriumnya jauh lebih rendah
 - c. konsentrasi ion natrium di dalam sel lebih tinggi dibandingkan sekelilingnya, sedangkan konsentrasi ion kalium di luar sel lebih rendah
 - d. konsentrasi ion kalium dan natrium di luar sel sama
 - e. konsentrasi ion kalium dan natrium di dalam sel sama
8. Jaringan meristem tumbuhan memiliki ciri-ciri di bawah ini, kecuali
 - a. kemampuan membelah sangat cepat
 - b. ukuran selnya kecil
 - c. dinding selnya kecil
 - d. inti selnya besar
 - e. vakuolanya besar
9. Jaringan meristem yang mengalami pertumbuhan menghasilkan cabang, daun, dan bunga adalah jaringan meristem

- a. apikal
- b. lateral
- c. interkalar
- d. sekunder
- e. gabus

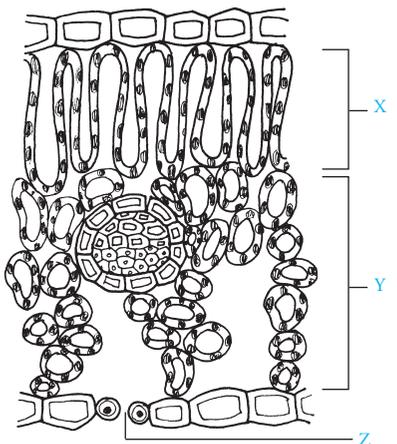
10. Perhatikan gambar berikut.



Bagian berlabel X dinamakan

- a. empulur
 - b. kayu
 - c. kambium
 - d. kulit dalam
 - e. kulit luar
11. Jaringan kambium dan kambium gabus termasuk jaringan meristem
- a. apikal
 - b. lateral
 - c. interkalar
 - d. primer
 - e. pembelahan

13. Perhatikan gambar di bawah ini.



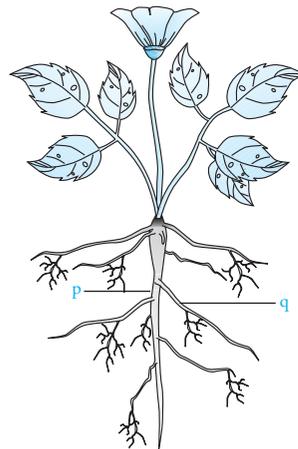
Bagian yang diberi penunjuk X, Y, dan Z berturut-turut adalah

- a. jaringan spons, xilem, stomata
- b. jaringan palisade, jaringan spons, stomata
- c. kambium gabus, jaringan spons, stomata
- d. stomata, jaringan kolenkim, jaringan sklerenkim
- e. jaringan epidermis, jaringan spons, jaringan palisade

12. Epidermis batang mawar mengalami modifikasi membentuk duri, sedangkan daun jagung epidermisnya mengalami modifikasi membentuk

- a. spina
- b. trikoma
- c. sel kipas
- d. sel kresik
- e. velamen

14. Perhatikan gambar berikut.



Bagian yang berlabel p dan q adalah

- a. leher akar dan cabang akar
- b. cabang akar dan serabut akar
- c. batang akar dan cabang akar
- d. leher akar dan batang akar
- e. ujung akar dan leher akar

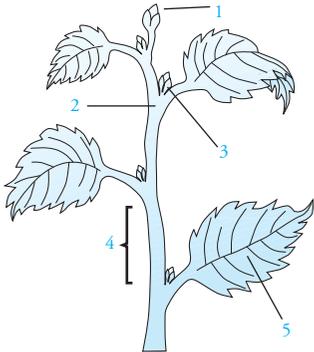
16. Berikut adalah berbagai jaringan yang menyusun batang tumbuhan dikotil:

1. epidermis
2. seludang pati
3. empulur
4. perikambium
5. korteks

Urutan jaringan penyusun tumbuhan dari luar ke dalam adalah

- a. 1, 5, 2, 4, 3
- b. 1, 2, 5, 4, 3
- c. 1, 4, 3, 2, 5
- d. 1, 3, 2, 3, 4
- e. 1, 5, 4, 2, 3

15. Perhatikan gambar berikut.



Bagian batang yang berperan sebagai tempat perlekatan daun ditunjukkan oleh nomor

- a. 1
- b. 2
- c. 3
- d. 4
- e. 5

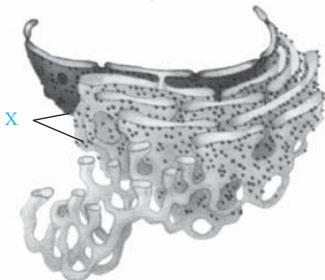
17. Sifat totipotensi sel dapat dijadikan dasar perkembangbiakan tumbuhan melalui

- a. kloning
- b. stek batang
- c. kultur jaringan
- d. vegetatif
- e. generatif

18. Jaringan epitel yang berada pada kerongkongan adalah

- a. epitel batang berlapis banyak
- b. epitel batang selapis
- c. epitel kubus berlapis banyak
- d. epitel kubus selapis
- e. epitel pipih berlapis banyak

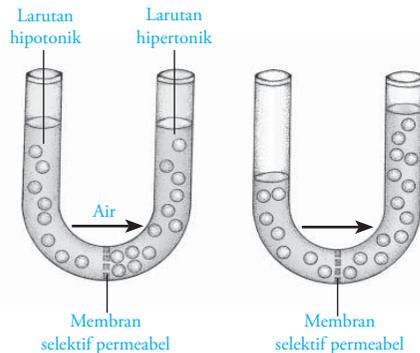
19. Perhatikan gambar berikut.



Bagian berlabel X menempel pada retikulum endoplasma adalah

- a. sistere
- b. RE kasar
- c. RE halus
- d. ribosom
- e. badan Golgi

20. Perhatikan gambar berikut.



Gambar di atas menunjukkan peristiwa

- a. difusi
- b. osmosis
- c. tekanan turgor
- d. plasmolisis
- e. krenasi

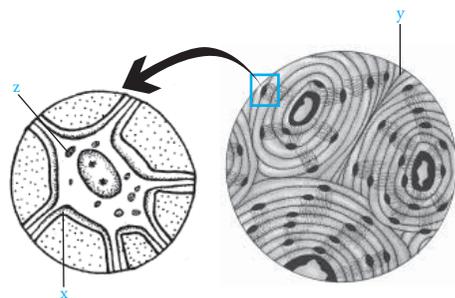
21. Jaringan ikat disusun oleh matriks, serat (fibrosa), dan sel-sel jaringan ikat. Sel jaringan ikat yang berfungsi memakan bakteri dan sel mati adalah ...

- a. fibroblas
- b. makrofaga
- c. sel tiang
- d. sel plasma
- e. sel lemak

22. Matriks penyusun jaringan ikat yang terdapat pada tulang, memiliki daya renggang tinggi, elastisitas rendah, dinamakan ...

- a. serat elastin
- b. serat retikuler
- c. serat kolagen
- d. serat berfragmen
- e. serat fibroblas

23. Perhatikan gambar berikut.



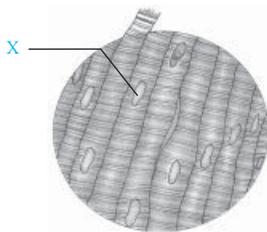
Bagian yang diberi label x, y, dan z berturut-turut adalah ...

- a. lamela, osteosit, saluran Havers
- b. lamela, lakuna, saluran Havers
- c. lakuna, lamela, osteosit
- d. lakuna, osteosit, saluran Havers
- e. saluran Havers, lakuna, osteosit

24. Sel darah yang berperan dalam proses pertahanan tubuh untuk melawan virus, bakteri, dan penyerang lainnya ialah ...

- a. eritrosit
- b. leukosit
- c. trombosit
- d. limfosit
- e. granulosit

25. Perhatikan gambar berikut.



Bagian berlabel X pada gambar otot rangka tersebut adalah ...

- a. sarkomer
- b. miofibril
- c. aktin dan miosin
- d. nukleus
- e. serabut otot

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

1. Sebutkan komposisi utama protoplasma.
2. Sebutkan dan jelaskan jenis plastida selain klorofil.
3. Sebutkan dan jelaskan beberapa bagian sel yang ada pada sel tumbuhan tetapi tidak terdapat pada hewan.
4. Sebutkan jenis jaringan permanen yang menyusun tubuh tumbuhan.
5. Apakah fungsi lenti sel pada batang tumbuhan dikotil?
6. Apakah yang dimaksud dengan teori totipotensi sel?
7. Sebutkan tiga serat jaringan ikat yang terbuat dari protein.
8. Berdasarkan fungsinya, sel saraf (neuron) dibedakan menjadi tiga yakni neuron sensorik, neuron motorik, dan neuron asosiasi. Jelaskan fungsi masing-masing neuron tersebut.
9. Sebutkan organ-organ yang berperan dalam sistem pencernaan makanan.
10. Apakah yang dimaksud dengan transplantasi organ? Sebutkan pula organ manusia yang sering ditransplantasikan.

B a b IV

Sistem Gerak pada Manusia



Supaya tetap sehat, kita membutuhkan kegiatan yang membuat tubuh mengeluarkan keringat. Bentuknya pun beragam, bisa jalan santai, lari kecil, hingga olah raga berat. Orang yang berolah raga biasanya akan berkeringat. Keringat yang keluar merupakan sisa pembakaran zat berguna dalam otot. Gerakan tubuh dapat terjadi karena otot berkontraksi. Kontraksi yang dilakukan otot mengakibatkan anggota tubuh dapat melakukan gerakan sesuai dengan yang kita inginkan. Namun demikian, tahukah kalian penyebab tubuh bisa bergerak dengan leluasa? Adakah sistem dalam tubuh yang memengaruhi setiap gerak kita? Mari kita bahas semuanya pada bab berikut.

Kata Kunci

- Sistem gerak
- Tulang/rangka
- Otot
- Artikulasi (persendian)

Pada bahasan berikut kita akan mempelajari sistem gerak yang terjadi pada tubuh manusia. Di dalamnya pula kita akan mempelajari struktur, fungsi, dan proses yang terjadi dalam sistem gerak. Termasuk juga berbagai kelainan atau penyakit yang dapat terjadi pada sistem gerak manusia.

Dengan mempelajari bab ini, kalian diharapkan mampu menjelaskan keterkaitan antara struktur, fungsi, dan proses yang terjadi pada sistem gerak manusia. Selain itu, kalian juga diharapkan mengetahui berbagai kelainan/penyakit dalam kehidupan sehari-hari yang terkait sistem gerak manusia termasuk berbagai teknologi yang dapat digunakan untuk mengatasinya.

A. Sistem Gerak

Tanpa tulang dan otot, manusia tidak dapat bergerak. Sebab, tulang merupakan alat gerak pasif, dan otot merupakan alat gerak aktif. Kerja sama tulang dan otot menghasilkan gerakan tubuh. Untuk itu, sub-subbab ini terkhusus membahas tentang tulang rangka, sementara pada sub-subbab berikutnya akan dibahas mengenai otot.

1. Rangka

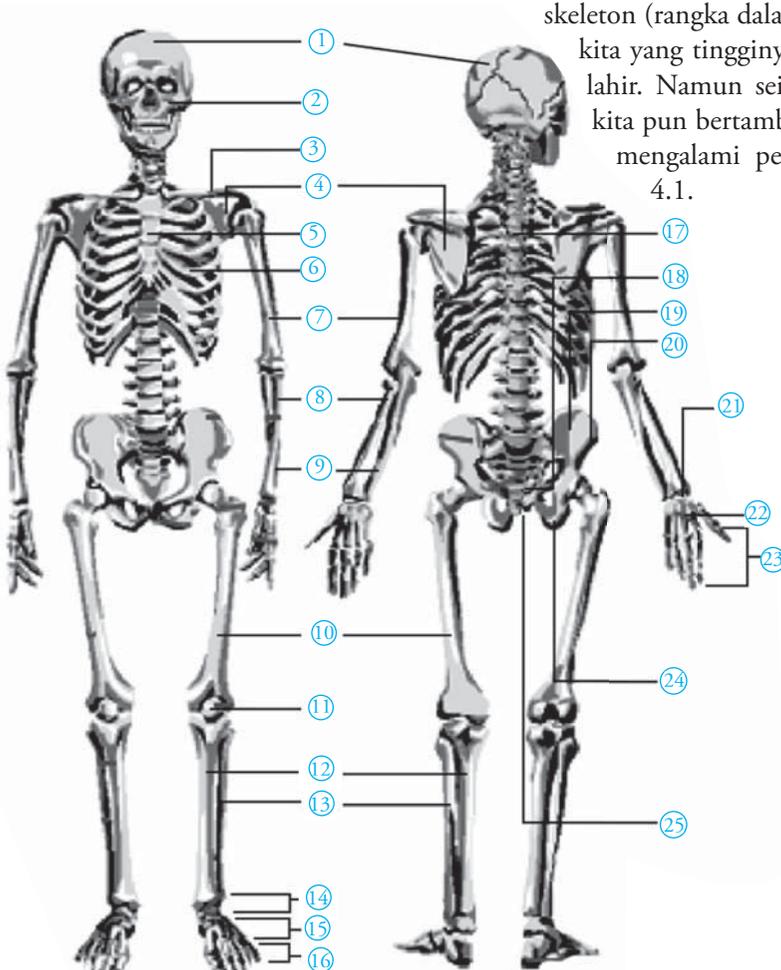
Sebenarnya rangka tubuh kita merupakan endoskeleton (rangka dalam). Ini terbukti dari tinggi tubuh kita yang tingginya hanya beberapa sentimeter saat lahir. Namun seiring bertambahnya umur, tinggi kita pun bertambah. Artinya, rangka dalam tubuh mengalami pertumbuhan. Perhatikan Gambar 4.1.

Keterangan:

1. Tulang tempurung kepala
2. Tulang wajah
3. Tulang selangka
4. Tulang belikat
5. Tulang dada
6. Tulang rusuk
7. Tulang lengan atas
8. Tulang pengumpil
9. Tulang hasta
10. Tulang paha
11. Tempurung lutut
12. Tulang kering
13. Tulang betis
14. Tulang pergelangan kaki
15. Tulang telapak kaki
16. Tulang jari kaki
17. Tulang belakang
18. Tulang kelangkang
19. Tulang pinggul
20. Tulang usus
21. Tulang pergelangan tangan
22. Tulang telapak tangan
23. Tulang jari tangan
24. Tulang duduk
25. Tulang kemaluan

www.virmalastronaut.jsc.nasa.gov

Gambar 4.1 Rangka tubuh manusia



Nah, untuk mempelajari tulang rangka lebih lanjut, kalian dapat mengikuti rubrik *Diskusi* berikut.

Diskusi

Bersama teman sebangku, coba kalian diskusikan, mengapa saat mengendarai sepeda motor, kita perlu menggunakan helm? Berikan argumen kalian dengan kaitan tulang atau rangka. Presentasikan hasil yang kalian peroleh di depan guru dan teman kalian.

Di dalam tubuh, rangka kita tersusun oleh banyak tulang dengan berbagai bentuk dan ukuran. Tulang-tulang itu tersusun sedemikian rupa sehingga satu sama lain membentuk sendi. Tentu saja, rangka tersebut memiliki beragam fungsi. Tanpa rangka, bentuk dan ukuran tubuh kita tidak beraturan. Tanpa rangka pula, tubuh kita tidak dapat berdiri tegak dan alat-alat tubuh yang lunak tidak terlindungi. Adanya rangka, menjadikan otot-otot rangka dapat melekat, sel-sel darah merah terbentuk (hemopoesis) dan limfosit B juga dapat terbentuk.

Selain itu, rangka menjadi tempat penyimpanan kalsium terutama fosfat, sehingga sewaktu diperlukan dapat dilepaskan dari darah. Lalu, satu yang terpenting dari fungsi rangka bagi tubuh adalah sebagai alat gerak pasif.

a. Macam-Macam Rangka

Secara umum, rangka tubuh manusia dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu rangka/skeleton aksial dan rangka/skeleton apendikuler.

1) Rangka Aksial

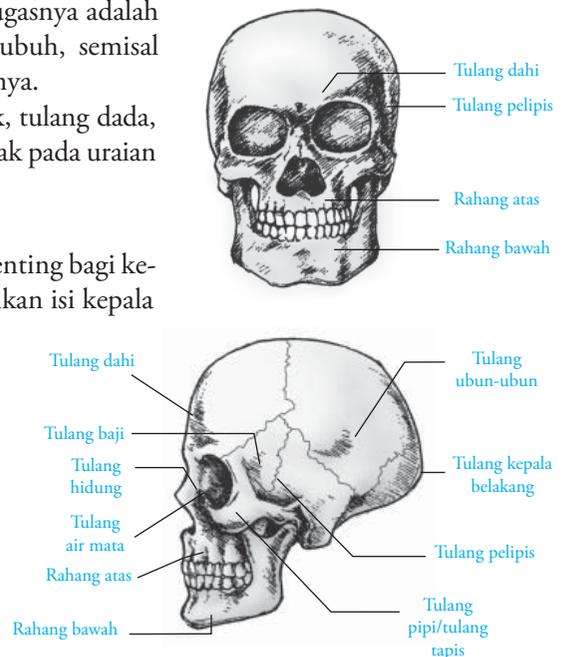
Rangka aksial merupakan jenis rangka yang tidak langsung terkait dengan sistem gerak. Karena itu, tugasnya adalah melindungi organ-organ yang berada dalam tubuh, semisal otak, jantung, paru-paru, dan organ dalam lainnya.

Rangka aksial manusia terdiri atas tengkorak, tulang dada, dan tulang rusuk. Penjelasanannya dapat kalian simak pada uraian berikut.

a) Tengkorak

Keberadaan tulang tengkorak begitu penting bagi kepala kita. Sebab, adanya tengkorak menjadikan isi kepala terlindungi. Tidak salah bila tengkorak tersusun oleh banyak tulang. Tulang penyusun tengkorak tersebut adalah tulang tempurung kepala (*cranium*) dan tulang muka.

Tulang tempurung kepala terdiri atas tulang kepala belakang (*osipital*), tulang baji (*shenoid*), tulang tapis (*ethmoid*), tulang pelipis (*temporal*), tulang ubun-ubun (*parietal*), dan tulang dahi (*frontal*). Perhatikan Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Tulang tengkorak dan bagian-bagiannya

Sementara itu, tulang muka tersusun oleh tulang rahang atas (**maksila**), tulang rahang bawah (**mandibula**), tulang hidung (**nasal**), tulang air mata (**lakrimal**), tulang pipi (**zigomatik**) dan tulang langit-langit (**palatum**). Dari tulang muka ini akan terbentuk rongga mata, rongga hidung, dan wajah.

b) *Ruas-Ruas Tulang Belakang*

Ruas-ruas tulang belakang (*vertebrae*) manusia terdiri atas 34 ruas. Setiap ruas tulang belakang ini memiliki kemungkinan bergerak walaupun sedikit. Sehingga, adanya gerakan tersebut menjadikan tubuh kita tidak kaku.

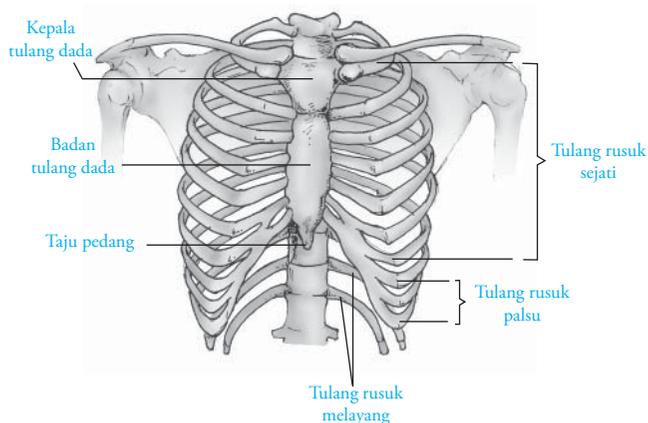
Berdasarkan letaknya, tulang belakang tersusun atas beberapa bagian, meliputi 7 ruas tulang leher (*cervicalis*); 12 ruas tulang punggung (*thoraxalis*); 5 ruas tulang pinggang (*lumbalis*); tulang kelangkang yang merupakan gabungan tulang kemudi terdiri atas 5 ruas tulang kelangkang (*sacrum*) dan 4 ruas tulang ekor (*coxis*).

c) *Tulang Dada (Sternum)*

Tulang dada manusia meliputi bagian kepala (*manubrium*), badan (*corpus*) dan ekor (*processus xiphoideus* = taju pedang) yang berupa tulang rawan. Bagian kepala adalah tempat melekatnya tulang selangka (*clavicula*) dan tulang rusuk nomer satu. Sementara, tulang rusuk yang lain melekat pada bagian badan. Lihat Gambar 4.4.

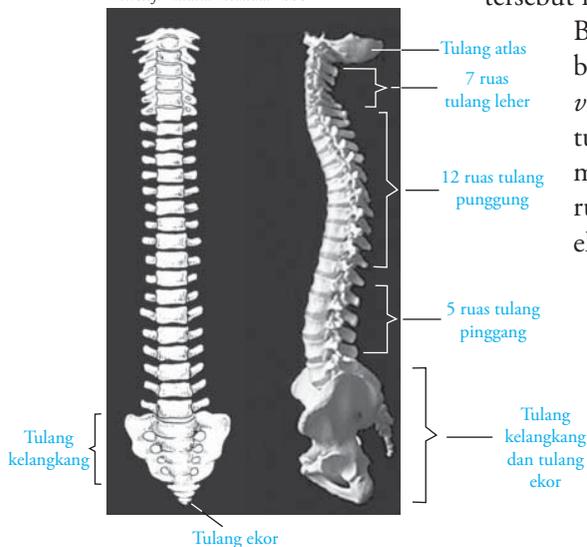
d) *Tulang rusuk*

Tulang rusuk berjumlah 12 pasang. Tulang rusuk pertama bagian depan melekat pada bagian kepala tulang dada dan bagian belakangnya melekat pada tulang belakang. Perhatikan Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Tulang dada dan tulang rusuk

Microsoft Encarta Premium 2006



Gambar 4.3 Tulang belakang

Galeri

Injeksi PEG

Sebuah penelitian yang dilakukan di Universitas Purdue, Indiana polis melaporkan bahwa injeksi PEG (*Poly Ethylene Glycol*) dapat digunakan untuk mengobati lumpuh kaki pada anjing. Melalui PEG ini, sel saraf pada tulang belakang dapat diperbaiki. Sekitar 8 minggu, 13 dari 19 anjing yang diteliti dapat berjalan kembali. Para peneliti berharap hasil penelitian ini dapat diterapkan pula pada manusia.

Jawa Pos, 4 April 2005

Tulang rusuk dikelompokkan menjadi tiga macam yaitu tulang rusuk sejati (*costa vera*), tulang rusuk palsu (*costa spuria*), dan tulang rusuk melayang (*costa fluktuantes*). Masing-masing tulang ini terdiri atas 7 pasang tulang rusuk sejati yang ujung depannya melekat pada tulang dada, sedangkan ujung belakang melekat pada tulang belakang. Kemudian, tulang rusuk palsu 3 pasang yang ujung belakangnya melekat pada tulang belakang dan ujung depannya melekat pada tulang rusuk di atasnya. Terakhir, 2 pasang tulang rusuk melayang yang ujung belakangnya melekat pada tulang belakang, adapun ujung depannya tidak melekat atau bebas.

Nah, untuk mengetahui posisi tulang dada dan tulang rusuk saat bernapas, kalian dapat melakukan *Telisik* berikut.

Telisik

Secara mandiri, lakukanlah tugas berdasarkan langkah-langkah berikut.

1. Tarik nafas dalam-dalam, sambil tangan kiri memegang bagian ujung tulang dada dan tangan kanan memegang tulang rusuk palsu. Bagaimanakah posisi tulang dada dan tulang rusuk saat bernapas bila dibandingkan dengan posisi normal atau diam?
2. Kemudian, tangan kanan dan kiri pada posisi seperti langkah pertama di atas, hembuskanlah nafas dengan kuat. Bagaimana posisi tulang dada dan tulang rusuk saat posisi tersebut?
3. Kalian dapat menuliskan hasilnya seperti pada tabel di bawah ini.

Posisi	Menarik Nafas	Menghembuskan Nafas
Tulang dada
Tulang rusuk

2) Rangka Apendikuler

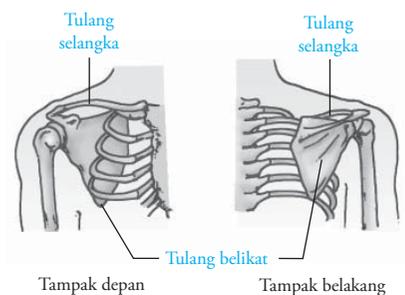
Berbeda dengan rangka aksial, rangka apendikuler terkait langsung dengan sistem gerak. Karenanya, rangka apendikuler tersusun atas tulang anggota gerak atas dan tulang anggota gerak bawah. Uraian di bawah ini dapat kalian pahami.

a) Tulang Anggota Gerak Atas

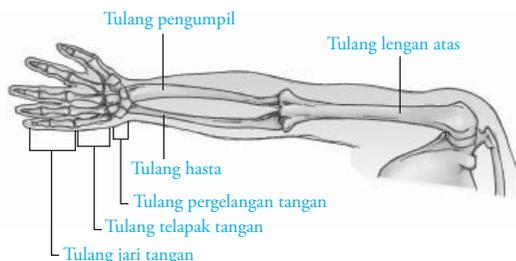
Tulang anggota gerak atas manusia terdiri atas tulang bahu (*pectoralis*), tulang lengan atas (*humerus*), dan tulang lengan bawah.

Tulang bahu ada pada bagian kanan dan kiri tubuh. Tulangnya tersusun atas tulang selangka (*clavicula*) dan tulang belikat (*scapula*). Simak Gambar 4.5. Tulang lengan atas hanya memiliki satu buah tulang. Sementara, tulang lengan bawah terdiri atas dua jenis tulang yaitu tulang hasta (*ulna*) dan tulang pengumpil (*radius*). Kedua tulang ini akan

berhubungan dengan delapan tulang pergelangan tangan (*carpal*), lima tulang telapak tangan (*metacarpal*) dan empat belas tulang jari tangan (*falanges*). Perhatikan Gambar 4.6.



Gambar 4.5 Tulang bahu

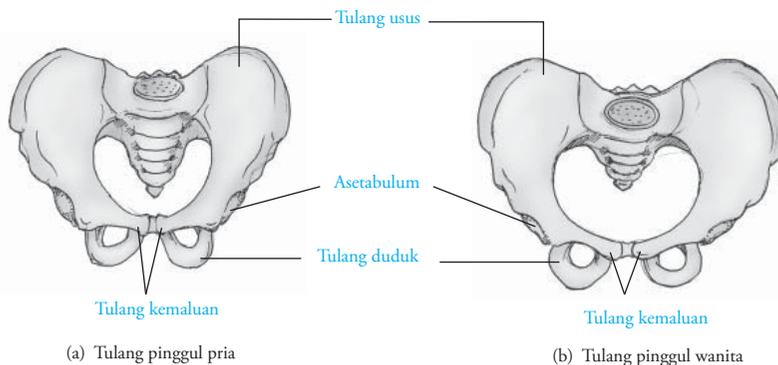


Gambar 4.6 Tulang anggota gerak atas

b) *Tulang Anggota Gerak Bawah*

Pada manusia, tulang anggota gerak bawah meliputi tulang pinggul yang terdiri atas tulang duduk (*isgium*), tulang usus (*ilium*), dan tulang kemaluan (*pubis*). Penyusun tulang pinggul ini, masing-masing berada pada bagian kanan dan kiri tubuh.

Pada tulang pinggul terdapat lekukan sebagai tempat melekatnya tulang paha. Lekukan itu dinamakan **asetabulum**. Perhatikan Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Tulang pinggul pria dan tulang pinggul wanita

Agar kalian lebih paham, coba lakukan rubrik *Diskusi* berikut.

Diskusi

Bersama teman sebangku, amati gambar 4.8. Kemudian telitilah, adakah perbedaan struktur antara tulang pinggul yang dimiliki lelaki dengan tulang pinggul yang dimiliki wanita? Presentasikan hasil yang diperoleh di depan Bapak/Ibu Guru dan teman kalian. Setelah itu, kumpulkan hasilnya kepada guru.

Dengan adanya asetabulum, tulang paha atau tulang anggota gerak bawah dapat melekat pada tulang pinggul. Tulang paha akan tersambung dengan dua jenis tulang yakni tulang betis (fibula) dan tulang kering (tibia). Persambungan antar tulang ini dilakukan oleh suatu tulang yang disebut tulang tempurung lutut (patela). Kemudian, tulang betis dan tulang kering berhubungan dengan tujuh tulang pergelangan kaki (tarsal), lima tulang telapak kaki (metatarsal), dan empat belas tulang jari-jari kaki (falanges).

b. Tulang Penyusun Rangka

Setelah kalian memahami uraian tentang rangka, kemungkinan kalian bisa menghitung jumlah tulang penyusun rangka tersebut. Dari kepala sampai jari kaki, orang dewasa mempunyai 206 tulang. Namun, rangka bayi justru memiliki jumlah lebih dari 340 tulang. Penyebabnya adalah saat tubuh bagi tumbuh, beberapa tulang yang terpisah menyatu membentuk satu tulang.

Tulang-tulang tersebut merupakan jaringan ikat yang tersusun dari matriks tulang. Matriks ini mengandung garam-garam organik yang mengalami mineralisasi.

Menurut para ahli, komponen tulang terdiri atas air sebanyak 25%, zat organik berupa serabut sebanyak 30%, dan 45% meliputi zat mineral kalsium fosfat dan garam magnesium. Saat terjadi infeksi atau cedera, tulang akan segera mengalami pemulihan. Ini terjadi karena tulang memiliki daya regenerasi (pemulihan diri) yang sangat besar.

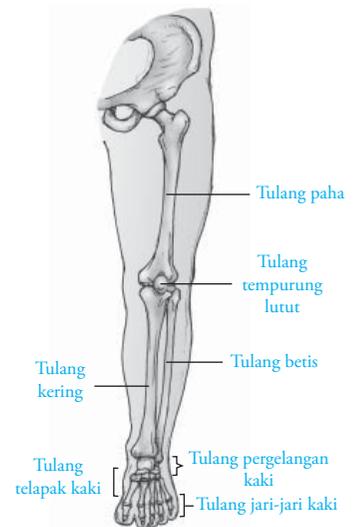
1) Bentuk Tulang

Berdasarkan bentuknya, tulang dibedakan menjadi empat jenis meliputi tulang pipa, tulang pipih, tulang pendek, dan tulang tak beraturan. Penjelasan berbagai bentuk tulang tersebut dapat kalian simak pada uraian berikut.

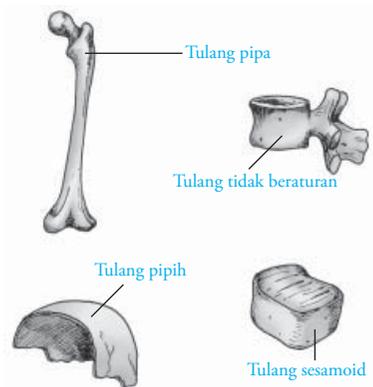
a) Tulang Pipa (Tulang Panjang)

Disebut tulang pipa karena tulang tersebut berbentuk seperti pipa dengan kedua ujungnya yang bulat. Ujung tulangnya yang berbentuk bulat dan tersusun atas tulang rawan disebut **epifise**. Sedangkan bagian tengah tulang pipa yang berbentuk silindris dan berongga disebut **diafise**. Di antara epifise dan diafise terdapat bagian yang disebut **metafise**. Metafise tersusun atas tulang rawan. Bagian metafise ini terdapat **cakra epifise**, yang memiliki kemampuan memanjang.

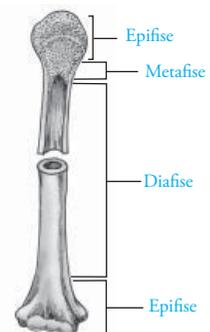
Di dalam rongga tulang pipa, terdapat bagian yang disebut sumsum tulang. **Sumsum tulang** tersusun dari pembuluh darah dan pembuluh saraf. Tulang pipa memiliki dua sumsum tulang yakni sumsum tulang merah dan kuning. Tempat sel-sel darah dibentuk berada di dalam **sumsum tulang merah**. Adapun tempat pembentukan sel-sel lemak terdapat pada **sumsum tulang kuning**. Saat kita masih bayi,



Gambar 4.8 Tulang anggota gerak bawah kanan

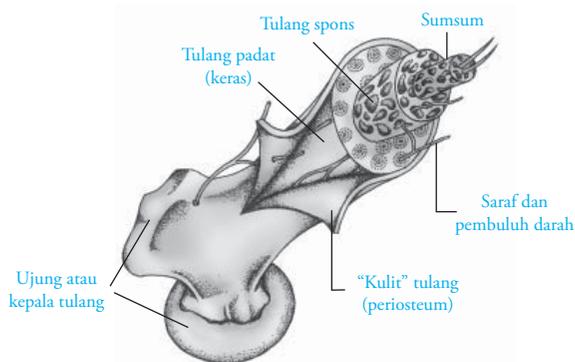


Gambar 4.9 Tulang berdasarkan bentuknya



Gambar 4.10 Tulang pipa

hampir seluruh tulang mengandung sumsum merah. Namun, saat mulai tumbuh, beberapa di antaranya berubah menjadi sumsum tulang kuning.



Gambar 4.11 Struktur tulang pipa

Selain sumsum, pada tulang pipa juga terdapat bagian lainnya, misalnya bagian luar yang keras disebut **cangkang**. Kemudian tulang pipa juga memiliki lapisan **periosteum** yang menyelimuti seluruh tulang. Bagian tubuh yang memiliki tulang pipa meliputi tulang paha, tulang hasta, tulang lengan atas, tulang pengumpil, tulang betis, dan tulang kering.

b) *Tulang Pendek*

Tulang pendek memiliki bentuk mirip kubus, pendek tak beraturan, atau bulat. Adanya tulang ini dimungkinkan guncangan yang keras dapat diredam dan gerakan tulang yang bebas dapat dilakukan. Sebagai contoh, tulang telapak kaki dan telapak tangan.

c) *Tulang Pipih*

Tulang pipih bentuk gepeng dan berupa lempengan-lempengan lebar. Tulang pipih ini tersusun atas dua lapisan tulang kompak yaitu lamina eksterna dan interna ossis karnii. Di antara dua lapisan ini terdapat lapisan spongiosa yang dinamakan **diploe**. Peran tulang pipih adalah melindungi struktur tubuh yang berada di bawahnya. Contoh tulang pipih adalah tulang tengkorak, tulang rusuk, dan tulang belikat.

d) *Tulang Tak Beraturan*

Dari namanya saja kita tentu tahu, bila tulang ini memiliki bentuk tidak beraturan. Contohnya dapat kita temukan pada tulang rahang dan ruas tulang belakang.

2) **Jenis Tulang**

Menurut zat penyusunnya, tulang dapat dibedakan menjadi tulang rawan (kartilago) dan tulang keras (osteon). Secara fisik, kedua tulang ini memiliki ciri yang berbeda. Tulang rawan bersifat lentur dan warnanya terang, sementara tulang keras atau tulang sejati tidak lentur dan warnanya lebih keruh.

a) *Tulang Rawan (Kartilago)*

Tanpa tulang rawan, tentu tubuh kita akan terasa sakit bila melakukan kegiatan-kegiatan tertentu. Saat kita sedang tidur miring misalnya, bila tulang telinga kaku, kemungkinan besar bisa patah dan kenyamanan saat tidur tidak bisa kita rasakan.

Selain pada telinga, tulang rawan juga terdapat pada daerah antartulang belakang dan ujung hidung. Tulang rawan ini merupakan kumpulan jaringan tulang rawan yang disusun oleh sel-sel tulang. Sel tulang yang dimaksud yakni **kondrosit**. Kondrosit dibentuk oleh sel-sel tulang rawan yang masih muda dan disebut dengan **kondroblas**. Kemudian, tulang tersebut dibungkus oleh sebuah lapisan yang dinamakan **perikondrium**.

Sel kondrosit penyusun tulang rawan berbentuk bulat besar dengan inti satu buah atau dua buah. Sel kondrosit ini berada dalam ruang-ruang yang disebut **lakuna**. Di dalam satu lakuna biasanya terdapat dua sel kondrosit.

Khusus pada anak, tulang rawan mengandung banyak sel tulang yang berasal dari mesenkim. Sedangkan pada orang dewasa, tulang rawan berasal dari perikondrium.

Tulang rawan memiliki beberapa jenis tulang, meliputi tulang rawan hialin, tulang rawan serat (fibrosa), dan tulang rawan elastis. Tulang rawan hialin berwarna putih kebiruan dan bening. Tulang hialin dapat ditemukan pada semua rangka janin sebelum menjadi tulang keras, tulang rawan iga, dan saluran pernafasan.

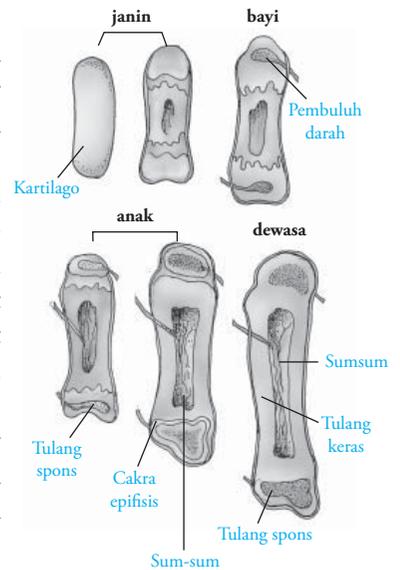
Adapun tulang rawan fibrosa, merupakan jenis tulang rawan yang berwarna buram keputihan dan strukturnya keras. Kita dapat menjumpai jenis tulang ini pada ruas-ruas tulang belakang. Sementara itu, tulang rawan elastin memiliki warna buram kekuningan dan strukturnya elastis. Tulang rawan elastin ini bisa kita temukan pada telinga luar, dan epiglottis.

b) *Tulang Sejati (Tulang Keras atau Osteon)*

Tidak seperti tulang rawan, tulang sejati (selanjutnya disebut tulang saja) memiliki sifat lebih keras, kuat, dan kaku, walaupun mampu sedikit tertekuk bila ada tekanan. Ini terjadi, sebab strukturnya tersusun dari jaringan tulang yang mengandung sel tulang (osteosit) dan matriks.

Osteosit dibentuk oleh **osteoblas** (sel pembentuk tulang). Selain osteoblas, pada jaringan tulang terdapat **osteoklas** yaitu sel-sel tulang yang berukuran besar dan intinya banyak. Fungsi osteoklas adalah memindahkan matriks dari tulang lama, dan selanjutnya menyediakan ruang untuk tulang baru.

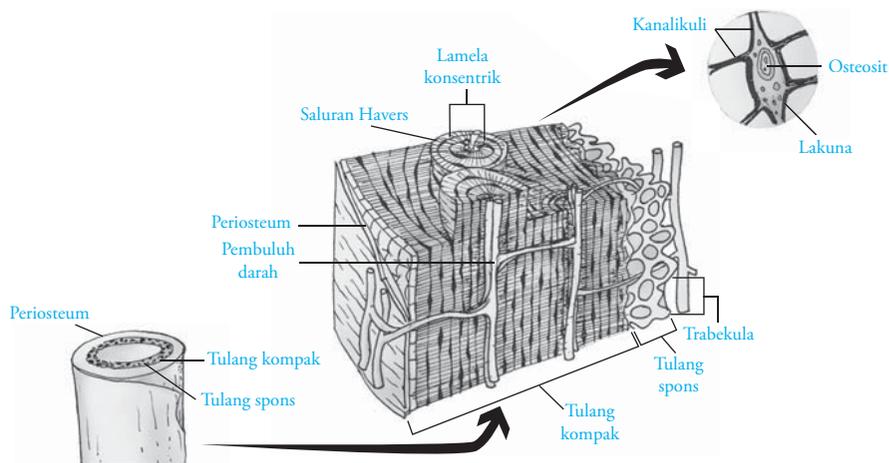
Matriks yang menyusun tulang tersusun atas beberapa zat, seperti semen, kolagen dan mineral. Semen merupakan zat penyusun tulang yang mengandung karbohidrat. Sementara serabut kolagen merupakan zat yang menjadikan tulang tidak mudah



Gambar 4.12 Perbedaan tulang rawan pada anak dan pada orang dewasa

rapuh. Adapun kerasnya tulang karena berisi mineral keras seperti kalsium fosfat ($\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$) dan kalsium karbonat (CaCO_3).

Apabila matriks tulang tersusun padat dan rapat, maka terbentuklah tulang kompak. Namun, apabila susunan matriks membentuk rongga, maka terbentuklah tulang spons. Karena itu, tulang keras dibedakan menjadi dua, yaitu tulang kompak dan tulang spons (tulang berongga). Perhatikan Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Tulang spons dan tulang kompak

Saat masih anak-anak, tulang yang kita miliki banyak mengandung zat perekat. Sedangkan beranjak dewasa, tulang tersebut memiliki kandungan zat kapur yang sangat tinggi. Sehingga sangat wajar bila patah tulang yang dialami anak-anak lebih cepat pulih dibandingkan patang tulang yang dialami orang dewasa.

Nah, untuk memantapkan pemahaman kalian tentang tulang, coba ikuti rubrik *Telisik* berikut.

Telisik

Perhatikan gambar rangka tubuh manusia di samping.

Kalian telah menyimak penjelasan tentang ciri-ciri tulang rawan dan tulang keras. Sekarang, identifikasikan letak kedua jenis tulang tersebut dalam susunan rangka tubuh manusia. Salin dan lengkapi tabel perbandingan tulang keras dan tulang rawan berikut secara kelompok.

Tabel Perbandingan Tulang Keras dan Tulang Rawan

	Tulang keras	Tulang rawan		
		Hialin	Fibrosa	Elastis
Ciri-ciri
Contoh



Kumpulkan hasil yang kalian peroleh sebagai portofolio.

c. Proses Pembentukan Tulang (Osifikasi)

Rangka terbentuk mengikuti suatu proses yang dinamakan **osifikasi**. Saat kalian masih berbentuk janin dalam perut ibu, rangka kalian sudah mulai terbentuk. Tepatnya pada akhir bulan kedua atau usia janin berumur delapan minggu. Pertumbuhan tulang ini akan terus berlangsung hingga kalian berusia 25 tahun.

Proses osifikasi pada masa embrio berawal dari tulang rawan (kartilago). Pada masa embrio, tulang rawan mengandung banyak osteoblas, terutama pada bagian tengah epifisis dan diafisis serta pada jaringan ikat pembungkus tulang rawan (perikondrium). Dengan masuknya pembuluh darah ke dalam perikondrium, akan merangsang perikondrium untuk berkembang menjadi osteoblas.

Pembentukan osteosit (sel tulang) oleh osteoblas ini berlangsung dari bagian dalam tulang hingga luar tulang atau bisa dikatakan secara konsentris. Tiap-tiap osteosit akan tersusun melingkar di dalam tulang sehingga membentuk **sistem Havers**. Di tengah sistem Havers terdapat **saluran Havers** yang mengandung banyak pembuluh darah dan saraf. Osteosit yang terbentuk, akan menyekresikan protein sehingga membentuk matriks tulang. Dengan penambahan kalsium dan fosfat, matriks tulang yang terbentuk akan membuat tulang lebih keras. Sementara pada bagian cakra epifise, matriks tulangnya tidak mengalami pengerasan. Bagian ini akan tetap berupa tulang rawan yang mengandung banyak osteoblas.

Pada tulang pipa terdapat osteoklas yang mengerosi tulang sehingga tulang menjadi berongga. Rongga ini akan terisi pembuluh darah dan saraf sehingga membentuk sumsum tulang.

Ternyata, tidak semua rangka terbentuk dari tulang. Ada beberapa tulang yang tetap menjadi tulang rawan (kartilago) misalnya tulang rawan pada telinga.

Supaya pemahaman kalian lebih matang, lakukan percobaan bersama kelompok kalian.

Galeri

Osteoporosis

Osteoporosis, lazim dikenal dengan pengeroposan tulang. Menurut penelitian Lindawati, diperkirakan pada tahun 2020 sebesar 24% wanita pasca menopause mengalami osteoporosis, ini berkaitan dengan kondisi hormonal rendah. Hormon esterogen, rendahnya asupan kalsium, kurangnya olah raga, malasnya kegiatan fisik sehingga kurang memperoleh sinar matahari menjadi penyebab osteoporosis.

Kwan, Lam, *Biology*, 2000, hlm. 55

Percobaan

Mengamati Struktur Tulang

A. Dasar Teori

Tulang memiliki struktur yang cukup unik. Berdasarkan strukturnya, tulang berisi benang yang terbuat dari zat yang kuat dan sedikit bercabang yang disebut kolagen. Tulang juga memiliki mineral keras seperti kalsium dan fosfat. Kolagen dan mineral menjadikan tulang kaku dan kuat. Tulang juga memiliki pembuluh darah yang mengangkut makanan dan saraf untuk merasakan tekanan dan saraf. Selain itu, tulang berisi zat yang menyerupai jeli dan biasa dikenal dengan sumsum. Pada bagian luar tulang terdapat lapisan yang menjadi kulit tulang yaitu periosteum.

Menurut zat penyusunnya, tulang terbagi dalam dua kelompok, yakni tulang rawan (kartilago) dan tulang sejati (osteon). Tulang rawan bersifat lebih lentur dan warnanya terang. Sedangkan tulang keras atau tulang sejati bersifat tidak lentur dan warnanya lebih keruh.

B. Tujuan

Mampu memahami struktur tulang keras dan tulang rawan

C. Alat dan Bahan

1. 1 buah gelas beker 500 cc
2. Sarung tangan
3. 1 buah penjepit
4. 1 buah cawan kaca
5. Pisau atau gergaji kecil
6. Tulang paha ayam/tulang hewan lain
7. Larutan asam kuat (misal HCl 10% 400 ml)

D. Langkah Percobaan

1. Gunakan terlebih dahulu sarung tangan supaya tidak kotor.
2. Bersihkan tulang dari daging yang masih melekat.
3. Kemudian, amati beberapa sifat yang dimiliki tulang tersebut semisal kekerasan, kelenturan dan warna.
4. Setelah itu, tulis hasilnya pada tabel seperti tertera pada nomer terakhir langkah percobaan ini.
5. Selanjutnya, potonglah tulang tersebut dengan pisau atau gergaji kecil. Amati bagian dalam tulang tersebut.
6. Masukkan tulang tersebut ke dalam larutan HCl yang telah disediakan selama satu setengah jam.
7. Berikutnya, ambil tulang pada gelas beker dengan penjepit tulang dan taruhlah pada cawan kaca.
8. Amati sifat tulang tersebut mulai dari sifat kekerasannya, kelenturannya dan warnanya serta bagian dalamnya.
9. Masukkan hasil pengamatan dalam tabel.

Tabel Pengamatan Sifat Tulang

No	Sasaran pengamatan	Sebelum direndam HCl	Setelah direndam HCl
1.	Kekerasan	...	...
2.	Kelenturan	...	...
3.	Warna	...	...
4.	Bagian dalam	...	...

Perhatian: Hati-hati saat menggunakan pisau, jangan sampai melukai jari kalian. Setelah menyelesaikan percobaan, bersihkan semua bahan yang tersisa dan peralatan yang kotor sehingga tidak mengandung bau tidak sedap.

E. Pembahasan

1. Bagaimanakah struktur dan sifat tulang sebelum dimasukkan ke dalam larutan HCl?
2. Bagaimanakah struktur dan sifat tulang sesudah dimasukkan ke dalam larutan HCl?
3. Adakah perbedaan struktur dan sifat antara tulang sebelum dimasukkan HCl dengan setelahnya? Jelaskan.
4. Berdasarkan pengamatan kalian, apakah yang membedakan tulang keras dengan tulang rawan?
5. Apakah tulang yang direndam HCl berubah menjadi tulang rawan? Jelaskan alasan kalian.
6. Presentasikan hasil yang kalian peroleh di depan teman dan guru. Selanjutnya, kumpulkan kepada guru.

d. Hubungan Antartulang

Rangka kita tersusun atas banyak tulang. Tulang satu dengan yang lainnya saling berhubungan. Hubungan antartulang ada yang dapat digerakkan dan ada pula yang tidak dapat digerakkan. Hubungan antartulang ini disebut **persendian (artikulasi)**.

Tanpa persendian, bagian tubuh kalian kemungkinan besar tidak bisa digerakkan, kecuali lidah dan alis saja. Tidak salah bila tubuh kita memiliki lebih dari 150 persendian. Persendian terbesar terdapat pada pinggul dan lutut, sedangkan yang terkecil berada pada jari tangan, jari kaki, dan di antara tulang yang sangat kecil di dalam telinga.

Pada sebuah persendian, tulang-tulang akan saling bertemu. Masing-masing ujungnya dilapisi dengan bagian yang halus, berkilau, licin, dan sedikit lentur. Bagian yang dimaksud adalah tulang rawan. Pada ujungnya terlumuri dengan cairan kental yang disebut **cairan sinovial**. Fungsi cairan ini seperti oli mobil yang dapat melancarkan gerak, mengurangi gesekan, dan kerusakan antara tulang rawan.

Pada suatu persendian, tulang disatukan oleh bagian yang menyerupai kantung, yang disebut **ligamen** dengan fungsi seperti tali pengikat yang lentur dan kuat, serta berbentuk kapsul. Ligamen bisa membuat tulang bergerak, namun menahannya sehingga tidak terpisah atau bergerak terlalu jauh. Untuk mengetahui bagian-bagian sebuah persendian, simaklah Gambar 4.14.

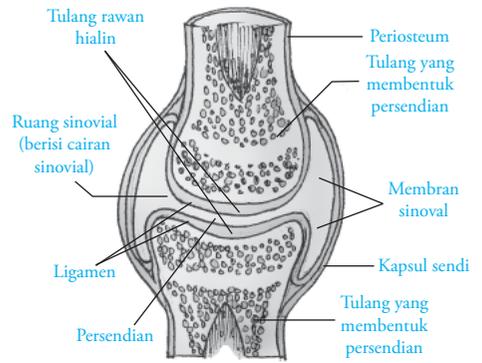
Dalam beberapa persendian, ada tulang rawan yang menutupi ujung-ujung tulang dan terdapat pula bantalan tulang rawan di antara tulang tersebut. Bantalan ini dinamakan **cakram artikular**. Kemudian, ada satu cakram di setiap persendian pada tulang punggung, dan antara tulang punggung, yang disebut **vertebra**. Dua tulang rawan tambahan ini disebut **meniskus**. Adanya meniskus membantu lutut terkunci, sehingga kalian dapat berdiri tanpa kesusahan.

Berdasarkan besar kecilnya gerakan yang terjadi, tipe persendian dibedakan menjadi tiga macam, yakni sinartrosis, amfiartrosis, dan diartrosis.

1) Sinartrosis

Adanya tipe persendian sinartrosis memungkinkan tulang tidak mengalami gerakan. Ini terjadi karena, kedua ujung tulang dihubungkan oleh jaringan ikat. Persendian ini dibedakan menjadi dua yaitu sinartrosis sinkondrosis dan sinartrosis sinfibrosis. **Sinartrosis sinkondrosis** merupakan sinartrosis yang tulangnya dihubungkan oleh tulang rawan (kartilago). Sebagai contoh, hubungan antara ruas-ruas tulang belakang, kemudian juga hubungan antara tulang rusuk dengan tulang dada.

Sementara pada **sinartrosis sinfibrosis**, antara tulang satu dengan tulang lainnya dihubungkan oleh jaringan ikat serabut (fibrosa). Misalnya, hubungan antara sendi tulang tengkorak. Hubungan antar-tulang tengkorak ini disebut **sutura**. Perhatikan Gambar 4.15.

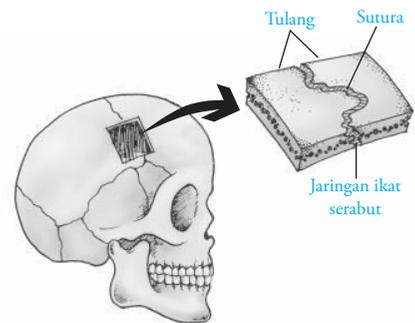


Gambar 4.14 Persendian pada tulang dan bagian-bagiannya

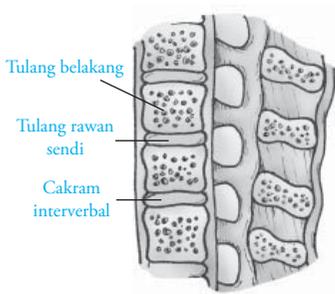
Galeri

Mengapa sendi kita dapat bergerak tanpa menimbulkan suara? Jawabannya, karena pada selaput sendi atau membran sinovial terdapat minyak sendi yang selalu melumasi persendian kita.

Parker, *Tubuh Kita*, 2005, hlm. 15



Gambar 4.15 Sinartrosis sinfibrosis pada tulang tengkorak



Gambar 4.16 Amfiartrosis pada ruas-ruas tulang belakang

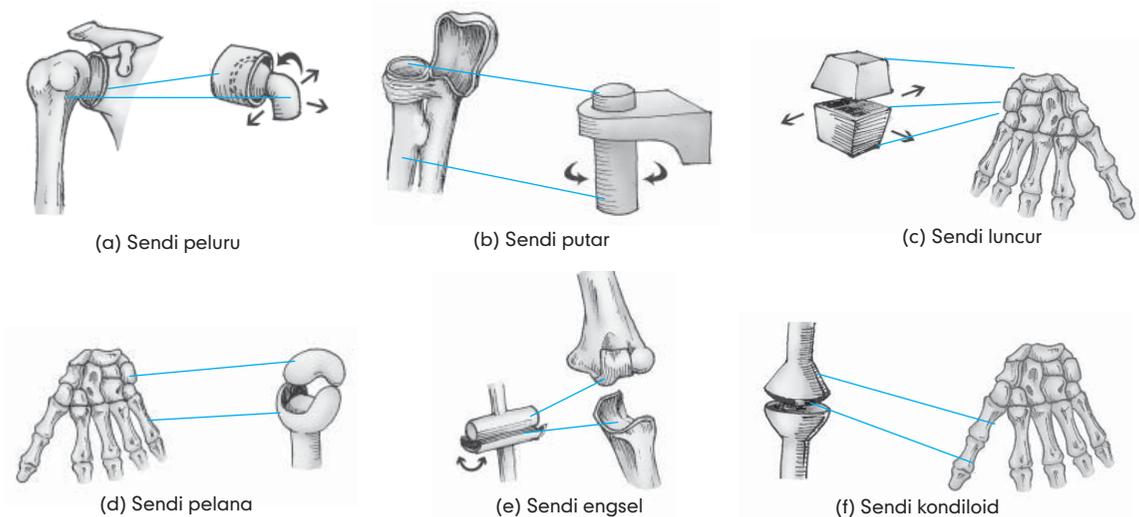
2) Amfiartrosis

Amfiartrosis merupakan bentuk persendian yang dihubungkan oleh jaringan kartilago (tulang rawan), sehingga ada kemungkinan terjadi sedikit gerakan. Contohnya, hubungan antara ruas-ruas tulang belakang dengan tulang rusuk, dan juga hubungan antarruas tulang belakang.

3) Diartrosis

Diartrosis merupakan persendian yang memungkinkan terjadinya gerakan yang sangat bebas. Sebab, hubungan antara tulangnya tidak dihubungkan oleh jaringan. Diartrosis lazim disebut **persendian** yang seringkali kita dengar. Oleh karena itu, di dalamnya terdapat ligamen, kapsul, cairan sinovial, membran sinovial, dan tulang rawan seperti tersebut sebelumnya.

Sementara itu, sesuai arah pergerakan, persendian dikelompokkan menjadi beberapa sendi, meliputi sendi peluru, sendi putar, sendi luncur, sendi pelana, sendi engsel, dan sendi kondiloid. Perhatikan Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Jenis-jenis persendian diartrosis

a) Sendi Peluru

Sendi peluru adalah persendian yang memungkinkan gerakannya bisa ke segala arah. Contohnya, hubungan antara lengan atas dengan tulang belikat, dan juga tulang paha dengan tulang pinggul.

b) Sendi Putar

Dinamakan sendi putar karena persendian yang dimiliki memungkinkan gerak putar atau rotasi dengan satu poros. Sebagai contoh, hubungan antara tulang atlas dengan tulang tengkorak, dan hubungan antara lengan atas dengan lengan bawah.

Kilas

Pada bahasan jaringan otot, disebutkan bahwa jaringan otot rangka bila berkontraksi akan memberikan gerakan pada anggota tubuh.

- c) *Sendi Luncur/Sendi Geser*
Sendi ini terjadi sebab kedua ujung tulang agak rata, sehingga gerakan yang terjadi seperti menggeser. Contoh sendi luncur yaitu sendi pergelangan tangan, pergelangan kaki, hubungan antara tulang belikat dengan tulang selangka.
- d) *Sendi Pelana*
Disebut sendi pelana sebab kedua ujung tulangnya membentuk sendi berbentuk pelana dan berporos dua. Akibatnya, sendi ini dapat bergerak lebih bebas seperti orang naik kuda. Misalnya saja, sendi antara tulang telapak tangan dengan jari tangan, dan sendi antara telapak kaki dengan jari kaki.
- e) *Sendi Engsel*
Seperti engsel jendela atau pintu, sendi engsel dapat bergerak satu arah. Contoh persendian ini terdapat pada siku, lutut, dan ruas antara jari.
- f) *Sendi Kondiloid*
Sendi kondiloid dinamakan juga **sendi ovoid**. Dua tulang yang membentuk sendi ini memiliki permukaan berbentuk oval. Gerakan yang ditimbulkan antara lain bisa ke kanan, ke kiri, ataupun maju-mundur. Misalnya saja persendian pada pergelangan tangan dengan tulang pengumpil.

Nah, untuk memantapkan pemahaman kalian tentang persendian, coba lakukan *Telisik* berikut.

Telisik

Coba gunakan persendian berikut secara hati-hati, dan amati seberapa banyak pergerakan yang dibuatnya. Bisakah kalian menebak jenis persendian yang digunakan pada masing-masing persendian ini?

- Persendian ujung jari (buku jari yang kecil)
- Siku
- Pinggul
- Bahu
- Lutut

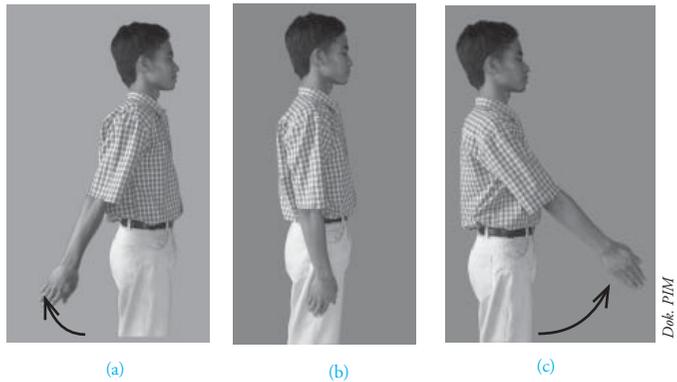
Lakukanlah tugas berikut secara mandiri dan kumpulkan hasilnya kepada Bapak/Ibu Guru sebagai tugas portofolio.

e. Macam-Macam Gerak Karena Adanya Persendian

Ingatkah kalian bahwa otot merupakan alat gerak aktif? Otot dapat menggerakkan tulang bukan? Otot yang dapat menggerakkan tulang adalah otot rangka. Otot rangka melekat pada rangka atau tulang. Tentunya, gerakan-gerakan tubuh ini juga didukung adanya persendian dalam tubuh. Beberapa tipe gerak otot karena peranan otot, rangka dan persendian meliputi: fleksi dan ekstensi, abduksi dan adduksi, elevasi dan depresi, supinasi dan pronasi, inversi dan eversi. Simak uraian berikut.

1) Fleksi dan Ekstensi

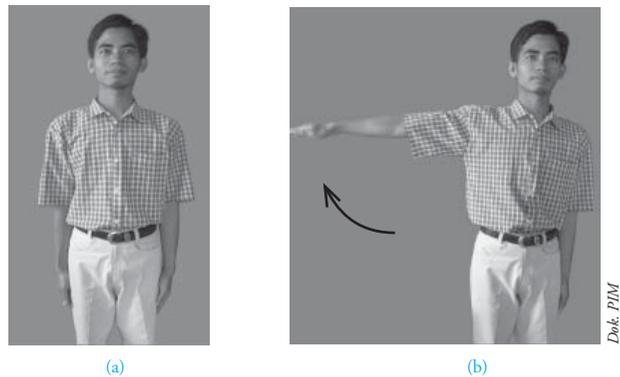
Fleksi adalah gerak anggota tubuh yang menekuk atau membengkok. Sebaliknya, **ekstensi** adalah gerak meluruskan anggota tubuh. Contoh gerak ini terjadi pada siku, lutut, dan ruas-ruas jari. Gerak ekstensi yang melebihi anatomi tubuh disebut **hiperekstensi**.



Gambar 4.18 (a) hiperekstensi, (b) ekstensi dan, (c) fleksi

2) Adduksi dan Abduksi

Adduksi adalah gerak mendekati tubuh. **Abduksi** merupakan lawan dari adduksi yaitu menjauhi tubuh. Otot yang berperan adalah otot abduktor dan adduktor.



Gambar 4.19 (a) adduksi dan (b) abduksi pada gerak lengan

3) Elevasi dan Depresi

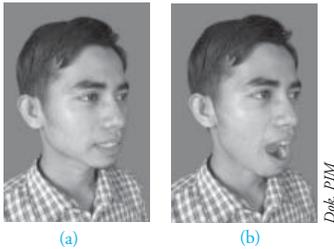
Elevasi merupakan gerakan mengangkat, sebaliknya **depresi** merupakan gerak menurunkan. Contohnya, gerak membuka dan menutup mulut. Otot yang berperan pada gerak ini adalah elevator dan depressor. Untuk lebih jelasnya, perhatikan Gambar 4.20.

4) Supinasi dan Pronasi

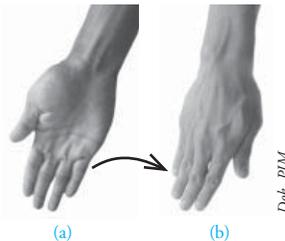
Supinasi adalah gerak menengadahkan atau membuka telapak tangan. Sebaliknya, **pronasi** merupakan gerak menelungkupkan atau membalik telapak tangan. Otot yang berperan pada gerak ini adalah supinator dan pronator. Cermati Gambar 4.21.

5) Inversi dan Eversi

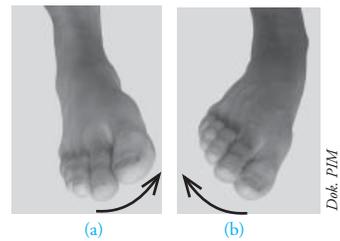
Inversi yaitu gerak memiringkan atau membuka telapak kaki ke arah dalam tubuh. Sedangkan **eversi** ialah gerak memiringkan atau membuka telapak kaki ke arah luar tubuh. Simak Gambar 4.22.



Gambar 4.20 (a) Elevasi dan (b) depresi



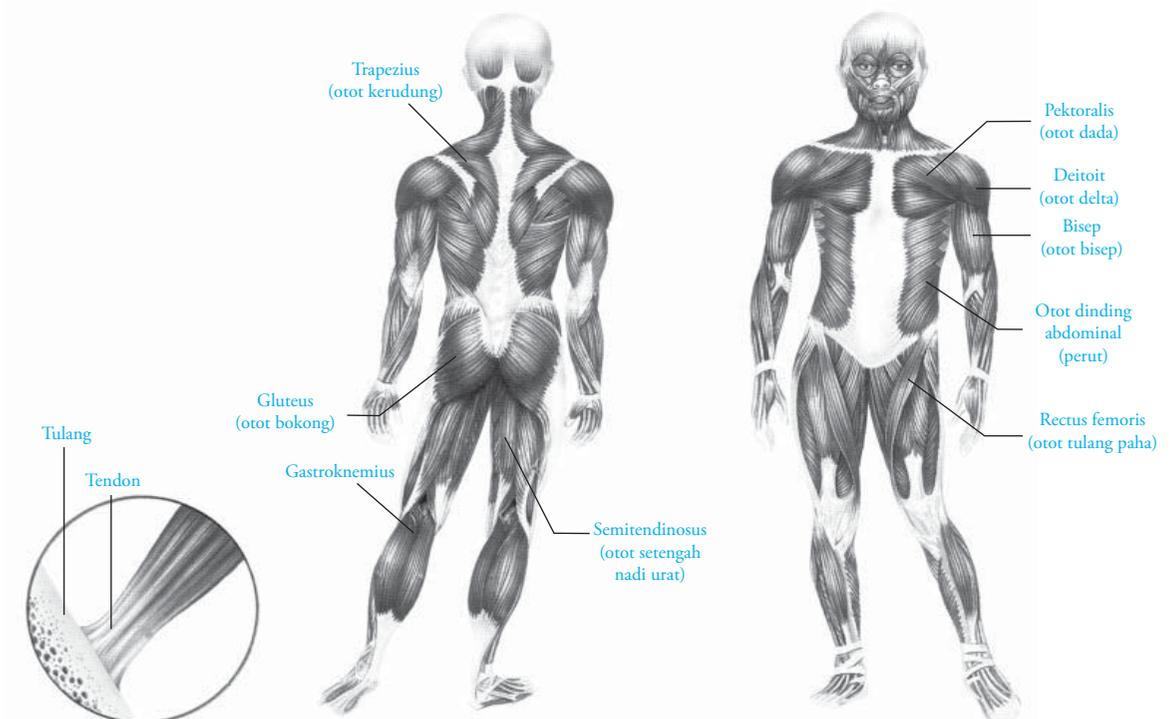
Gambar 4.21 (a) supinasi dan (b) pronasi



Gambar 4.22 Gerak (a) inversi dan (b) eversi

2. Otot

Tanpa otot, tubuh kita hanya seperti kerangka yang tersusun atas tulang saja. Oleh karena itu, hampir setengah berat tubuh kita berasal dari otot, dan ada lebih dari 640 otot menyusun tubuh kita. Beberapa otot penyusun tubuh manusia seperti diperlihatkan pada Gambar 4.23. Adanya kontraksi otot, membuat tulang tubuh kita bisa bergerak. Karena itulah, otot disebut dengan **alat gerak aktif**. Dalam kehidupan sehari-hari, seringkali kita mendengar istilah **daging**. Sebenarnya, yang dimaksud daging adalah **otot**.



Parker, 100 Pengetahuan Tentang Tubuh Manusia, 2004, hlm. 20

Gambar 4.23 Beberapa otot manusia

Untuk mengetahui otot pada tubuh kalian, coba ikuti rubrik *Diskusi* berikut bersama teman sebangku.

Diskusi

Dengan telapak tangan dan pergelangan tangan membuka ke atas, coba kalian biarkan lengan bagian kiri atas terbuka tidak tertutup baju. sambil mengepalkan jari-jari, tekuklah lengan kalian hingga membentuk sudut 30° . Apa yang dapat kalian lihat pada bagian atas lengan tersebut? Adakah bagian lengan atas kalian itu yang namanya otot? Kalau ada, apakah saat posisi tersebut ototnya terlihat lebih jelas dibandingkan saat lengan dalam keadaan tergantung bebas? Presentasikan hasil yang kalian peroleh di depan Bapak/Ibu Guru.

Pergerakan tubuh kita sangat ditentukan oleh sistem rangka tubuh dan otot. Otot sebagai alat gerak aktif memiliki tiga kemampuan, yaitu kontraksibilitas, ekstenibilitas, dan elastisitas. **Kontraksibilitas** adalah kemampuan memendek hingga memiliki ukuran yang lebih pendek dari ukuran awal. Ini terjadi pada saat otot sedang kontraksi. Kemampuan **ekstenibilitas** adalah kemampuan memanjangkan diri melebihi ukuran panjang awal. Sedangkan, **elastisitas** yaitu kemampuan otot untuk kembali pada ukuran semula.

Selain memiliki kemampuan tersebut, otot juga tersusun atas berbagai struktur, gerakan, dan berbagai tipe. Simak dan pahami uraian berikut.

a. Struktur Otot

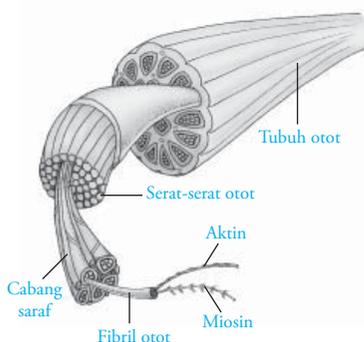
Otot tersusun atas beberapa lapisan. Tepat di bawah kulit kita terdapat otot yang disebut lapisan luar atau **superfisial**. Di bawahnya terdapat lapisan tengah, dan di bawahnya lagi terdapat lapisan bagian dalam.

Sebuah otot memiliki berkas-berkas serat yang panjang dan tipis (miofiber) dengan ketebalan seperti rambut manusia. Setiap serat mengandung bagian-bagian tertentu yang lebih tipis disebut **miofibril (fibril otot)**. Setiap fibril mempunyai bagian lebih sempit lagi, yang dinamakan **miofilamen**. Ada dua jenis filamen, yakni **aktin** yang tipis dan **miosin** yang tebal. Berbagai filamen ini saling bergeseran satu sama lain sehingga fibril memendek dan menyebabkan seluruh otot berkontraksi. Untuk mencermati struktur otot, lihat Gambar 4.24.

Pada bagian ujung-ujung otot terdapat simpul keras berwarna putih yang disebut **tendon**. Tendon seperti tali, yang menghubungkan antara tulang dan otot. Di dalam otot juga terdapat pembuluh darah dan saraf. Fungsi saraf yakni membawa pesan dari otak untuk mengendalikan otot.

b. Sifat Gerak Otot

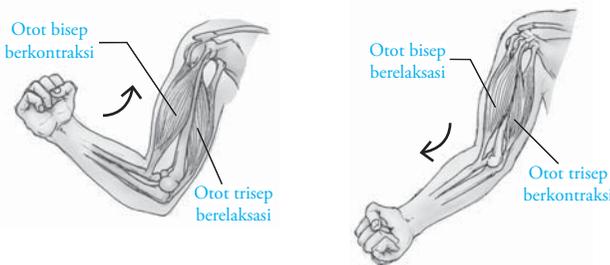
Sebuah otot mampu menarik atau berkontraksi dengan kuat, namun tidak dapat memanjang dan mendorong dengan kuat. Karena itu, otot bekerja secara berpasangan, yaitu pasangan berlawanan atau **gerak antagonis**. Satu otot menarik tulang menjauh, sementara pasangan otot lainnya menarik otot ke arah yang berlawanan. Pasangan



Gambar 4.24 Struktur otot

otot ini akan bekerja sama dengan berbagai pasangan otot yang lain sebagai kelompok besar otot atau sistem gerak pasif. Sebagai contoh, otot bicep dan otot trisep. Saat otot bicep berkontraksi memendek, maka otot trisep berelaksasi/memanjang (disebut juga gerak ekstensi). Sebaliknya, saat otot trisep berkontraksi, otot bicep berelaksasi. Dengan demikian, otot bicep dapat kita sebut sebagai **fleksor** dan otot trisep sebagai **ekstensor**. Cermati sifat gerak otot bicep dan trisep pada Gambar 4.25.

Selain bekerja secara berlawanan, otot dapat bekerja secara sinergis sehingga saling menunjang. Misalnya, otot-otot tulang rusuk yang bekerja sama saat kita melakukan pernapasan.



Gambar 4.25 Gerak berlawanan pada otot bicep dan trisep

c. Jenis-Jenis Otot

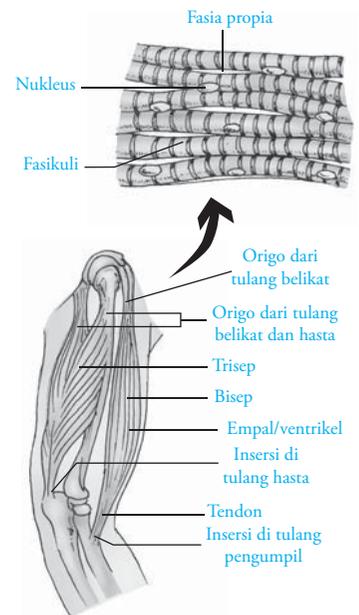
Saat kita memakan masakan rendang daging sapi yang lezat, maka seiris daging itulah yang dinamakan otot. Ingatkah kalian bahwa jaringan otot tersusun oleh sel-sel otot? Berdasarkan letaknya, otot manusia dibedakan menjadi tiga jenis yaitu otot rangka (otot lurik), otot polos, dan otot jantung. Simak uraiannya sebagai berikut.

1) Otot Rangka (Otot Lurik)

Menurut para ahli, otot rangka merupakan komponen utama penyusun tubuh kita. Otot ini melekat pada rangka (tulang). Oleh karena itu, dinamakan otot rangka. Adanya kemampuan otot untuk berkontraksi dan berelaksasi menjadikan rangka tubuh kita bergerak. Perhatikan Gambar 4.26.

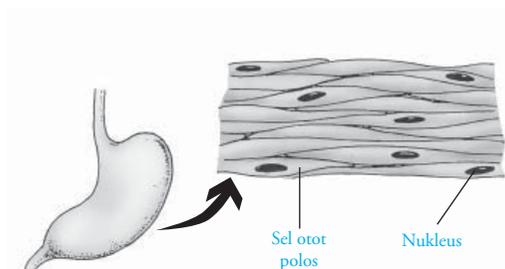
Otot rangka yang terdapat pada lengan atas memiliki jenis otot bicep dan otot trisep. Otot bicep memiliki dua buah tendon, satu melekat pada tulang pengumpil, dan satu lainnya melekat pada tulang belikat. Perlekatan ujung tendon otot bicep pada tulang belikat yakni tulang yang tak berubah posisinya pada saat otot berkontraksi, yang disebut **origo**. Adapun ujung tendon yang lainnya melekat pada tulang pengumpil yakni tulang yang berubah posisinya saat otot berkontraksi yang disebut **insersio**.

Gerakan kita sehari-hari seperti menulis, makan, menekuk jari, menekuk tangan, berjalan adalah contoh gerakan otot rangka. Gerakan ini semua diatur oleh pusat saraf (otak) dan terjadi menurut kehendak kita atau sadar. Karena itu, otot yang melakukannya disebut **otot sadar**.



Gambar 4.26 Perlekatan otot rangka dan bagian-bagian otot rangka

2) Otot Polos

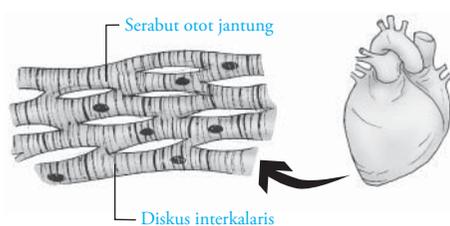


Gambar 4.27 Otot polos pada saluran pencernaan

Otot polos tersusun atas jaringan yang berasal dari kumpulan sel-sel otot polos. Sel otot polos berbentuk gelendong, intinya satu di tengah, dan tidak memiliki garis-garis gelap terang seperti otot lurik. Cermati Gambar 4.27. Gerak otot polos tidak disadari atau tidak menurut kehendak kita sehingga disebut **otot tidak sadar/otot tak sadar**.

Otot polos terdapat pada dinding alat-alat dalam, seperti pada saluran pernafasan, saluran pencernaan, saluran reproduksi, pembuluh darah dan getah bening, dan juga saluran air seni.

3) Otot Jantung



Gambar 4.28 Otot jantung pada dinding jantung

Pada otot jantung dinamakan juga **miokardium**. Sesuai namanya, otot ini hanya terdapat jantung, tepatnya dinding jantung. Sel-sel otot jantung memiliki satu inti sel dan mirip otot rangka. Satu sel otot jantung membentuk anyaman yang disebut **sinsitium**.

Pada setiap percabangan terdapat jaringan ikat yang disebut **diskus interkalaris**. Simak Gambar 4.28. Gerak otot jantung tidak menurut kehendak kita atau tidak kita sadari, namun dikendalikan oleh saraf otonom, sehingga disebut **gerak tak sadar**.

Untuk mengetahui perbedaan otot lurik, otot polos, dan otot rangka, kalian dapat menunjukkannya dengan menyelesaikan *Telisik* berikut.

Telisik

Pada bab sebelumnya, kalian telah mempelajari jaringan hewan vertebrata seperti jaringan otot rangka, otot polos, dan otot jantung berikut ciri-cirinya. Oleh karena jenis otot yang dimiliki vertebrata juga sama seperti otot manusia, coba kalian cari perbedaan ciri masing-masing otot tersebut. Kalian bisa membuatnya dalam bentuk tabel. Kemudian, kumpulkan hasilnya kepada Bapak/Ibu Guru kalian.

Kilas

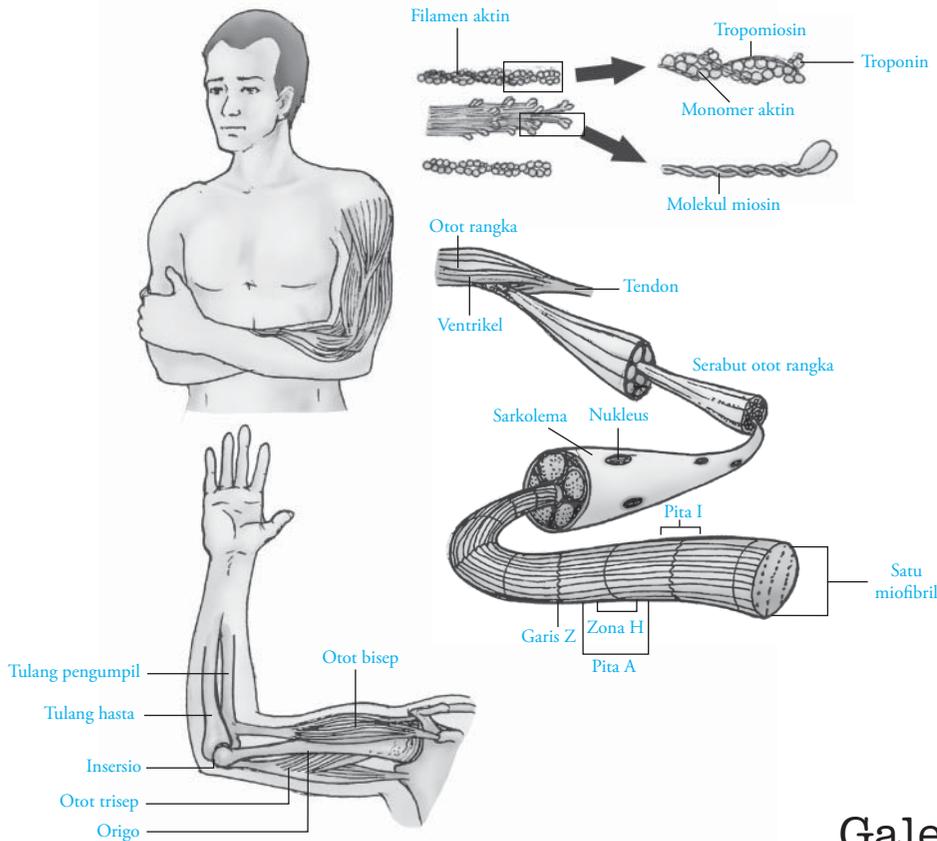
Sel-sel otot rangka berkelompok membentuk berkas. Berkas-berkas ini kemudian bergabung membentuk otot atau daging.

d. Mekanisme Gerak Otot

Menurut para ahli, mekanisme gerak otot polos dan otot jantung sama dengan mekanisme otot rangka. Sel otot rangka mengandung filamen halus yang tipis dan filamen kasar yang tebal. Filamen adalah suatu protein otot. Filamen halus terdiri atas dua aktin dan satu protein regulator (pengatur) yaitu berupa tropomiosin dan troponin kompleks. Protein regulator ini melilit aktin. Sementara, filamen kasar berupa miosin. Adanya filamen halus dan kasar, menyebabkan otot rangka terlihat gelap dan terang.

Unit gelap terang pada otot rangka disebut **sarkomer**. Sarkomer yang satu dengan sarkomer yang lain dibatasi oleh garis Z (lihat Gambar 4.29). Garis Z melekat pada filamen halus/terang, sedangkan filamen kasar berada di bagian tengah sarkomer. Pada pita A, sebagian filamen

kasar dan filamen halus saling tumpang tindih. Zona H adalah bagian dari pita A yang hanya mengandung pita kasar (miosin). Pita I berada pada ujung sarkomer dan dekat dengan garis Z. Pita I hanya terdiri atau filamen halus (aktin) saja. Agar kalian bisa memahaminya, coba kalian perhatikan kembali struktur otot rangka pada Gambar 4.29 berikut.



Gambar 4.29 Mekanisme gerak otot pada lengan manusia

Saat otot berkontraksi, sarkomer lebih pendek (mereduksi), sehingga jarak garis Z yang satu ke garis Z yang lain makin berdekatan. Kontraksi otot ini tidak membuat panjang pita A berubah, namun justru pita I yang menjadi pendek dan zona H menjadi hilang. Filamen aktin dan miosin tidak mengalami perubahan panjang, namun bergabung membentuk **aktomiosin**. Kejadian ini dinamakan **teori pergeseran (luncuran) filamen kontraksi otot**.

Sementara itu, saat sel-sel otot beristirahat (relaksasi), tempat pengikatan miosin pada filamen halus dihambat, sehingga tidak bergabung membentuk aktomiosin. Protein penghambat pengikatan miosin ini disebut **protein regulator tropomiosin**.

Nah, supaya sel otot dapat berkontraksi, tentu dibutuhkan makanan khusus. Makanan itu berupa energi dan ion Ca^{2+} . Energi kontraksi otot berupa ATP (adenin trifosfat), yang diperoleh secara aerob dan

Galeri

Otot Wajah

Kita akan lebih mudah untuk tersenyum dibandingkan mengernyitkan dahi. Pasalnya, ada sekitar 40 otot di bawah kulit yang akan bergerak semuanya saat kita mengernyitkan dahi. Ini berarti kita membutuhkan banyak energi.

Namun, kala kita tersenyum lebar, kita hanya membutuhkan setengah dari jumlah keseluruhan otot wajah ini. Tentu, kita membutuhkan sedikit energi saat tersenyum lebar.

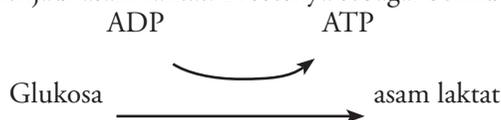
Parker, Tubuh Kita, 2005, hlm. 17

anaerob. Saat anaerob, dalam sel otot terjadi dua proses yaitu penguraian fosfat kreatin dan fermentasi. Sedangkan saat aerob, dalam sel otot terjadi proses respirasi seluler.

Saat otot berelaksasi/istirahat, kreatin mengikat fosfat sehingga terbentuklah fosfat kreatin yang banyak mengandung energi. Pelepasan fosfat disertai dengan pelepasan energi kerap kali terjadi pada pertengahan pergeseran filamen. Karena itu, proses ini merupakan cara tercepat dalam pemenuhan kebutuhan energi untuk kontraksi otot. Energi yang diperoleh ini tidak bisa digunakan secara langsung, namun harus diubah terlebih dahulu.

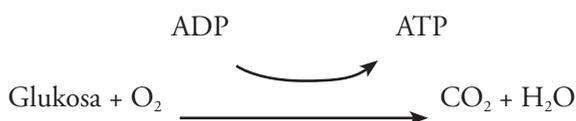


Untuk proses fermentasi, energi dihasilkan dari glukosa yang diuraikan menjadi asam laktat. Prosesnya sebagai berikut.



Apabila asam laktat hasil fermentasi banyak tertimbun dalam serabut-serabut otot, maka fungsi enzim yang bekerja dalam sitoplasma kemungkinan terganggu. Ini terjadi karena sitoplasma bersifat asam. Kemudian, jika kejadian ini dibiarkan berlangsung terus menerus, otot kita dapat mengalami kejang/kram dan kelelahan.

Adapun untuk proses respirasi sel, energi yang dibentuk berlangsung di dalam mitokondria. Di dalam sel otot, tersimpan glikogen dan lemak yang merupakan sumber ATP terbesar saat otot berkontraksi. Bahasan ini akan lebih lengkap dibahas, saat kita mempelajari bab metabolisme sel. Sementara reaksi yang terjadi saat terjadi respirasi sel, secara singkat dapat digambarkan dengan persamaan berikut.



Nah, bahasan sistem gerak baik pasif maupun aktif telah kalian pelajari. Berikutnya, kalian dapat menguji daya tangkap kalian dengan menyelesaikan soal *Uji Kompetensi* berikut.

Uji Kompetensi

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

1. Mengapa rangka disebut alat gerak pasif, sementara otot sebagai alat gerak aktif?
2. Sebutkan fungsi rangka dalam sistem gerak manusia.
3. Bagaimanakah proses terjadi osifikasi?
4. Sebutkan jenis dan ciri otot manusia berdasarkan tempat melekatnya.
5. Bagaimanakah mekanisme gerak pada manusia?

Dalam kehidupan sehari-hari, kerap kali kita melihat atau justru merasakan sendiri gangguan/kelainan pada sistem gerak. Gangguan/kelainan ini terjadi tidak hanya saat kita melakukan gerakan tubuh yang salah, seperti cidera ketika berolahraga. Namun lebih dari itu, gangguan/kelainan bisa terjadi karena penyakit atau sebab yang lain. Nah, bahasan berikut akan memperjelas pengetahuan kita tentang gangguan/kelainan sistem gerak manusia.

B. Gangguan dan Kelainan pada Sistem Gerak Manusia

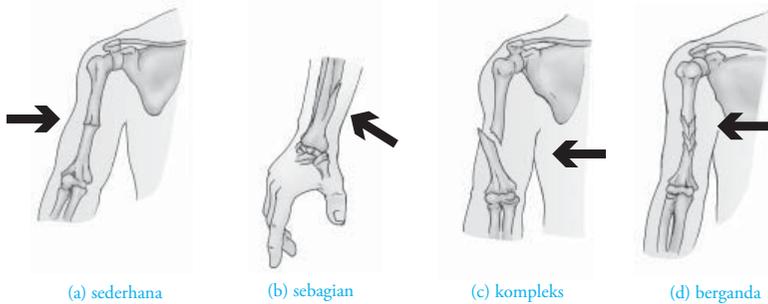
Sistem gerak kita bisa mengalami gangguan atau kelainan. Gangguan atau kelainan itu bisa terjadi pada tulang atau rangka dan otot. Simak dan pahami uraian berikut.

1. Gangguan dan Kelainan pada Tulang atau Rangka —

Tulang atau rangka kita sangat rentan mengalami gangguan atau kelainan. Gangguan itu bisa dikategorikan dalam beberapa hal, antara lain gangguan mekanik, fisiologis, tulang belakang, persendian atau peradangan, dan infeksi sendi. Apa yang menyebabkan gangguan dan kelainan ini bisa terjadi?

a. Gangguan Mekanik

Gangguan mekanik pada tulang merupakan jenis gangguan yang banyak kita jumpai. Gangguan ini kebanyakan disebabkan adanya benturan atau tekanan dari luar tubuh, misalnya tekanan atau benturan saat terjadi kecelakaan dan pukulan. Gangguan ini bisa berbentuk **fraktura** (patah tulang) atau retak.



Gambar 4.30 Jenis-jenis fraktura

Fraktura dapat dibedakan menjadi fraktura sederhana, fraktura sebagian, fraktura kompleks, dan fraktura berganda. Kalian dapat memahami keempat macam fraktura ini dengan mencermati Gambar 4.30 di atas.

1) Fraktura Sederhana

Pada gangguan jenis ini, tulang mengalami retak atau patah. Namun posisi patahan belum bergeser dari posisi awal dan tidak melukai otot yang ada di sekitarnya.

2) Fraktura Sebagian

Fraktura sebagian atau *greenstick* adalah retak tulang yang tidak terjadi pada keseluruhan tulang, hanya sebagian saja. Apabila keretakan terjadi pada tulang pipa, hanya sebagian diameternya saja yang mengalaminya dan tulang tidak terpisah.

3) Fraktura Kompleks

Posisi tulang telah benar-benar terpisah saat terjadi gangguan ini. Otot di sekitar tulang yang patah terlukai. Pada kondisi yang berat, terkadang tulang dapat menembus otot di sekitarnya dan muncul di permukaan kulit. Hal ini terjadi jika ujung tulang yang patah bentuknya runcing. Gangguan ini disebut juga **fraktura terbuka**.

4) Fraktura Berganda

Pada patah tulang jenis ini, tulang terbagi menjadi beberapa bagian, namun masih terlindungi oleh otot. Fraktura berganda disebut juga dengan *comminuted*.

Berdasarkan uraian tersebut, sangat wajar bila penderita gangguan tulang akibat berbagai jenis fraktura itu bisa mengalami rasa sakit yang sangat perih.

b. Gangguan Fisiologis

Penyebab tulang mengalami gangguan fisiologis adalah adanya keabnormalan fungsi hormon atau tulang kekurangan mineral dan vitamin. Gangguan fisiologis pada tulang di antaranya berikut ini.

1) Rakhitis

Penyakit tulang ini dapat terjadi pada seseorang karena kekurangan vitamin D. Tulang yang kekurangan vitamin D memiliki kandungan zat kapur yang kurang, sehingga mengakibatkan struktur tulang menjadi tidak keras. Kerap kali penderita rakhitis memiliki tulang betis dan tulang kering (kaki bagian bawah) melengkung membentuk huruf X atau O.

2) Osteoporosis

Gejala yang dapat diamati pada osteoporosis adalah berkurangnya massa tulang. Hal ini terjadi karena seseorang kekurangan hormon kelamin. Dengan berkurangnya hormon tersebut, maka penyerapan bahan-bahan tulang dan oksifikasi berjalan lambat, tulang menjadi rapuh dan mudah patah

3) Mikrosefalus

Mikrosefalus merupakan gangguan pertumbuhan pada tulang tengkorak, sehingga kepala memiliki ukuran kecil. Pertumbuhan abnormal ini disebabkan kekurangan kalsium saat masih bayi. Kelainan ini diikuti adanya gangguan perkembangan mental.

4) Penyakit Tulang

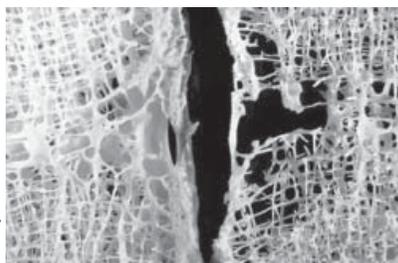
Berbagai penyakit yang menyerang tulang dapat memicu terjadinya kelainan tulang. Penyakit tuberkulosis

Kwan, Lam, Biology, 2000, hlm. 68



Gambar 4.31 Penderita rakhitis

Microsoft Encarta Premium 2006



Gambar 4.32 (a) Tulang normal dan (b) tulang terkena osteoporosis

tulang dan penyakit tumor pada tulang, misalnya, dapat menyebabkan tekanan fisik dan fisiologis terhadap gerakan tubuh.

c. Gangguan Tulang Belakang

Gangguan pada tulang belakang terjadi karena adanya perubahan posisi ruas-ruas tulang belakang, sehingga kelengkungan tulang belakang juga mengalami perubahan. Gangguan ini disebabkan oleh kebiasaan duduk yang salah, atau bisa juga karena kecelakaan. Di bawah ini termasuk gangguan pada tulang belakang.

1) Kifosis

Kifosis adalah gangguan ruas-ruas tulang belakang yang terlalu membengkok ke belakang. Akibatnya, badan terlihat bongkok.

2) Lordosis

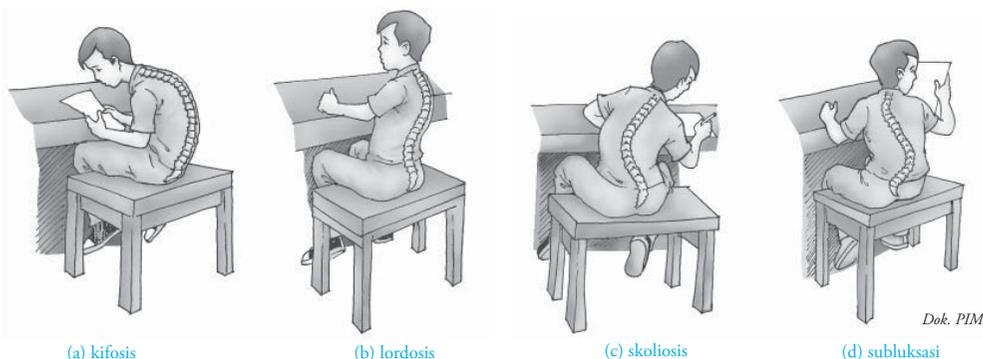
Lordosis adalah gangguan tulang belakang yang mengakibatkan bagian pinggang membengkok ke arah depan.

3) Skoliosis

Skoliosis adalah gangguan yang menjadikan tulang belakang membengkok ke arah samping kanan atau kiri.

4) Subluksasi

Subluksasi adalah gangguan tulang belakang bagian atas tepatnya segmen/ruas leher tertarik ke kanan atau ke kiri. Akibatnya, posisi kepala tidak lurus melainkan tertarik ke kiri atau ke kanan. Kelainan ini dapat terjadi karena kecelakaan atau gerakan terlalu kencang mendadak.



Gambar 4.33 Beberapa gangguan pada tulang belakang

d. Gangguan Persendian dan Peradangan

Apabila kita mengalami gangguan persendian, gerakan tulang menjadi tidak leluasa atau maksimal. Selain itu, gangguan ini juga menimbulkan rasa nyeri. Gangguan yang dimaksud meliputi:

1) Dislokasi

Dislokasi merupakan gangguan persendian akibat sendi bergeser dari posisi semula. Penyebabnya, ligamen yakni jaringan ikat pada ujung tulang yang membentuk sendi sobek atau tertarik.

Galeri

Rematik dan Osteoarthritis

Rematik disebut juga penyakit autoimun yang menyerang ruang sinovial sendi. Pemicunya adalah virus atau toksin. Penyakit ini bisa menyerang remaja, namun kebanyakan diderita oleh wanita. Sedangkan osteoarthritis cenderung dialami oleh orang lanjut usia (lansia) atau umur di atas 45 tahun.

2) Terkilir atau Keseleo

Penyebab terkilir atau keseleo adalah gerakan yang mendadak dan jenis gerakannya memang tidak biasa dilakukan. Akibatnya, ligamen pada persendian tersebut tertarik, namun tidak menyebabkan bergesernya sendi. Pada daerah yang terkilir, biasanya bengkak dan penderita akan merasakan sakit yang cukup hebat.

3) Ankilosis

Ankilosis merupakan gangguan yang menjadikan persendian tidak dapat digerakkan sama sekali.

4) Artritis

Artritis terjadi sebab sendi mengalami peradangan. Akibatnya, rasa nyeri dan sakit dirasakan oleh penderita. Gangguan artritis dikelompokkan menjadi:

- a) Osteoarthritis, yakni artritis yang terjadi karena adanya penipisan kartilago pada persendian, sehingga mengganggu pergerakan sendi.
- b) Goutarthritis, yaitu artritis yang disebabkan oleh kegagalan metabolisme asam urat. Akibatnya, terjadilah penumpukan asam urat di daerah sendi, sehingga sendi menjadi bengkak. Gangguan ini kerap kali terjadi pada ruas-ruas jari.
- c) Reumatoid, ialah pengapuran atau peradangan yang terjadi pada persendian. Tepatnya pada jaringan penghubung sendi yaitu kartilago. Karena itu, sendi yang mengalaminya bisa sulit digerakkan.

e. Infeksi Sendi

Infeksi sendi dapat terjadi karena adanya infeksi kuman yang menyerang sendi. Misalnya, infeksi gonorhe dan sifilis, kemudian juga layuh semu. **Infeksi gonorrhoe** dan **sifilis** diakibatkan oleh kuman gonorrhoe dan sifilis yang menyerang persendian sehingga persendian menjadi kaku.

Sementara **layuh semu** disebabkan oleh kuman sifilis yang menyerang cakra epifisise. Cakra epifisise adalah daerah pemanjangan tulang. Infeksi sifilis ini terjadi pada seseorang sejak dalam kandungan. Akibatnya, bayi yang lahir memiliki tulang yang tak bertenaga (layuh).



Gambar 4.34 Penderita layuh semu pada kaki

2. Produk Teknologi yang Berkaitan dengan Kelainan Tulang

Ada beberapa produk teknologi yang bisa digunakan untuk menangani gangguan dan kelainan tulang, antara lain sebagai berikut.

a. Mengatasi Patah Tulang

Untuk mengetahui/memastikan adanya patah tulang dan kondisi tulang yang cidera, kita dapat menggunakan peralatan medis modern. Perlakuan khusus yang dapat diberikan, misalnya dengan foto *rontgen*,

CT Scan (*Computed Tomography Scan*), atau juga MRI (*Magnetic Resonance Image*).

Cara yang dilakukan saat terjadi patah tulang meliputi:

- 1) Pembidaian, yaitu proses melekatkan papan kayu atau benda keras yang lain pada bagian sebelah kanan dan kiri tulang yang patah. Selanjutnya dilakukan pembalutan dengan perban.
- 2) Pemasangan gips, yang dilakukan dengan cara pembalutan di daerah patah berbahan gips atau kapur.
- 3) Pembedahan, dilakukan dengan cara membedah otot yang selanjutnya memasukkan dan memasang batang platina pada bagian tulang yang patah. Proses ini dinamakan fiksasi internal.

b. Penanganan Kanker Tulang

Sebelum diterapi secara kimiawi, terlebih dahulu kanker pada tulang diketahui dengan jelas letaknya. Setelah diketahui, barulah dilanjutkan dengan pembedahan. Kemudian, penanganan dilanjutkan dengan terapi kimia atau kemoterapi.

Supaya kalian mengetahui produk teknologi yang digunakan untuk mengatasi gangguan/kelainan tulang, kalian dapat mengikuti rubrik *Telisik* berikut.

Galeri

Tanaman Baladewo

Saat terjadi patah tulang, terlebih dahulu tulang dikembalikan pada posisi awalnya. Kemudian, dapat dibalut dengan kulit batang tanaman kapuk (*Ceiba petandra*). Oleh sebagian masyarakat, tanaman ini disebut tanaman bolodewo. Selain sebagai perban, tanaman ini juga ditaksir mengandung zat tertentu yang dapat mengobati patah tulang.

Indonesian Heritage, Tetumbuhan, 2002, hlm. 68

Telisik

Bersama teman sebangku, coba carilah informasi pada surat kabar, majalah, atau internet mengenai produk teknologi yang terkait dengan penanganan gangguan dan kelainan tulang. Misalnya, kalian dapat mencari informasi penanganan kelainan persendian, cara pemotongan tangan atau kaki pada penderita diabetes dan penanganannya pasca pemotongan, penanganan penderita leukemia dengan cangkok sumsum tulang belakang, dan lain sebagainya.

Dokumentasikan hasilnya dengan rapi dalam bentuk kliping. Jangan lupa untuk menyebutkan sumbernya dengan jelas. Setelah itu, kumpulkan pada Bapak/Ibu Guru kalian.

3. Gangguan atau Kelainan pada Otot

Tubuh kita dapat bergerak karena adanya otot. Apa yang akan terjadi jika otot kita terganggu? Seperti rangka, otot juga dapat mengalami gangguan dan kelainan. Gangguan dan kelainan yang dapat terjadi pada otot adalah sebagai berikut.

a. Atrofi

Pada penderita atrofi, otot terlihat makin mengecil, lemah, dan kemampuan kontraksinya menurun. Penyebab atrofi adalah penyakit poliomyelitis, suatu penyakit disebabkan oleh virus. Penyakit ini dapat menyebabkan saraf yang mengoordinasi otot-otot pada anggota gerak menjadi rusak.

b. Hipertrofi

Hipertrofi merupakan kebalikan dari atrofi. Cirinya, otot berkembang menjadi lebih besar. Kelainan ini terjadi karena otot dilatih den-



Gambar 4.35 Hipertropi pada otot

gan beban berat secara terus menerus dan berlebihan. Biasanya terjadi pada atlet binaraga, orang yang sering berolah raga, atau pekerja berat yang memerlukan otot kuat.

c. Hernia Abdominal

Hernia abdominal adalah sobeknya dinding otot perut sehingga menyebabkan usus masuk ke dalam sobekan tersebut.

d. Distrofi Otot

Penyakit otot kronis yang menyebabkan gangguan gerak disebut distrofi otot. Penyakit ini diduga merupakan penyakit bawaan.

e. Kaku Leher (*Stiff*)

Kaku leher merupakan penyakit radang pada otot leher yang berakibat leher sakit dan leher juga terasa kaku. Kelainan ini terjadi karena kesalahan gerak.

f. Tetanus

Tetanus adalah penyakit yang berciri otot terus menerus berkontraksi, sehingga otot menjadi kejang. Akibatnya, otot tak dapat berkontraksi lagi. Penyebab tetanus adalah adanya infeksi pada luka oleh bakteri *Clostridium tetani*.

4. Produk Teknologi yang Terkait dengan Kelainan Otot

Adanya berbagai kelainan dan gangguan otot, menjadikan para ahli berusaha mengatasinya dengan kemajuan teknologi. Salah satu teknologi yang diketengahkan pada masyarakat yakni biopsi otot.

Biopsi otot adalah salah satu teknik dalam pengambilan jaringan otot untuk mendiagnosis kanker. Sampai saat ini, tindakan biopsi ini diyakini sebagai cara untuk mendiagnosis lemahnya otot yang cukup baik.

Apabila pengambilan jaringan ini tidak dapat dilakukan karena sesuatu hal, maka diagnosis dapat digunakan dengan *Elektro Mio Grafi* (EMG). Melalui EMG, penyebaran otot yang mengalami kelainan dapat ditentukan. Indikasinya yakni ada gambaran miopati pada EMG seperti fibrilasi, miotonik dan *chronic repetitive discharge*. Gambaran ini dapat ditemukan terutama saat otot sedang istirahat.

EMG sensitif sekali pada penyakit-penyakit otot yang disebabkan adanya gangguan hantaran listrik pada membran otot. Sedangkan, kelainan yang menyebabkan perubahan diameter otot, densitas otot, tidak dapat ditentukan oleh EMG.

Akan lebih menarik bila kalian dapat mengetahui produk teknologi lainnya dengan melakukan rubrik *Telistik* berikut.

T e l i s i k

Bersama teman sebangku, coba kalian cari berbagai informasi tentang teknologi yang terkait dengan gangguan dan kelainan otot. Buatlah klipingnya dan kumpulkan hasilnya pada Bapak/Ibu Guru.

Nah, berdasarkan ulasan subbab gangguan dan kelainan pada otot serta cara mengatasinya di atas, kemampuan kalian tentang sistem gerak, tentu lebih lengkap. Untuk mengetahui pemahaman kalian, mari selesaikan rubrik *Uji Kompetensi* berikut.

Uji Kompetensi

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

1. Sebutkan jenis gangguan dan kelainan pada rangka manusia.
2. Apa yang akan terjadi ketika rangka mengalami gangguan mekanik? Jelaskan dan sebutkan jenis gangguannya.
3. Sebutkan salah satu produk teknologi yang dapat digunakan untuk mengatasi kelainan atau gangguan pada rangka.
4. Sebutkan contoh gangguan atau kelainan yang dapat terjadi pada otot.
5. Sebutkan produk teknologi untuk mengatasi gangguan atau kelainan otot

I k h t i s a r

1. Sistem gerak pada manusia meliputi tulang/rangka dan otot. Rangka disebut otot gerak pasif, sementara otot adalah alat gerak aktif.
2. Rangka berfungsi menegakkan badan. Manusia dan hewan vertebrata memiliki sistem rangka yang endoskeleton. Sistem rangka meliputi rangka aksial dan rangka apendikuler. Sistem rangka terdiri atas tulang-tulang.
3. Berdasarkan bentuknya, tulang dibedakan menjadi tulang pendek, tulang pipih, tulang pipa, dan tulang tak beraturan. Sedangkan berdasarkan jenisnya, ada tulang sejati, ada pula tulang rawan (kartilago).
4. Sendi terbentuk karena adanya dua tulang yang berhubungan. Pada persendian dapat terjadi gerakan karena didukung oleh tulang rawan, minyak sendi, kapsul sendi serta ligamen.
5. Dengan adanya sendi, tubuh kita dapat bergerak. Berbagai jenis gerakan sendi meliputi adduksi-abduksi, depresi-elefasi, fleksi-ekstensi, inversi-eversi, dan supinasi-pronasi.
6. Otot manusia dan hewan vertebrata meliputi tiga jenis yaitu otot rangka, otot polos dan otot jantung.
7. Otot dapat melakukan kontraksi. Kontraksi otot terjadi mengikuti teori model geseran (luncuran filamen). Filamen otot ada dua jenis yaitu filamen halus (tipis) dan kasar (tebal).
8. Saat otot berkontraksi diperlukan energi yaitu dalam bentuk ATP. Energi ATP diperoleh dengan respirasi aerob dan anaerob. Penimbunan asam laktat dalam otot terjadi sebagai akibat dari usaha otot dalam pemenuhan energi kontraksi otot melalui proses aerob. Asam laktat dapat menimbulkan kelelahan.
9. Teknologi biopsi merupakan teknologi yang diyakini cocok untuk mengatasi kelainan lemahnya otot. Sedang teknologi EMG cocok untuk menentukan kelainan otot atau gangguan hantaran listrik pada membran otot.

Senarai kata

Cakra epifise Bagian dari tulang pipa yang berupa daerah pertumbuhan tulang rawan yang berada di antara epifise dan diafise

Diafise Bagian terpanjang dari tulang pipa dan tengahnya berongga

Diartrosis Jenis persendian yang memungkinkan dihasilkannya gerakan

Epifise Bagian ujung dari tulang pipa yang tersusun atas tulang rawan

Gerak antagonis Gerak otot dari pasangan otot dimana yang satu berlawanan dengan yang lain

Garis Z Garis batas antara sarkomer yang satu dengan sarkomer lainnya

Kondroblas Sel-sel pembentuk tulang rawan

Kondrosit Sel-sel tulang rawan

Lakuna Tempat atau ruang yang di dalamnya terdapat sel-sel tulang

Ligamen Jaringan yang mengikat bagian luar ujung-ujung tulang yang membentuk persendian dan menjaga agar posisi tulang tidak berubah

Miofibril Sel otot

Origo Ujung otot yang melekat pada tulang dan kedudukan tulang tidak berubah saat terjadi gerakan

Osteoblas Sel-sel pembentuk tulang sejati

Osteoklas Sel-sel yang berperan untuk memin-dahkan matriks dari tulang lama dan menyediakan ruangan untuk pembentukan tulang baru

Osteosit Sel-sel tulang sejati

Pita A Filamen halus dan filamen kasar yang saling tumpang tindih dan terdapat zona H

Pita I Daerah pada sebuah sarkomer yang dekat dengan Z dan biasanya tersusun atas filamen halus saja

Zona H Daerah bagian dari pita A yang berada pada sebuah sarkomer dan hanya terdiri atas filamen tebal saja

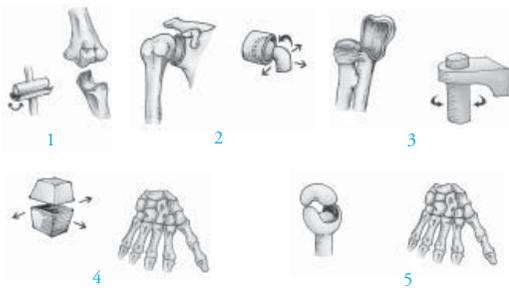
Ulangan Harian

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

- Salah satu fungsi rangka adalah
 - sebagai alat gerak aktif
 - sebagai alat gerak pasif
 - memperindah bentuk tubuh
 - membantu tubuh bergerak
 - sebagai tempat pertumbuhan
- Pada saat pengamatan rangka tubuh manusia, diperoleh data sebagai berikut.
 - Tulang lengan;
 - Tulang dada;
 - Tulang rusuk;
 - Tulang betis;
 - Tulang paha dan;
 - Tulang dahi

Yang termasuk tulang aksial adalah

- 1, 3 dan 5
 - 2, 3 dan 6
 - 2, 4 dan 6
 - 3, 4 dan 5
 - 1, 2, dan 3
- Hubungan antara dua tulang dalam rangka tubuh disebut
 - osifikasi
 - abduksi
 - adduksi
 - artikulasi
 - supinasi
 - Sistem rangka tubuh memiliki bagian yang membentuk persendian. Perhatikan gambar berikut.

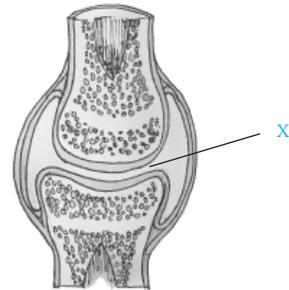


Yang merupakan sendi pada lutut dan siku adalah nomor :

- 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
5. Hubungan sinartrosis sinfibrosis pada tubuh terdapat pada
- tulang-tulang yang menyusun tulang tengkorak
 - tulang dada dengan tulang rusuk
 - tulang jari tangan dengan tapak tangan
 - tulang panggul dengan tulang paha
 - tulang lengan atas dengan lengan bawah
6. Proses pembentukan tulang dari tulang rawan menjadi tulang keras dinamakan
- artikulasi
 - osifikasi
 - osilasi
 - enversi
 - abduksi
7. Tulang pipa terdiri atas bagian-bagian yang ada di bawah ini.
1. diafise
 2. rongga tulang
 3. epifise
 4. cakra epifise
 5. sumsum tulang

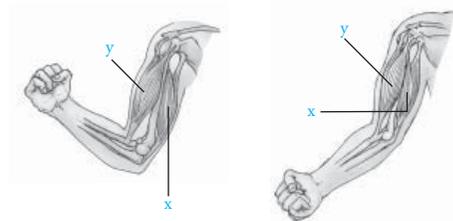
Sel-sel osteoblas terdapat pada bagian

- 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
8. Jaringan yang mengikat bagian luar ujung-ujung tulang yang membentuk persendian dan menjaga agar posisi tulang tidak berubah disebut
- tendon
 - sarkomer
 - kapsul sendi
 - ligamen
 - cairan sinovial
9. Di bawah ini adalah gambar sendi.



Dari gambar di samping yang diberi label X adalah bagian

- kapsul sendi
 - tendon
 - otot
 - ligamen
 - cairan sinovial
10. Tendon adalah bagian otot yang melekat pada tulang. Tendon otot yang melekat pada tulang dan berubah kedudukan saat digerakkan dinamakan
- fasia
 - fasia propia
 - origo
 - insersio
 - fleksor
11. Perhatikan gambar berikut.



Pada waktu lengan diluruskan, yang terjadi adalah otot

- X kontraksi, Y kontraksi
- X kontraksi, Y relaksasi
- X relaksasi, Y relaksasi

- d. X relaksasi, Y kontraksi
 - e. X dan Y bersama-sama kontraksi dan relaksasi
12. Sifat kerja otot bisep dan otot trisep pada lengan kita adalah
 - a. sinergis
 - b. rotasi
 - c. fleksi-ekstensi
 - d. antagonistik
 - e. kontraksi
 13. Saat otot rangka berkontraksi, yang terjadi adalah
 - a. filamen tebal berkontraksi
 - b. filamen halus berkontraksi
 - c. dua buah garis Z saling menjauh
 - d. pita A memendek
 - e. zona H memendek/menghilang.
 14. Otot rangka dapat berkontraksi karena memperoleh energi. Energi kontraksi otot diperoleh dari
 - a. glukosa
 - b. glikogen
 - c. lemak
 - d. miofibril
 - e. adenosin tri pospat
 15. Gerakan menelungkupkan telapak tangan dinamakan
 - a. pronasi
 - b. supinasi
 - c. inversi
 - d. abduksi
 - e. adduksi
 16. Contoh gerakan fleksi-ekstensi tubuh kita adalah pada
 - a. tulang belakang
 - b. kepala
 - c. tulang rusuk
 - d. siku
 - e. tulang panggul
 17. Penimbunan asam laktat pada otot tubuh menjadikan kita merasa
 - a. senang
 - b. sedih
 - c. bugar
 - d. kelelahan
 - e. mengantuk
 18. Seseorang mengalami kecelakaan sehingga tulangnya mengalami retak atau patah, tetapi posisi patahan belum bergeser dari posisi awal dan tidak melukai otot yang ada di sekitarnya dikategorikan sebagai
 - a. fraktura sederhana
 - b. fraktura sebagian
 - c. fraktura kompleks
 - d. faktura berganda
 - e. fraktura keseluruhan
 19. Kelainan otot yang dialami oleh atlet olahraga binaraga adalah
 - a. atropi
 - b. hipertropi
 - c. hernia abdominal
 - d. artritis
 - e. distofi otot
 20. Salah satu teknologi yang digunakan untuk mendiagnosis otot yang lemah adalah
 - a. pijat syaraf
 - b. pijat refleksi
 - c. biopsi otot
 - d. EMG
 - e. Rontgen

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

1. Sebutkan tulang yang termasuk bagian rangka apendikular.
2. Sebutkan tiga macam tipe persendian.
3. Carilah perbedaan antara otot polos, lurik dan jantung, berdasarkan:
 - a. bentuk sel;
 - b. jumlah dan letak inti sel;
 - c. sifat geraknya.
4. Energi kontraksi otot dapat diperoleh secara aerob dan secara anaerob. Jelaskan proses perolehan energi secara anaerob.
5. Reumatik dengan osteoarthritis hampir sama. Carilah perbedaannya dalam hal:
 - a. penyebabnya dan;
 - b. kecenderungan jenis kelamin penderita.

B a b V

Sistem Peredaran Darah



Tempo, Edisi 8-14 Maret 2004

Mungkin di antara kalian ada yang mudah mengantuk, lemas, kurang bergairah. Bisa jadi ia menderita anemia atau kurang darah. Obatnya cukup makanan bergizi dan suplemen penambah darah. Namun, anemia hanyalah sakit ringan. Untuk yang sakit berat semacam demam berdarah atau bahkan kecelakaan yang menimbulkan luka parah, bisa jadi si penderita sampai membutuhkan transfusi darah. Transfusi darah dilakukan dengan menyuplai darah ke dalam tubuh si korban. Lantas, bagaimana aturan untuk melakukan transfusi darah? Zat apakah yang terkandung dalam darah? Bab ini memberikan penjelasan terkait dengan sistem peredaran darah manusia.

Kata Kunci

- Darah
- Sel darah
- Jantung
- Pembuluh darah

Kilas

Pada bahasan jaringan hewan vertebrata, jaringan darah adalah salah satu bentuk jaringan ikat. Di dalamnya, terkandung matriks yang terdapat sel darah dan plasma.

Pada bab berikut kita akan menelisik bahasan sistem peredaran darah manusia. Di dalamnya akan kita pelajari keterkaitan antara struktur, fungsi, dan proses sistem peredaran darah. Kelainan pada sistem organ ini juga dapat kita pelajari. Kemudian, pengetahuan tersebut akan kita tambah dengan mempelajari sistem peredaran darah hewan tertentu.

Nah, dengan mempelajari bab ini, kalian diharapkan mampu menjelaskan keterkaitan antara struktur, fungsi dan proses yang terjadi pada sistem peredaran darah baik manusia maupun hewan. Kemudian, kalian juga diharapkan mampu menjelaskan berbagai kelainan/penyakit yang mungkin dapat terjadi pada sistem peredaran darah manusia sekaligus upaya untuk mengatasinya.

A. Sistem Peredaran Darah Manusia

Tubuh manusia tersusun atas berbagai sel yang membentuk jaringan. Sel-sel ini memerlukan nutrisi (zat makanan) dan gas untuk proses metabolisme sehingga terus hidup di dalam tubuh. Untuk memenuhi nutrisi dan gas serta pelbagai zat penting, sel akan memperoleh dari suatu zat yang dinamakan **darah**. Sementara, sistem yang mengedarkan nutrisi, gas, dan zat ini disebut **sistem peredaran darah**. Nah, untuk mengetahui bahasan mengenai sistem peredaran darah, coba kalian simak uraian berikut.

1. Darah

Sangat berbahaya bila darah yang mengucur pada luka tidak segera membeku. Kita bisa kekurangan darah, sehingga tubuh menjadi lemah. Selain itu, kuman yang merugikan tubuh bisa masuk. Akibatnya, tubuh dapat mengidap penyakit. Nah, untuk itu kalian perlu mengetahui komposisi dan fungsi darah dalam tubuh. Namun sebelumnya, lakukan rubrik *Diskusi* berikut bersama teman sebangku.

Diskusi

Saat tubuh kalian mengalami luka, misalnya terjatuh atau terkena pisau, darah akan keluar dari bagian tubuh yang terluka tersebut. Apa yang akan kalian lakukan untuk menghentikan darah yang keluar? Apa yang terjadi andaikan darah yang keluar tidak segera kalian tutup? Berikan argumen atas kejadian ini dan presentasikan di depan kelompok lain.

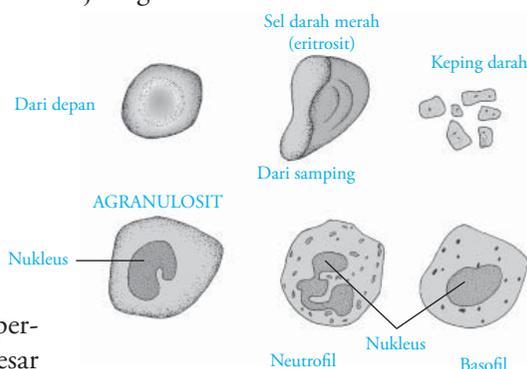
Darah merupakan jaringan ikat khusus yang mengandung sel-sel dan berada dalam matriks yang berbentuk larutan. Darah merupakan suspensi berwarna merah yang terdapat di dalam pembuluh darah. Warna merah ini terkadang bisa berubah menjadi warna merah tua. Akan tetapi, warna merah juga bisa menjadi warna merah muda. Perubahan warna ini tergantung pada kadar oksigen (O_2) dan kadar karbon dioksida (CO_2) yang terkandung di dalam darah. Di dalam tubuh, darah memiliki karakteristik, antara lain suhu darah antara $37^\circ C$ sampai $38^\circ C$, dan pH darah antara 7,35 sampai 7,45 atau rata-rata 7,4.

Pada tubuh laki-laki dewasa, volume darahnya mencapai 5 hingga 6 liter. Volume darah wanita dewasa antara 4 hingga 5 liter. Sementara pada bayi, bila dibandingkan dengan manusia dewasa, jumlah darah yang dimiliki lebih sedikit. Volume darah di dalam tubuh kita sekitar seperdua belas atau 8% dari berat tubuh. Misalnya saja berat tubuh kita 50 kg, maka jumlah darah di dalam tubuh sekitar 4 liter.

Bagi tubuh, darah memiliki beragam fungsi, antara lain mengangkut O₂ dari paru-paru ke seluruh jaringan tubuh dan juga mengangkut sari-sari makanan dari usus ke jaringan tubuh. Sebaliknya, gas karbondioksida (CO₂) sisa metabolisme sel diangkut darah dari jaringan tubuh menuju paru-paru untuk di keluarkan. Selain itu, darah berperan dalam mengatur dan mengontrol temperatur tubuh. Selanjutnya, darah juga berfungsi mengatur distribusi/penyebaran hormon, menutup luka, dan mencegah infeksi.

a. Komposisi Darah

Darah tersusun oleh dua komponen. Dua komponen tersebut adalah **plasma darah** dan **sel-sel darah**. Agar kalian mengetahui bentuk sel-sel darah, perhatikan Gambar 5.1. Satu mm kubik darah yakni sebesar ujung peniti mengandung 5 juta sel darah merah, 8.000 sel darah putih, dan 350.000 keping darah.



Gambar 5.1 Komposisi darah, meliputi plasma darah dan sel-sel darah

1) Plasma Darah

Bagian darah yang cair disebut plasma darah. Komponen utamanya adalah air. Di dalam plasma darah terlarut molekul-molekul berbagai ion, yang meliputi glukosa sebagai sumber energi utama untuk sel-sel tubuh dan asam-asam amino. Ion-ion ini terdapat banyak dalam plasma darah, misalnya natrium (Na⁺) dan klor (Cl⁻). Berbagai ion dan molekul tersebut diedarkan ke seluruh tubuh sehingga ion yang lain juga ikut tersebar.

Sekitar 7% plasma darah berupa berbagai molekul protein. Molekul protein yang dimaksud misalnya 4% serum albumin, 2,7% serum globulin, dan 0,3% fibrinogen (lihat Tabel 5.1). Setelah darah membeku oleh fibrinogen, yakni komponen untuk proses pembekuan darah, bekuan tersebut akan mengkerut secara lambat. Sehingga keluarlah suatu cairan bening yang disebut serum. **Serum** merupakan cairan darah yang tidak mengandung fibrinogen.

Tabel 5.1 Komposisi Plasma Darah

Plasma 55%	
Bahan Penyusun	Fungsi Utama
Air	Pelarut untuk mengangkut zat-zat lain
Ion Natrium Kalium Kalsium	Keseimbangan osmotik, penyanggaan pH, dan pengaturan permeabilitas membran

Magnesium Klorida Bikarbonat	
Protein plasma Albumin Fibrinogen Imunoglobulin (antibodi)	Keseimbangan osmotik, penyangga pH Penggumpalan Pertahanan
Zat-zat yang diangkut oleh darah Nutrien (misalnya glukosa, asam lemak, vitamin) Produk buangan metabolisme Gas-gas respirasi (O ₂ dan CO ₂) Hormon	

Selain berperan dalam pembekuan darah, protein plasma juga berperan sebagai antibodi. Adanya antibodi ini menjadikan antigen yang masuk dapat dikenali dan diikat. Antibodi merupakan zat yang berasal dari globulin di dalam sel-sel plasma.

Untuk mempertahankan tubuh terhadap penyakit, antibodi dapat bekerja melalui dua cara, yaitu secara langsung menyerang penyebab penyakit dan dengan mengaktifkan sistem komplemen terlebih dahulu, yang kemudian dilanjutkan merusak penyebab penyakit tersebut.

Sementara itu, antibodi dapat menggunakan berbagai cara untuk melemahkan atau menyerang penyebab penyakit, seperti aglutinasi, presipitasi, netralisasi, dan lisis.

Aglutinasi merupakan proses penggumpalan antigen. Proses terjadinya aglutinasi ditandai dengan terbentuknya gumpalan-gumpalan berstruktur besar berupa antigen pada permukaan bakteri-bakteri atau sel-sel darah merah. Sementara **presipitasi**, yakni proses pengendapan antigen. Presipitasi dicirikan dengan terbentuknya molekul besar di antara antigen yang larut. Proses presipitasi misalnya saja antara racun tetanus dengan antibodi. Akibat yang ditimbulkan, racun tetanus menjadi tidak larut dan mengendap.

Cara lainnya yakni **netralisasi**. Netralisasi merupakan proses penetralan racun. Sifat antigen yang dimiliki antibodi akan menutupi berbagai tempat yang dianggap toksik/racun dari pelbagai penyebab penyakit. Selain cara tersebut, untuk melemahkan antigen, antibodi dapat pula menggunakan cara lisis. **Lisis** merupakan proses penguraian antigen yang berada pada membran sel penyebab penyakit, akibatnya sel-sel tersebut rusak.

2) Sel Darah

Ada tiga tipe unsur yang terdapat dalam sel darah yakni sel darah merah (eritrosit), sel darah putih (leukosit), dan keping darah (trombosit). Di antara ketiga tipe tersebut, sel darah merah

merupakan penyusun komposisi sel darah yang paling banyak jumlahnya.

a) *Sel Darah Merah (Eritrosit)*

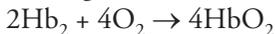
Pada wanita normal, sel darah merah yang dimiliki berjumlah sekitar 4,5 juta dalam setiap milimeter kubik darah. Sementara pada laki-laki, jumlahnya agak tinggi yakni berkisar 5 juta dalam setiap milimeter kubik. Namun, jumlah ini dapat naik-turun yang bergantung pada berbagai faktor, seperti ketinggian tempat seseorang hidup dan kesehatan seseorang.

Sel darah merah normal berbentuk cakram bikonkaf, berdiameter kira-kira 7,5 µm, ketebalan tepi 2 µm, dan tidak mempunyai nukleus sehingga mudah rusak. Tengah cakram memiliki ukuran yang lebih tipis daripada tepinya, yakni berkisar 1 µm. Kelebihan bentuk bikonkaf adalah mempercepat pertukaran gas-gas antara sel-sel dan plasma darah.

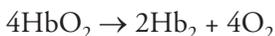
Sel darah merah orang dewasa dibentuk oleh sel-sel yang terletak pada sumsum tulang, terutama tulang rusuk, tulang dada (*sternum*), dan tulang-tulang belakang (*vertebra*). Prosesnya disebut **eritropoiesis**. Pembentukan eritrosit tersebut diatur oleh hormon glikoprotein yang dinamakan **eritropoetin**. Saat awal dibentuk, sel darah merah bernukleus dan hemoglobin tidak terlalu banyak. Saat dewasa, jumlah hemoglobin dalam sel naik sampai 280 juta molekul atau sekitar 90% bobot bersih sel. Hingga akhir proses sintesis hemoglobin, nukleus akan keluar dari sel.

Hemoglobin (*heme*: pigmen non protein, *globin*: protein rendah) adalah protein pigmen yang memberikan warna merah pada darah, yang terdiri atas rantai empat polipeptida sebagai tempat melekatnya gugusan prostetik, *heme*. Setiap pusat heme terdapat atom besi (Fe^{2+}).

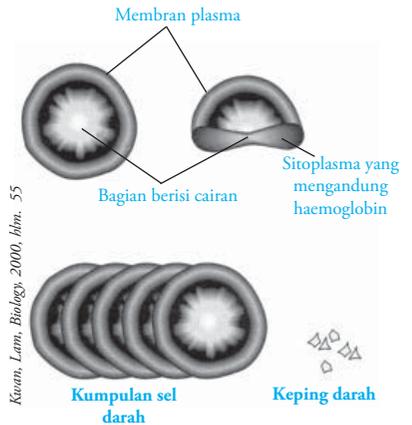
Di dalam darah, hemoglobin akan mengikat oksigen (O_2) dari paru-paru dalam bentuk **oksihemoglobin**. Oksi-hemoglobin ini akan beredar ke seluruh jaringan tubuh. Reaksi yang terjadi saat hemoglobin mengikat oksigen (O_2) adalah sebagai berikut.



Setelah oksihemoglobin sampai pada sel-sel tubuh, terjadilah reaksi pelepasan oksigen (O_2) oleh Hb dengan persamaan berikut.



Berdasarkan proses tersebut, ternyata reaksi antara hemoglobin dan oksigen berlangsung secara **reversibel**. Reaksi ini dapat terjadi karena dipengaruhi oleh suhu, derajat keasaman (pH), dan tekanan oksigen baik yang berada dalam paru-paru maupun jaringan tubuh.



Gambar 5.2 Sel darah merah berbentuk cakram bikonkaf

Selain mengangkut oksigen, hemoglobin berperan juga dalam proses pengangkutan karbondioksida (CO₂) dari seluruh jaringan tubuh menuju paru-paru. Kemudian, hemoglobin juga menjadi kontrol keseimbangan asam dan basa.

Masa hidup sel darah merah di dalam hanya sekitar 120 hari atau 4 bulan. Setelah itu, akan dirombak di dalam hati dan limpa. Sebagian hemoglobin diubah menjadi bilirubin dan biliverdin yaitu pigmen hijau yang memberi warna pada empedu.

Sedangkan zat besi hasil penguraian hemoglobin dikirim ke hati dan limpa, sehingga bisa digunakan untuk membentuk sel darah merah baru. Kira-kira ada 200.000 eritrosit yang dibentuk dan dirombak.

Diperkirakan bahwa setiap detik tiga juta sel darah merah mati, yang kemudian dibersihkan oleh hati dan limpa. Sel-sel darah merah yang mati akan segera diganti oleh produksi sumsum tulang. Sumsum tulang ini dapat memproduksi sel darah merah berkisar empat atau lima kali lebih cepat daripada laju kerusakan selnya. Sehingga, ketika kita mengalami pendarahan atau transfusi darah, sumsum tulang akan segera menormalkan kembali jumlah sel darah yang ada dalam tubuh.

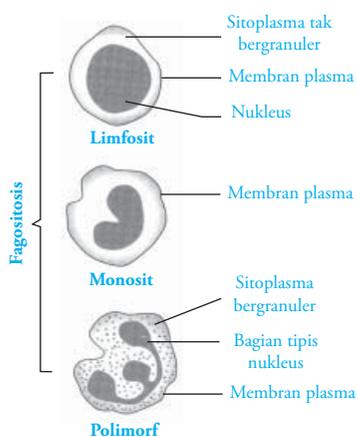
Namun demikian, apabila laju kerusakan sel darah merah lebih besar daripada laju produksinya, konsentrasi sel darah merah dalam darah akan turun. Akibatnya, kita dapat mengalami penyakit anemia. Untuk mengatasinya, kita harus banyak makan makanan yang berupa hati atau ekstrak hati dan vitamin B₁₂ sehingga dapat merangsang pembentukan sel darah merah.

b) *Sel Darah Putih (Leukosit)*

Di dalam darah, sel darah putih memiliki jumlah lebih sedikit dibandingkan jumlah sel darah merah. Rasio keduanya kira-kira 1:700. Sel darah putih berjumlah sekitar 4.000 sampai 11.000 butir untuk setiap mikroliter darah manusia.

Sel darah putih yang normal berumur sekitar 12 hari. Bentuknya pun bervariasi, terutama saat melewati jaringan. Sedangkan ukurannya lebih besar dari sel darah merah yakni sekitar 10 µm. Pada umumnya, sel darah putih mempunyai inti bulat dan cekung. Sel-sel ini dapat bergerak bebas secara amoboid, kemudian juga dapat menembus dinding kapiler, sehingga disebut **diapedesis**.

Sel darah putih sangat berperan untuk melawan penyakit yang masuk ke dalam tubuh. Sel darah putih demikian berperan sebagai **antibodi**. Berdasarkan ada tidaknya granula dalam plasma, sel darah putih terbagi atas granulosit dan agranulosit. **Granulosit** merupakan sel darah putih yang memiliki plasma bergranula, misalnya basofil, neutrofil, dan eosinofil. Sementara, **agranulosit** merupakan jenis sel darah putih yang bercirikan plasma tak bergranula, seperti limfosit dan monosit.



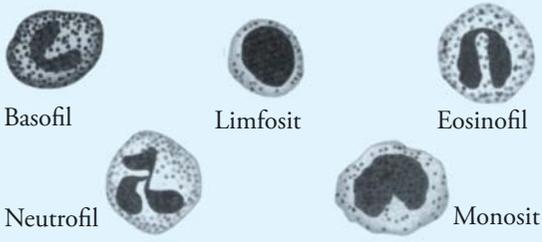
Gambar 5.3 Sel darah putih manusia

Neutrofil merupakan jenis sel darah putih dengan plasma bergranula yang paling aktif dan bermobilitas tinggi. Plasmanya bersifat netral dan terdapat bintik-bintik. Selain itu, neutrofil bersifat fagosit (pemakan bakteri).

Dari total keseluruhan sel darah putih, jumlah neutrofil sekitar 50% hingga 70%. Nukleusnya terdiri atas dua sampai lima lobus, sehingga seringkali disebut **leukosit polimorfonuklear**. Diameter neutrofil sekitar 12 μm . Sebagian besar granula neutrofil adalah lisosom, yang berisi beberapa macam enzim dan bakteri zidal untuk menghancurkan bakteri. Pada setiap milimeter kubik darah putih, neutrofil mengandung 3.000 sampai 7.000 butir.

Eosinofil adalah jenis sel darah putih dengan plasma bergranula yang berukuran hampir sama dengan neutrofil. Plasma yang dipunyai bersifat asam dan terdapat bintik-bintik biru yang bersifat fagosit. Volume eosinofil berkisar 2% sampai 4% dari total keseluruhan sel-sel darah putih, atau setiap mm^3 darah mengandung 20 hingga 50 butir. Nukleus yang dimiliki eosinofil tersusun atas dua lobi atau bilobus.

Tabel 5.2 Komposisi Sel Darah Manusia

Unsur-Unsur Seluler 45%		
Jenis sel	Jumlah (per mm^3 darah)	Fungsi
Eritrosit (sel darah merah) 	5-6 juta	Mengangkut oksigen dan membantu mengangkut karbon dioksida
Leukosit (sel darah putih)  Basofil Limfosit Eosinofil Neutrofil Monosit	5.000-10.000	Pertahanan dan kekebalan
Trombosit (keping darah) 	250.000-400.000	Penggumpalan darah

Eosinofil ini berperan dalam sistem pertahanan tubuh, terutama terhadap parasit multiseluler, semisal cacing parasit. Eosinofil juga sangat sensitif terhadap kehadiran alergen yakni suatu senyawa yang menyebabkan alergi. Sehingga, bila terjadi reaksi alergi pada tubuh seseorang, jumlah eosinofil dalam darah akan meningkat.

Jenis sel darah putih yang memiliki plasma bergranula adalah **basofil**. Ukuran basofil lebih kecil daripada eosinofil maupun neutrofil, yakni berdiameter sekitar 8 sampai 10 μm . Walau begitu, eosinofil memiliki inti sel yang relatif besar. Setiap 1 milimeter kubik darah mengandung 20 hingga 50 butir basofil, atau kurang dari 1% dari jumlah keseluruhan sel darah putih.

Sementara itu, jenis sel darah putih yang tak bergranula pada membrannya terdiri atas monosit dan limfosit. **Monosit** berjumlah sekitar 2 hingga 8% dari total keseluruhan sel darah putih, atau tiap mm^3 darah mengandung 1 butir. Kita bisa dengan mudah mengenali monosit, sebab ukurannya cukup besar dan inti selnya juga besar. Bentuknya oval atau seperti bentuk ginjal. Monosit kira-kira berdiameter dua kali diameter sel darah merah, yaitu sekitar 15 μm .

Sebelum keluar menuju jaringan dan menjadi makrofaga, monosit akan berada dalam peredaran darah selama 24 jam. **Makrofaga** merupakan fagosit yang aktif terhadap senyawa-senyawa asing yang berukuran lebih besar dari monosit.

Di dalam darah, monosit termasuk jenis sel darah putih yang mampu berumur panjang. Selain itu, monosit juga dapat bergerak cepat dalam peredaran darah.

Sedangkan **limfosit**, memiliki jumlah sekitar 20 hingga 30% dari jumlah sel darah putih, atau tiap mm^3 darah mengandung 1.500 sampai 3.000 butir. Limfosit dapat bergerak bebas dan juga bisa membentuk zat antibodi. Pada smear darah, tampak bahwa limfosit memiliki satu inti besar, berbentuk bundar, dan hampir menempati seluruh isi sel. Limfosit berdiameter 8 hingga 12 μm . Limfosit biasanya aktif keluar dari pembuluh darah menuju jaringan, terutama jaringan ikat dan sistem limfatikus.

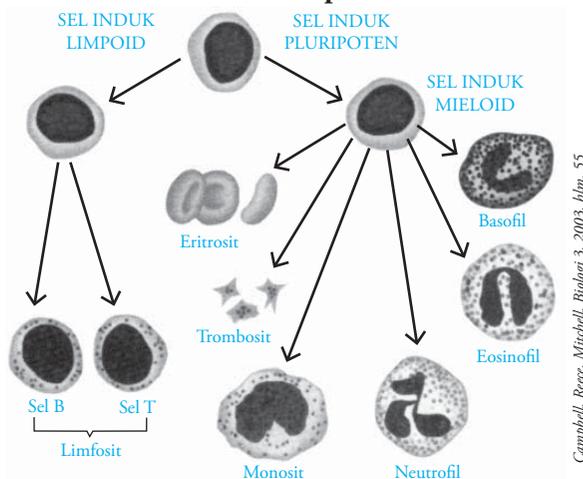
Di dalam peredaran darah, limfosit terbagi atas tiga jenis, yakni sel T, sel B, dan sel pembunuh (*natural killer cell*). Berbagai jenis limfosit ini memiliki peran yang berbeda. **Sel limfosit T** berperan dalam mekanisme pertahanan terhadap masuknya sel-sel asing ke dalam jaringan tubuh. Sel limfosit T akan masuk ke dalam jaringan dan menyerang sel asing secara langsung. Namun, ada kemungkinan juga sel limfosit T ini dapat menghambat aktivitas limfosit lainnya.

Sedangkan **sel limfosit B** berperan dalam mekanisme pertahanan tubuh yang melibatkan produksi dan distribusi antibodi. Sel B dapat berdiferensi menjadi sel plasma yang berperan dalam sintesis dan sekresi antibodi. **Sel pembunuh** (*natural killer cells*) berfungsi untuk mendeteksi dan menghancurkan sel-sel jaringan yang abnormal. Sel ini berperan penting dalam pencegahan kanker.

Di dalam sumsum tulang, sel darah putih diproduksi dari hasil pembelahan hemisitoblas. **Hemisitoblas** adalah sel induk

mieloid dan sel induk limfoid. Sel mieloid berkembang menjadi sel progenitor. Progenitor akan membelah menjadi mielosid yang selanjutnya akan berkembang menjadi basofil, eosinofil dan neutrofil. Sel monoblas akan berkembang menjadi monosit. Sel induk limfoid hasil diferensiasi dari hemisitoblas akan berkembang menjadi **limfoblas**, selanjutnya menjadi **prolimfosit** dan akhirnya menjadi limfosit yang matang. Agar kalian dapat memahami proses pembentukan sel darah putih, simak Gambar 5.3.

Beberapa sel induk limfoid ada yang bermigrasi ke dalam jaringan limfoid, semisal kelenjar limfa, kelenjar timus dan nodus limfatikus, sehingga di dalam pelbagai jaringan tersebut terbentuk limfosit. Proses ini dinamakan **limfopoiesis**.



Gambar 5.3 Diferensiasi sel induk dalam sumsum tulang

c) *Keping-Keping Darah (Trombosit)*

Saat kita terluka, maka beberapa saat kemudian darah yang keluar akan segera membeku. Mengapa ini bisa terjadi? Pada sel darah terdapat **keping darah** atau **trombosit**. Trombosit ini berperan dalam proses pembekuan darah. Bentuk trombosit yakni bulat kecil dengan diameter berukuran antara 2 sampai 4 μm dan tidak memiliki inti sel. Trombosit diproduksi dalam sumsum tulang dan berasal dari trombosit besar yang disebut **megakariosit**.

Jumlah trombosit pada sel darah berkisar antara 150.000 hingga 350.000 butir per milimeter kubik. Waktu trombosit aktif biasanya tidak lama, kira-kira 8 hingga 12 hari. Setelah itu, trombosit akan mati dan diambil oleh makrofaga jaringan. Kebanyakan trombosit yang diambil makrofaga adalah trombosit yang berada pada limpa.

Proses penyembuhan luka terjadi saat suatu jaringan tubuh kita tersobek atau terluka. Akibat yang ditimbulkan yakni trombosit pada jaringan yang robek akan pecah dan mengeluarkan **enzim trombokinase**. Pengeluaran enzim ini terjadi atas bantuan FAH (Faktor Anti Hemofilia). Dengan bantuan ion Ca^{2+} , enzim

Galery

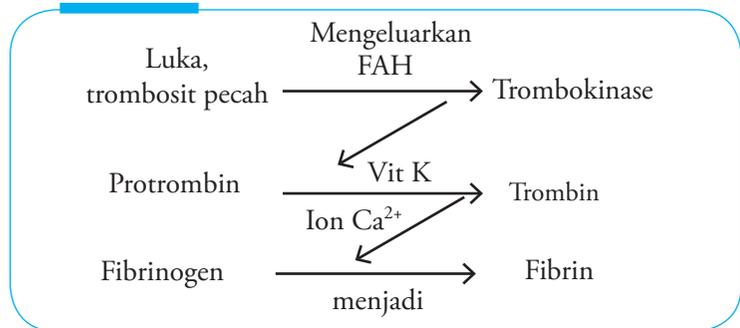
Hemofilia

Hemofilia merupakan salah satu penyakit keturunan yang diwariskan oleh orang tua. Ciri penyakit ini adalah sukarnya proses pembekuan darah yang terjadi pada luka penderita. Bila darah tidak membeku dalam waktu yang lama, dikhawatirkan penyakit ini bisa merenggut nyawa.

trombokinase akan mengubah **protombin** menjadi **trombin**. Trombin akan mengubah **fibrinogen** menjadi **benang-benang fibrin**. Adanya benang-benang fibrin menyebabkan luka yang mengeluarkan darah akan segera tertutup. Untuk lebih jelasnya, cermati Gambar 5.4.

Protombin merupakan suatu senyawa globulin yang dibentuk oleh hati dan dapat larut dalam plasma darah. Proses pembentukan protombin dibantu oleh vitamin K. Karena itu, apabila kita kekurangan vitamin K, luka yang mengeluarkan darah akan sulit membeku.

Fibrinogen adalah protein yang memiliki kemampuan untuk larut dalam darah. Sementara benang-benang fibrin tidak memiliki kemampuan untuk itu. Skema berikut dapat memperlihatkan



Gambar 5.4 Proses pembekuan darah

kepada kita proses terjadinya pembekuan darah.

Untuk melihat bentuk sel darah secara langsung terutama sel darah merah dan sel darah putih, kalian dapat melakukan rubrik *Percobaan* berikut secara kelompok.

Percobaan

Mengamati Bentuk Sel Darah Merah dan Sel Darah Putih

A. Dasar Teori

Darah tersusun atas sel-sel darah yang memiliki tiga bentuk sel. Berbagai sel penyusun darah meliputi sel darah merah (eritrosit), sel darah putih (leukosit), dan keping darah (trombosit). Sel darah merah berbentuk cakram bikonkaf dengan diameter kira-kira $7,5 \mu\text{m}$, ketebalan tepi $2 \mu\text{m}$, dan tidak mempunyai nukleus sehingga mudah rusak.

Sementara sel darah putih memiliki bentuk yang bervariasi, terutama saat melewati jaringan dengan ukuran lebih besar dari sel darah merah yakni sekitar $10 \mu\text{m}$. Pada umumnya, sel darah putih mempunyai inti bulat dan cekung, sel darah putih terbagi atas granulosit dan agranulosit. Granulosit merupakan sel darah putih yang memiliki plasma bergranula, misalnya basofil, neutrofil, dan eosinofil. Sementara, agranulosit merupakan jenis sel darah putih yang bercirikan plasma tak bergranula, seperti limfosit dan monosit.

Untuk trombosit, memiliki bentuk bulat kecil dengan diameter berukuran antara 2 sampai $4 \mu\text{m}$. Di dalam selnya tidak terdapat inti sel (nukleus).

B. Tujuan

Mampu membedakan sel darah merah dan sel darah putih, serta memahami cara pembuatan preparat hapusan darah.

C. Alat dan Bahan

1. Lanset
2. Kaca obyek
3. Gelas penutup
4. Mikroskop cahaya
5. Gelas beker 500 ml
6. Pewarna gliemsa atau eosin 1% dalam alkohol
7. Etanol absolut
8. Alkohol 96%
9. Kapas

D. Langkah Percobaan

1. Bersihkan jari tengah kalian dengan kapas yang basah menggunakan alkohol 96%. Kemudian, biarkan jari tersebut kering.
2. Tusuklah jari secara perlahan dengan menggunakan lanset darah yang telah dibersihkan dengan alkohol 96%. Selanjutnya, hapuslah darah yang pertama kali keluar tersebut.
3. Kemudian, teteskan darah yang keluar berikutnya secara langsung di atas salah satu sisi kaca obyek yang telah dibersihkan.
4. Sentuhkan kaca obyek yang lain pada tetesan darah, sehingga membentuk sudut 30° dengan kaca obyek yang ada tetesan darahnya.
5. Doronglah tetesan darah pada ujung yang lain dengan cepat dan merata, sehingga terbentuk lapisan atau bayangan darah yang tipis. Selanjutnya, biarkan semir darah itu menjadi kering.
6. Rendamlah semir darah tersebut ke dalam etanol absolut 5 sampai 10 menit, kemudian keringkan.
7. Setelah kering, tetesi semir darah tersebut dengan pewarna gliemsa hingga merata, biarkan selama kurang lebih 20 menit.
8. Kelebihan zat warna pada semir darah di cuci dengan cara mengalirkan air kran secara perlahan atau dengan mengalirkan air dalam pipet.
9. Periksa di bawah mikroskop, jika pewarnanya masih pudar atau kurang baik dapat ditetesi lagi pewarna gliemsa dan biarkan selama 10 hingga 20 menit.
10. Keringkan pada tempat yang tidak terkena cahaya matahari secara langsung.
11. Jika ingin dibuat preparat permanen, tetesi dengan entilen, kemudian tutup dengan kaca penutup.
12. Setelah itu, amatilah preparat tersebut di bawah mikroskop. Mulai pengamatan dari pembesaran lemah hingga pembesaran kuat.
13. Gambarkan sel-sel darah yang kalian temui dalam pengamatan ini.

Perhatian: Hati-hatilah saat menusuk jari kalian dengan lanset. Jangan terlalu keras karena bisa menimbulkan luka yang cukup serius. Sebaiknya kalian melakukan percobaan ini dengan cermat dan tidak terburu-buru supaya hasil yang diperoleh optimal. Seluruhnya dengan pengawasan guru kalian.

E. Pembahasan

1. Bagaimanakah perbandingan bentuk sel darah merah dan sel darah putih yang kalian amati?
2. Adakah perbedaan yang mencolok dari struktur/bentuk sel darah merah dan sel darah putih?
3. Bandingkan pula struktur darah yang kalian amati dengan gambar/foto struktur darah pada buku referensi.
4. Presentasikan hasil yang kalian peroleh di depan kelompok lainnya.
5. Kumpulkan hasil yang diperoleh kepada Bapak/Ibu Guru.

b. Golongan Darah dan Transfusi Darah

Darah pada tubuh kita memiliki suatu golongan tertentu yang berbeda dengan golongan darah orang lain. Golongan darah diperoleh dari tipe antigen yang terdapat dalam sel. Golongan darah ini sangat berperan bagi kita saat terjadi transfusi darah. Sebelum kalian mengetahui uraian ini, terlebih dahulu lakukan *Diskusi* berikut bersama teman sebangku.

D i s k u s i

Pada kartu identitas penting yang kita miliki seperti Surat Izin Mengemudi (SIM) dan Kartu Tanda Penduduk (KTP) tercantum golongan darah. Menurut kalian, apa manfaat mencantumkan golongan darah pada SIM dan KTP? Kemudian, apa pula kaitannya dengan transfusi darah? Presentasikan hasil yang kalian peroleh di depan kelas.

1) Golongan Darah

Darah manusia dapat dikelompokkan (digolongkan) berdasarkan atas ada tidaknya antigen yang terdapat pada permukaan luar membran sel darah merah (eritrosit). Antigen yang dimaksud dinamakan **aglutinogen**. Antigen sel darah merah merupakan suatu bagian berupa glikoprotein atau glikolipid yang bersifat genetis. Antigen yang telah dikenali pada sel darah merah yaitu antigen A dan antigen B.

Di dalam plasma darah terdapat antibodi yang disebut **aglutinin**. Aglutinin merupakan antibodi yang bereaksi dengan antigen dan terdapat pada permukaan sel darah merah. Sesuai jenis aglutinogen, ada dua jenis aglutinin yaitu aglutinin α (anti-A) dan aglutinin β (anti-B). Jika kedua aglutinin ini bereaksi dengan antigen, sel darah merah akan menggumpal satu sama lain atau mengalami lisis. Proses yang demikian dinamakan **aglutinasi (penggumpalan darah)**.

Ahli ilmu tentang kekebalan tubuh (imunologi) berkebangsaan Austria, **Karl Landsteiner** (1868-1943), mengelompokkan golongan darah manusia menjadi golongan darah A, B, AB dan O atau 0 (nol). Penggolongan darah semacam ini dinamakan **sistem ABO** atau **ABO**. Selain sistem ini, darah dapat juga digolongkan dalam sistem Rhesus (Rh).

a) Penggolongan Darah Sistem ABO

Sel darah merah ada yang memiliki antigen A, antigen B, dan antigen A,B. Tetapi ada juga sel darah merah yang tidak memiliki antigen A maupun B. Sel darah ini hanya memiliki aglutinin pada plasma darahnya saja.

Seseorang akan memiliki golongan darah A, bila sel darah merahnya memiliki antigen A dan plasma darahnya memiliki aglutinin β (anti-B). Seseorang akan bergolongan darah B, bila sel darah merahnya memiliki antigen B

dan plasma darahnya memiliki aglutinin α (anti-A). Kemudian, orang akan bergolongan darah AB, jika sel darahnya memiliki antigen A dan B, tetapi dalam plasma darahnya tidak memiliki aglutinin α dan β . Sementara, orang akan bergolongan darah O atau 0, bila sel darahnya tidak memiliki antigen A dan B, hanya dalam plasma darahnya memiliki aglutinin α dan aglutinin β .

Supaya kalian lebih paham, coba kalian perhatikan Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Golongan Darah, Aglutinogen, dan Aglutinin

Golongan	Aglutinogen pada sel darah merah	Aglutinin pada plasma darah
A	A	β (anti-B)
B	B	α (anti-A)
AB	A dan B	tidak ada
O atau 0	tidak ada	α (anti-A) dan β (anti-B)

Apabila sel darah merah seseorang mengandung aglutinogen A dan serum darahnya membuat aglutinin β , maka orang tersebut mempunyai **golongan darah A**.

Sebaliknya, apabila sel darah merah seseorang mengandung aglutinogen B dan serum darahnya membuat aglutinin α , maka orang tersebut dikategorikan **golongan darah B**.

Kemudian, apabila sel darah merah seseorang mengandung aglutinogen A dan B, sementara serum darah tidak dapat membuat aglutinin α maupun β , maka orang tersebut mempunyai **golongan darah AB**.

Sebaliknya, bila sel darah merah seseorang tidak mengandung aglutinogen A dan B, sementara serum darahnya dapat membuat aglutinin α dan β , maka orang tersebut mempunyai **golongan darah O** atau **0**.

Supaya kalian lebih paham, coba kalian lakukan rubrik *Percobaan* berikut secara berkelompok.

Percobaan

Menentukan Golongan Darah Sistem AB0

A. Dasar Teori

Menurut sistem ABO atau AB0, sel darah manusia dapat digolongkan empat kategori, yaitu golongan darah A, B, AB, dan O atau 0. Penggolongan darah ini didasarkan pada tipe antigen yang berada pada membran plasma darah. Golongan darah A memiliki antigen A dan aglutinin α . Golongan darah B mempunyai antigen B dan aglutinin β . Golongan darah AB memiliki antigen A dan B saja, tidak memiliki aglutinin. Sedangkan golongan darah O atau 0 (nol) tidak memiliki antigen, namun dapat membuat aglutinin α dan β .

Galeri

Serum



Dok. PDM

Serum merupakan cairan yang berisi nutrien, elektrolit, albumin, imunoglobulin, dan ampas metabolisme. Fungsi serum salah satunya adalah untuk mengetahui kandungan antigen tertentu pada darah seseorang. Antigen yang diperoleh dapat digunakan untuk menentukan golongan darah seseorang.

Antigen yang terdapat pada plasma sel darah merah ini dinamakan aglutinogen. Apabila **aglutinogen** bercampur dengan aglutinin yang tidak sesuai, maka dapat terjadi penggumpalan. Peristiwa penggumpalan ini dinamakan **aglutinasi**. Misalnya saja, aglutinasi A (bergolongan darah A) diberi zat anti A atau aglutinin A, maka akan terjadi penggumpalan.

B. Tujuan

Mengetahui dan menentukan golongan darah manusia

C. Alat dan Bahan

1. Kaca obyek
2. Lanset
3. Kapas
4. Spidol
5. Tusuk gigi atau pengaduk lainnya
6. Pipet
7. Alkohol 70%
8. Serum anti A dan anti B

D. Langkah Percobaan

1. Pilih tiga sampai empat orang dari anggota kelompok kalian atau seluruh anggota untuk diambil sampel darahnya.
2. Bersihkan ujung jari tengah teman atau anggota kelompok kalian dengan menggunakan kapas yang telah diberi alkohol 70%.
3. Tusukkan lanset pada ujung jari tengah tersebut, kemudian teteskan darah yang keluar pada kaca obyek berlingkaran A dan B.
4. Berilah setetes serum anti-A pada tetes darah lingkaran A, dan serum anti-B pada tetes darah lingkaran B.
5. Kemudian aduk darah yang telah diberi anti serum dengan menggunakan tusuk gigi atau pengaduk lainnya.
6. Setelah 5 menit, kalian amati ada tidaknya penggumpalan pada campuran darah dan serum tersebut.
7. Kalian dapat melaporkan hasilnya dalam bentuk tabel.

Perhatian: Hati-hati saat menusukkan lanset pada jari tangan, jangan terlalu keras dan dalam, sehingga tidak menjadi luka yang serius. Seluruhnya dengan pengawasan guru atau petugas kesehatan.

E. Pembahasan

1. Di antara sampel darah yang tersedia, manakah yang mengalami penggumpalan (aglutinasi)?
2. Mengapa ada sampel darah yang mengalami penggumpalan dan ada pula yang tidak?
3. Tentukan tipe antigen yang dimiliki dari beberapa sampel darah tersebut.
4. Tentukan golongan darah yang dimiliki masing-masing sampel darah tersebut.
5. Laporkan hasil percobaan ini di depan kelompok lain. Kemudian, kumpulkan kepada guru kalian.

b) Golongan Darah Sistem Rhesus (Rh)

Selain sistem ABO, dalam penentuan golongan darah manusia dapat pula menggunakan sistem Rhesus (Rh). **Reshus** atau **Rh** merupakan antigen lain yang terdapat pada sel darah merah. Istilah Rh berasal dari “rhesus”, karena antigen ini pertama kali ditemukan tahun 1940 oleh **Landsteiner** dan **A.S. Wenner** di dalam darah kera *Mocacus rhesus*. Sel darah yang memiliki antigen Rh disebut **Rh⁺** (Rhesus positif), sedangkan yang tidak memiliki antigen Rh disebut **Rh⁻** (Rhesus negatif).

Apabila orang yang memiliki darah Rh negatif ditransfusi dengan darah Rh positif (Rh^+), orang bergolongan darah Rh negatif (Rh^-) tersebut dengan segera akan membentuk antibodi anti-Rh, sehingga terjadi aglutinasi darah.

Masalah akan timbul jika seorang ibu berdarah Rh negatif mengandung bayi dengan darah Rh positif. Meskipun sistem peredaran darah ibu dan anak terpisah, namun acapkali ada sedikit sel-sel darah yang masuk pada sistem peredaran darah ibu melalui plasenta. Kejadian ini biasanya terjadi pada saat terakhir kehamilan.

Untuk merespons sel darah yang asing tersebut, darah ibu akan membentuk antibodi. Antibodi tersebut masuk ke dalam sistem peredaran darah bayi melalui plasenta. Darah bayi merupakan protein asing (antigen) bagi antibodi, sehingga antibodi akan bereaksi terhadap darah bayi, akibatnya terjadi aglutinasi. Adanya aglutinasi dalam sel darah akan menyebabkan anemia, dan nama penyakit tersebut dinamakan *eritroblastosis foetalis*. Apabila penyakit ini tidak bisa ditangani, bayi bisa mengalami kematian. Coba kalian perhatikan Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Golongan Darah Rhesus dengan Antigen/Aglutinogen dan Aglutinin/Antibodi

Golongan darah	Antigen/Aglutinogen	Aglutinin/Antibodi
Rhesus positif (Rh^+)	ada antigen Rhesus	ada antibodi anti-Rh
Rhesus negatif (Rh^-)	tidak ada antigen Rhesus	tidak ada antibodi anti-Rh

2) Transfusi Darah

Saat seseorang kekurangan darah, baik karena kecelakaan atau pascaoperasi, membutuhkan tambahan darah dari orang lain sehingga jumlah darah dalam tubuhnya normal kembali. Karena itu, dibutuhkan proses tersendiri untuk memasukkan darah ke dalam tubuh orang tersebut. Proses memasukkan darah milik seseorang ke dalam tubuh orang lain dinamakan **transfusi darah**.

Guna mengetahui proses transfusi darah, coba kalian lakukan bersama kelompok kalian rubrik *Diskusi* berikut.



Gambar 5.5 Transfusi darah dilakukan pada orang yang kekurangan darah

D i s k u s i

Adakah syarat tertentu supaya proses transfusi darah dapat berlangsung? Dapatkah darah semua orang ditransfusikan kepada seseorang yang membutuhkan? Berikan alasannya.

Pada proses transfusi darah, orang yang memberikan darah kepada orang lain dinamakan **donor**. Sedangkan orang yang menerima darah dari orang lain dinamakan **resipien**. Sebelum dilakukan transfusi darah kepada resipien, golongan darah dari donor dan resipien perlu diketahui. Sebab, untuk melakukan



Gambar 5.6 Donor darah dilakukan seseorang sebagai wujud rasa sosial antarsesama

transfusi darah, darah yang akan ditransfusikan tidak asal saja, namun harus sesuai dengan tipe darah si resipien.

Apabila golongan darah resipien A, maka diberikan darah donor yang bergolongan darah A. Demikian pula golongan darah B, AB dan O atau 0, saat transfusi darah semuanya diberi darah yang sesuai. Andaikan tidak dilakukan, dikhawatirkan akan terjadi penggumpalan pada darah sehingga menimbulkan kematian bagi resipien.

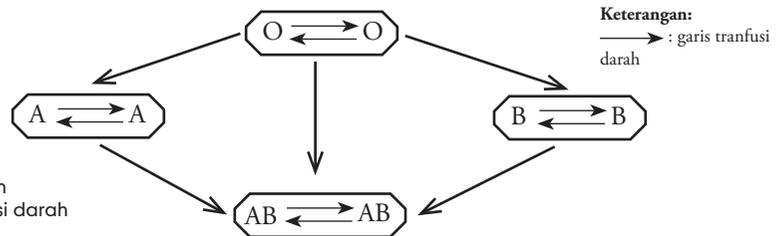
Namun demikian, dalam kondisi tertentu, seseorang bergolongan darah AB dapat menjadi resipien dari semua golongan darah, baik tipe A, B, AB maupun O. Sebaliknya, orang yang bergolongan darah O atau 0 (nol) dapat mendonorkan darahnya kepada semua golongan darah. Kondisi yang seperti ini bagi orang bergolongan darah AB dinamakan **resipien universal**, sedangkan bagi orang yang memiliki golongan darah O atau 0 (nol) dinamakan **donor universal**. Simak Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Aglutinasi Sel-Sel dari Berbagai Golongan Darah dengan Aglutinin anti-A dan Aglutinin anti-B.

Golongan darah	Aglutinin anti-A	Aglutinin anti-B
O atau 0 (nol)	-	-
A	+	-
B	-	+
AB	+	+

Untuk mengetahui kemungkinan transfusi darah berdasarkan golongan darah seseorang, kalian dapat pula melihat diagram pada Gambar 5.7 berikut.

Nah, supaya pengetahuan kalian tentang golongan darah sistem



Gambar 5.7 Diagram kemungkinan transfusi darah

ABO dan sistem Rhesus lebih lengkap, kalian dapat menyelesaikan rubrik *Telisis* berikut.

Telisis

Bersama kelompok kalian, coba carilah informasi yang terkait dengan pemanfaatan golongan darah dan proses transfusi darah bagi masyarakat kita. Kalian dapat mencari informasi tersebut lewat surat kabar, majalah, internet, rumah sakit, atau tempat-tempat yang terkait dengan hal tersebut. Kumpulkan hasilnya kepada Bapak/Ibu Guru sebagai portofolio.

2. Alat-alat Peredaran Darah

Di dalam tubuh manusia, ada berbagai organ yang terkait dengan sistem peredaran darah. Organ yang menunjang dalam sistem peredaran darah adalah jantung (*cor*) dan pembuluh darah, seperti pembuluh darah balik (vena), pembuluh darah besar (arteri), dan pembuluh darah kecil (kapiler). Pahami struktur dan fungsi berbagai organ tersebut pada uraian berikut.

a. Jantung (*Cor*)

Jantung merupakan salah satu organ tubuh manusia yang sangat penting. Sebab, jantung berfungsi sebagai alat pemompa darah sehingga dapat tersalurkan ke seluruh tubuh. Jantung terletak di dalam rongga dada, di antara kedua paru-paru dan agak di sebelah kiri. Ukurannya sebesar kepalan tangan pemiliknya dengan berat sekitar 300 gram.

Untuk mengetahui adanya jantung pada rongga dada kalian, coba lakukan *Telisik* berikut.

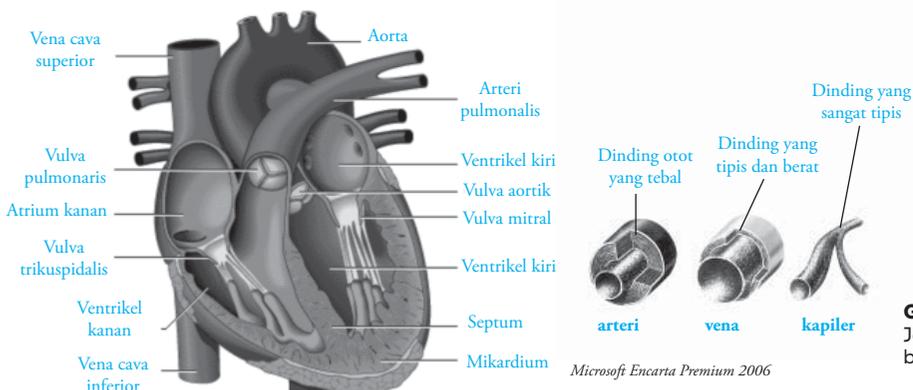
Telisik

Bersama teman sebangku kalian, dengarkan suara jantung yang berdenyut dengan menempelkan telinga kalian pada dada teman kalian yang lain. Apakah ada suara yang berasal dari rongga dada tersebut?

Perhatian: kegiatan ini dilakukan antara siswa berkelamin sejenis, siswa laki-laki dengan siswa laki-laki. Kemudian, siswa perempuan dengan siswa perempuan yang lain.

Pada jantung terdapat tiga lapisan, meliputi endokardium, miokardium, dan perikardium. **Endokardium** adalah suatu lapisan yang berupa selaput dengan peran pembatas ruangan jantung. Di dalamnya terdapat lapisan pembuluh, saraf, dan berbagai kapiler yang berasal dari sistem peredaran darah. **Miokardium** merupakan lapisan dalam jantung yang tersusun atas otot jantung. **Perikardium** merupakan lapisan yang berupa selaput dengan fungsi sebagai pembungkus jantung.

Perikardium terbagi lagi dalam dua lapisan. Lapisan luar perikardium dinamakan **lamina parietalis**, kemudian lapisan dalam perikardium dinamakan **lamina viseralis**. Di antara kedua lapisan tersebut terdapat suatu cairan yang mencegah terjadinya gesekan antara permukaan luar jantung dengan organ-organ lainnya, yang disebut **cairan perikardi**. Perhatikan Gambar 5.8.



Gambar 5.8
Jantung dan bagian-bagiannya

Jantung mempunyai dua pompa yang berdampingan, dan setiap pompa mempunyai dua bilik, yaitu atrium atas dan ventrikel bawah. Sehingga di dalam jantung terdapat empat bagian, yakni atrium atas meliputi atrium kanan (*atrium dexter*) dan atrium kiri (*atrium sinister*), kemudian ventrikel bawah meliputi ventrikel kanan (*ventricle dexter*) dan ventrikel kiri (*ventricle sinister*).

Dua bilik jantung tersebut dipisahkan oleh sekat (septum) berupa otot padat. Saat masih bayi, di antara kedua bilik masih terdapat lubang yang disebut **foramen ovale**. Kurang lebih 10 hari setelah kelahiran, lubang ini akan tertutup.

Atrium merupakan ruangan jantung yang berperan sebagai tempat masuknya darah dari pembuluh balik (vena). Di antara atrium kiri dan ventrikel kiri terdapat **katup valvula mitral** atau **katup valvula bikuspidalis**. Saat jantung berkontraksi, katub ini akan mencegah darah dalam ventrikel kiri agar tidak mengalir kembali ke atrium kiri.

Pada jantung, ventrikel mempunyai otot yang lebih tebal dibandingkan atrium. Sebab, darah yang berada dalam ventrikel, akan dipompa keluar jantung. Kemudian, antara atrium kanan dan ventrikel kanan terdapat suatu katub yang disebut **katup valvula trikuspidalis** (katub berdaun tiga). Adanya katup ini menjadikan darah dalam ventrikel kanan tidak mengalir kembali ke atrium kanan. Sementara, katup-katup lainnya ialah **katup semilunaris** berbentuk bulan sabit, yaitu katup yang berada di antara atrium kiri dan pembuluh darah besar (aorta), dan katup antara bilik kanan dengan arteri pulmonalis.

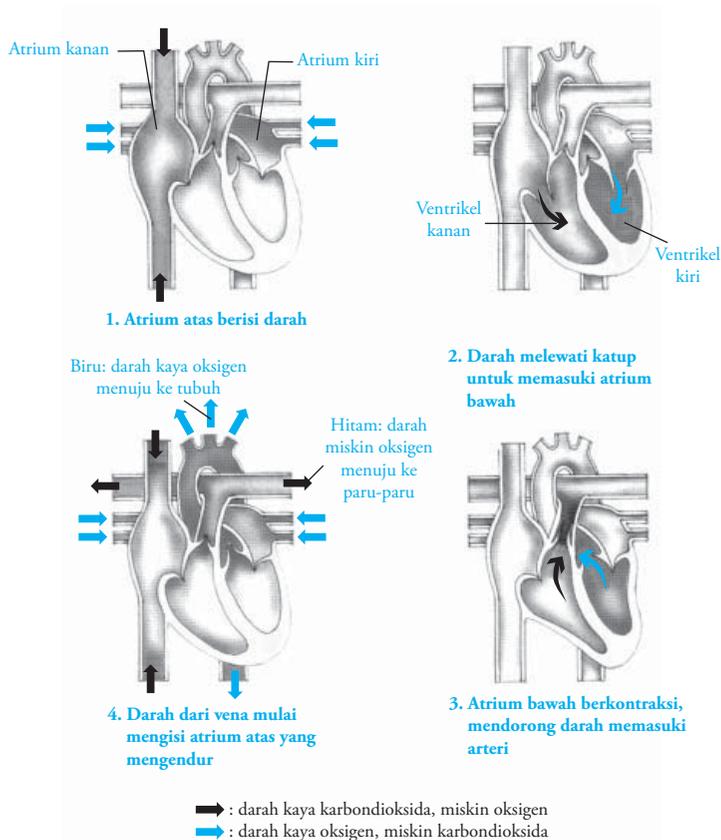
Dinding jantung tersusun dari otot-otot jantung (miokardium). Otot-otot ini tidak pernah lelah dan berkontraksi setiap detik atau lebih sering selama pemilikinya hidup. Karena itu, jantung memerlukan banyak energi yang berasal dari zat-zat makanan dan oksigen. Pemenuhan zat makanan dan oksigen ini dibawa oleh darah memasuki jantung melalui **pembuluh koroner**. Adanya penyumbatan atau penyempitan, kerja otot jantung terganggu atau bahkan terhenti. Sehingga, orang yang mengalaminya bisa meninggal mendadak. Keadaan ini dinamakan **penyumbatan koroner** atau **serangan jantung** (*infrak miokard*).

Pada dinding jantung atas sebelah kanan terdapat **nodus sinoatrial** (Nodus S-A) dan berfungsi memicu jantung untuk berdenyut setiap detik. Jaringan ini dinamakan. Impuls yang ditimbulkan nodus S-A akan menyebar ke seluruh otot atrium. Otot-otot atrium berkontraksi sehingga darah dari atrium masuk ke ventrikel.

Impuls dari nodus S-A, secara perlahan mencapai **nodus artrio-ventrikular** (Nodus A-V) yang berada pada bagian bawah sekat atrium. Selanjutnya, impuls diteruskan melalui berkas His menyebabkan otot ventrikel berkontraksi. Peristiwa ini disebut **sistole**, yaitu kondisi jantung mengempis sehingga menyebabkan darah terpompa keluar dari jantung.

Saat ventrikel berkontraksi, tekanan darah di dalam ventrikel meningkat, akibatnya darah mendesak katub trikuspidalis dan katub

bikuspidalis menutup. Sementara desakan darah dari ventrikel kiri ke aorta dan ventrikel kanan ke arteri pulmonalis mengakibatkan katup-katup semilunaris terbuka. Untuk memahami proses peredaran darah yang melalui jantung, cermati Gambar 5.9 di bawah ini.



Gambar 5.9 Proses peredaran darah pada jantung manusia

Ketika darah keluar dari ventrikel kiri melewati katup semilunaris, masih ada sebagian darah di dalam aorta yang belum dialirkan. Tekanan darah saat kondisi demikian dinamakan tekanan sistole. Dalam keadaan normal, besar tekanan sistole berkisar 120 mmHg.

Setelah pengosongan ventrikel, otot-otot ventrikel mengalami relaksasi atau disebut **diastole**, yaitu kondisi jantung mengembang yang mengakibatkan darah mengalir menuju jantung. Ini terjadi disebabkan tekanan di dalam ventrikel lebih rendah daripada tekanan di dalam aorta, sehingga menyebabkan darah dari aorta mendesak kembali ke jantung. Akibatnya, katub semilunar menutup. Sementara, darah di dalam aorta sebagian dialirkan menuju berbagai arteri. Sehingga, tekanannya pada keadaan normal menurun sampai 80-mmHg dan kondisi ini disebut **tekanan diastole**.

Tekanan darah dapat diukur dengan menggunakan **tensimeter** atau **sfigmomanometer**. Tekanan darah pada orang normal antara



Gambar 5.10 Menggunakan sphygmomanometer dalam mengukur tekanan darah

120 mmHg pada sistole dan 80 mmHg pada diastole (120/80 mmHg). Dengan mengetahui tekanan darah seseorang, kita akan mengetahui pola kekuatan jantung saat memompa darah. Jantung akan terus-menerus memompa darah dengan cara berkontraksi, sehingga jantung dapat mengembang dan mengempis. Adanya kontraksi jantung ini, timbullah denyutan yang dapat kita rasakan pada pembuluh nadi di beberapa tempat.

Dengan pengukuran frekuensi denyut nadi, tingkat kesehatan jantung seseorang dapat diketahui. Untuk itu, kalian dapat menghitung frekuensi denyut nadi melalui rubrik *Percobaan* berikut secara kelompok.

Percobaan

Menghitung Denyut Nadi

A. Dasar Teori

Jantung berdenyut pada kecepatan yang berbeda-beda, tergantung pada gerak yang dilakukan oleh tubuh. Adanya kontraksi jantung menimbulkan denyutan di pembuluh nadi pada beberapa tempat, misalnya pergelangan tangan. Ketika tubuh sedang aktif, otot-otot membutuhkan energi dan oksigen yang lebih banyak oleh darah. Oleh karena itu, jantung berdenyut lebih cepat, 120 kali atau lebih setiap menit. Sementara saat istirahat, jantung melambat 60 hingga 80 denyutan per menit.

Selain karena adanya aktivitas seseorang, kecepatan denyutan jantung juga dipengaruhi oleh usia, berat badan, jenis kelamin, dan kesehatan seseorang. Orang yang terkejut memiliki denyut nadi lebih cepat. Kemudian, denyut nadi anak-anak lebih cepat dibandingkan orang dewasa.

B. Tujuan

Menghitung denyut nadi manusia

C. Alat dan Bahan

1. *Stop watch*
2. Jam tangan
3. Beberapa siswa

D. Langkah Percobaan

1. Dudukan seorang siswa di atas kursi.
2. Raba nadi pada pergelangan tangan siswa tersebut dengan jari telunjuk, jari manis, dan jari tengah sampai terasa denyutan.
3. Hitunglah jumlah denyut nadi selama 1 menit. Ulangi selama tiga kali, kemudian hitunglah rata-rata denyut nadi setiap menit.
4. Lakukan hal yang sama pada siswa tersebut sesudah melakukan olah raga (jalan/lari kecil di tempat) selama 5 menit. Hitung rata-rata denyut nadi tiap menit sesudah kegiatan.
5. Lakukan pengamatan terhadap beberapa siswa, misalnya 4 sampai 5 siswa.
6. Salin tabel berikut, kemudian masukkan hasil perhitungannya.

Tabel Pengamatan Denyut Nadi

No	Nama Siswa	Jumlah denyut nadi					
		Waktu Istirahat			Sesudah Kegiatan		
		I	II	III	I	II	III
1							
2							
3							
4							
5							

E. Pembahasan

1. Berapakah denyut nadi rata-rata teman kalian setiap menit?
2. Apakah setiap siswa memiliki denyut nadi rata-rata per menit yang sama?
3. Apakah denyut nadi rata-rata per menit saat istirahat dan setelah istirahat masing-masing siswa sama? Jika tidak, berapa selisihnya dan apa pula alasannya?
4. Simpulkan hasil percobaan kalian, dan laporkan hasilnya di depan kelompok lainnya. Setelah itu, kumpulkan hasil tersebut kepada Bapak/Ibu Guru.

Waktu yang diperlukan otot-otot selama sistole dalam istirahat ± 0,27 detik, sedangkan saat diastole sekitar 0,52 detik. Sehingga, satu denyut jantung memerlukan kira-kira 0,80 detik. Frekuensi denyut jantung dalam keadaan istirahat ± 70 kali per menit. Dalam melakukan kerjanya, frekuensi denyut jantung ini dapat bekerja karena dikendalikan oleh saraf simpatik dan saraf parasimpatik.

b. Pembuluh Darah

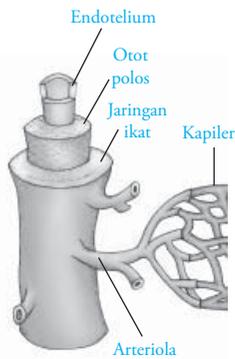
Selain jantung sebagai alat pemompa darah, darah juga memerlukan pembuluh darah untuk beredar ke seluruh tubuh. Pembuluh darah berbentuk bulat, dengan ukuran yang beragam. Diameternya sekitar 0,01 hingga 20 mm.

Berdasarkan fungsinya, pembuluh darah dibedakan menjadi 3 macam yakni pembuluh nadi (arteri), pembuluh darah balik (vena), dan pembuluh darah kapiler. Simak penjelasannya berikut.

1) Pembuluh Nadi (Arteri)

Pembuluh nadi atau **arteri** merupakan pembuluh darah yang mengalirkan darah dari dalam jantung ke seluruh tubuh. Bisa saja diartikan pembuluh darah yang mengalirkan darah keluar dari jantung. Diameter pembuluh nadi bervariasi, mulai dari yang paling besar yaitu aorta (± 20 mm) sampai ke cabang-cabang yang paling kecil yaitu arteriol (± 0,2 mm). Kebanyakan pembuluh nadi mengalirkan darah yang mengandung oksigen.

Pada pembuluh nadi terdapat dinding yang bersifat elastis (kenyal) dan mampu berkontraksi. Dinding pembuluh nadi ini terdiri atas 3 macam jaringan, meliputi jaringan ikat pada lapisan paling luar, jaringan otot yang tebal, dan jaringan endotelium yang melapisi permukaan dalam arteri.



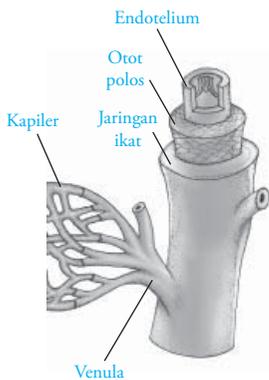
Gambar 5.11 Struktur pembuluh nadi (arteri)

Penimbunan senyawa-senyawa lemak pada dinding arteri dapat menyebabkan penyempitan pembuluh dan hilangnya kenyalan dinding. Kondisi demikian disebut **arteriosklerosis**.

Arteri yang membawa darah dari ventrikel kiri jantung menuju seluruh tubuh disebut **aorta**. Sementara, arteri bercabang-cabang membentuk pipa yang lebih kecil disebut **arteriola**. Arteriola ini membentuk cabang-cabang lebih kecil dan ujung-ujungnya berhubungan langsung dengan sel-sel tubuh. Cabang-cabang inilah yang dinamakan **kapiler**. Lihat Gambar 5.11.

Di dalam sistem peredaran darah, arteri terdiri atas 2 macam, yakni arteri pulmonalis dan arteri hepatica. **Arteri pulmonalis** (arteri paru-paru) merupakan pembuluh nadi yang membawa darah kotor atau mengandung CO_2 keluar dari jantung menuju paru-paru (pulmo). Adapun arteri hepatica merupakan pembuluh nadi yang membawa darah bersih (kaya O_2) menuju ke hepar (hati).

2) Pembuluh Vena (Vena)



Gambar 5.12 Struktur pembuluh darah vena

Pada dasarnya, fungsi pembuluh balik berkebalikan dengan pembuluh nadi. **Pembuluh balik (vena)** berfungsi mengalirkan darah dari seluruh tubuh menuju jantung. Bisa juga disebut, pembuluh balik adalah pembuluh darah yang berasal dari tubuh menuju jantung. Diameter pembuluh balik lebih besar daripada pembuluh arteri, yakni berkisar 25 mm. Pada tubuh manusia, kebanyakan pembuluh nadi terletak pada permukaan tubuh. Sehingga, pembuluh ini terlihat kebiru-biruan pada permukaan kulit.

Pembuluh nadi memiliki dinding arteri, sementara pembuluh balik terdapat dinding vena. Dinding vena juga tersusun atas 3 jaringan, meliputi jaringan ikat pada lapisan paling luar, jaringan otot yang sangat tipis dan kurang elastis/kurang kenyal di tengahnya, dan jaringan endotelium yang melapisi permukaan dalam vena. Perhatikan Gambar 5.12.

Pada vena terdapat cabang yang dinamakan **venula**. Venula bercabang menjadi pembuluh yang lebih kecil lagi, yang disebut kapiler. Selain itu, terdapat vena yang berhubungan secara langsung dengan jantung dan paru-paru. Pembuluh balik demikian dinamakan **vena cava**.

Pada umumnya, darah yang mengalir pada vena mengandung banyak darah kotor kaya CO_2 . Kecuali **vena pulmonalis**, vena yang keluar membawa oksigen dari paru-paru. Oksigen yang dibawa vena pulmonalis ini akan dibawa kembali menuju jantung.

Selain berbagai pembuluh vena tersebut, menurut letaknya, terdapat pula jenis pembuluh balik yang lain. Khususnya vena cava yang memiliki dua jenis pembuluh, yakni vena cava superior dan vena cava inferior. **Vena cava superior** adalah pembuluh vena yang berasal dari organ-organ tubuh bagian atas, seperti kepala,

leher, dan rambut-rambut. Sedangkan **vena cava inferior** adalah pembuluh vena yang berasal dari organ-organ tubuh bagian bawah, seperti lambung, usus, hati, pankreas, paru-paru, ginjal, kaki, dan lain sebagainya.

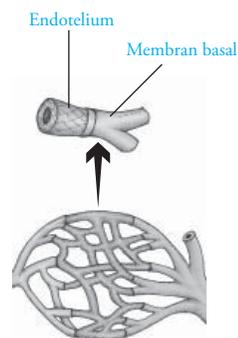
3) Pembuluh kapiler

Pembuluh kapiler merupakan pembuluh darah berbentuk kecil/halus yang berasal dari percabangan pembuluh arteriol dan venula. Pada percabangan pembuluh arteriol, pembuluh kapiler memiliki diameter $\pm 0,10$ mm. Sedangkan pada percabangan venula, pembuluh kapiler memiliki diameter $+ 0,2$ mm.

Pada pembuluh kapiler terdapat sebuah dinding yang bersifat permeabel. Sehingga, cairan tubuh dan zat-zat terlarut yang melewatinya dapat keluar masuk melalui dinding sel tersebut. Selain itu, pada pembuluh kapiler juga terjadi pertukaran oksigen, karbondioksida, dan zat-zat makanan, serta hasil-hasil ekskresi dengan jaringan yang ada di sekeliling kapiler darah. Lihat Gambar 5.13.

Oleh karena kondisi suhu lingkungan dan bahan kimiawi seperti histamin, diameter pembuluh kapiler ini dapat berubah-ubah. Pengaruh pengaruh temperatur/suhu lingkungan yang rendah, pembuluh kapiler dapat mengalami penyempitan. Sebaliknya, apabila suhu lingkungan tinggi (naik) pembuluh kapiler dapat membesar kembali.

Nah, dari penjelasan tersebut kita ketahui bahwa antara arteri, vena dan kapiler saling bekerja sama dalam mengedarkan darah. Ketiganya akan membentuk sistem organ dalam tubuh yang dinamakan sistem peredaran darah.



Gambar 5.13 Struktur pembuluh kapiler

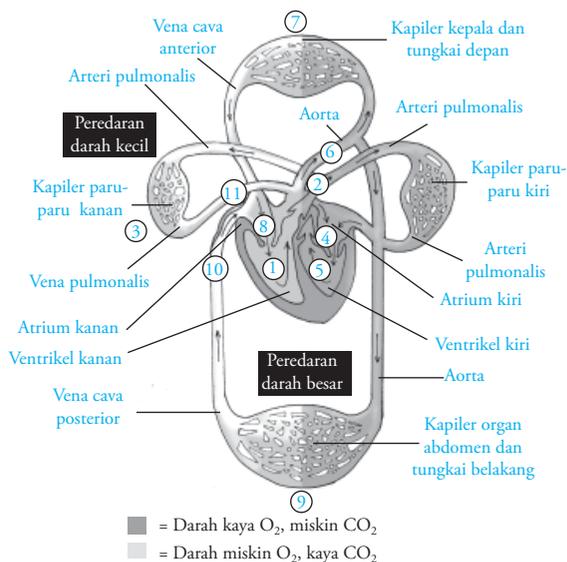
3. Macam Peredaran Darah

Selama kita hidup, darah akan senantiasa beredar setiap saat. Darah itu akan beredar dari jantung ke seluruh tubuh, baik siang maupun malam, tanpa berhenti sampai akhir hayat.

Sembari beredar, darah membawa sari-sari makanan, air, gas oksigen (O_2), karbondioksida (CO_2), hormon, dan garam-garam mineral. Sementara, gas dan zat sisa metabolisme akan diangkut darah menuju alat-alat pengeluaran/pembuangan melalui sistem ekskresi.

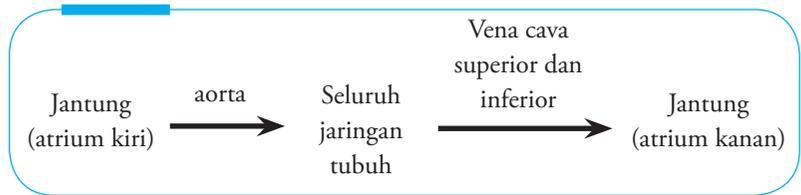
Di dalam tubuh manusia, darah beredar pada pembuluh darah. Oleh karena itu, peredaran darah manusia dinamakan **sistem peredaran darah tertutup**. Perhatikan Gambar 5.14.

Setiap kali beredar, darah melewati jantung sebanyak dua kali. Sehingga, peredaran darah manusia termasuk peredaran darah ganda yang terdiri atas peredaran darah kecil dan peredaran darah besar.



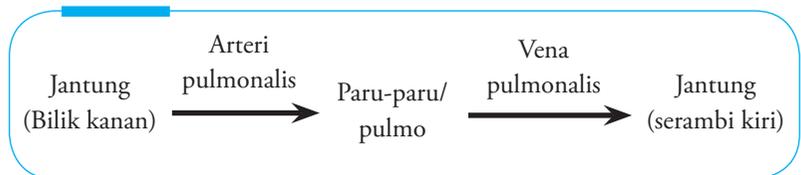
Gambar 5.14 Skema peredaran darah manusia

Peredaran darah besar (peredaran darah pulmonari) adalah peredaran darah dari atrium kiri jantung ke seluruh tubuh, kemudian kembali ke (atrium kanan) jantung lagi. Cermati Gambar 5.15.



Gambar 5.15 Skema peredaran darah besar

Sedangkan **peredaran darah kecil** (peredaran darah sistemik) adalah peredaran darah yang dimulai dari jantung, tepatnya atrium kanan menuju paru-paru, kemudian kembali ke jantung tepatnya ventrikel kiri. Simaklah Gambar 5.16.



Gambar 5.16 Skema peredaran darah kecil

Nah, untuk memantapkan pemahaman kalian mengenai sistem peredaran darah besar dan kecil pada manusia, coba lakukan tugas di rubrik *Telisik* berikut.

Telisik

Bersama kelompok kalian, buatlah skema peredaran darah manusia dari kertas karton. Setiap organ yang dilewati darah saat beredar ditulis pada kertas karton. Jangan lupa, tuliskan judul skemanya pada bagian atas. Setelah itu, kalian dapat mempresentasikan hasilnya di dalam kelas. Kumpulkan hasil tersebut pada Bapak/Ibu Guru.

4. Kelainan dan Penyakit pada Sistem Peredaran Darah

Dalam kehidupan sehari-hari, tubuh kita yang selalu bekerja tiada henti dapat mengalami kelainan atau penyakit. Misalnya saja, kelainan dan penyakit yang terjadi pada sistem peredaran darah tubuh. Di bawah ini dapat kalian simak beberapa contoh kelainan dan penyakit yang terjadi pada sistem peredaran darah manusia.

a. Anemia

Anemia merupakan suatu keadaan dari penderita yang kekurangan eritrosit terutama unsur hemoglobin. Oleh karena itu, ada yang menyebutnya penyakit kurang darah. Kekurangan hemoglobin ini menyebabkan pemenuhan kebutuhan oksigen (O_2) menuju jaringan menurun, sehingga mengganggu fungsi kerja sel.

Gejala anemia antara lain ditandai dengan muka penderita pucat, cepat lelah, sakit kepala, timbulnya bintik-bintik hitam pada mata, jantung berdebar, dan denyut nadi meningkat.

Anemia dapat terjadi juga apabila kita terluka dan kehilangan banyak darah. Sehingga cara yang bisa dilakukan adalah transfusi darah. Kurangnya zat seperti zat besi (Fe) dan vitamin B₁₂ juga bisa menyebabkan anemia.

Selain itu, ada pula anemia yang terjadi secara genetis. Misalnya thalasemia dan anemia bulan sabit (*siclema*). **Thalasemia** merupakan suatu kelainan pada eritrosit, sehingga selnya mudah rapuh dan cepat rusak. Ini terjadi karena sel-selnya tidak mampu mensintesis rantai polipeptida alfa (α) dan rantai polipeptida beta (β) dengan cukup, sehingga hemoglobin tidak terbentuk.

Sementara, anemia **bulan sabit** (*cicle cell anemia*) merupakan anemia yang sel-selnya mengandung tipe hemoglobin abnormal, yang disebut hemoglobin S. Perhatikan Gambar 5.18. Apabila hemoglobin S ini berikatan dengan oksigen (O₂) yang berkonsentrasi rendah, maka akan mengendap menjadi kristal-kristal yang panjang di dalam eritrosit. Kristal-kristal tersebut berbentuk seperti bulan sabit. Hemoglobin yang mengendap ini juga akan merusak membran sel, sehingga sel tersebut menjadi lebih rapuh.

b. Polisitemia

Polisitemia merupakan suatu keadaan kelebihan produksi eritrosit dalam tubuh seseorang. Darah penderita menjadi kental, sehingga memperlambat aliran darah di dalam pembuluh atau dapat juga membentuk gumpalan di dalam darah. Gumpalan darah dapat menyebabkan ganggren/kematian jaringan jika terjadi pada jantung, sehingga dapat menyebabkan kematian bagi penderita. Gejala yang ditimbulkannya dapat berupa sakit kepala dan pusing-pusing.

c. Leukemia (Kanker Darah) dan Agranulositosis

Leukemia atau **kanker darah** merupakan suatu keadaan berupa kelebihan produksi leukosit. Leukimia disebabkan oleh keadaan sumsum tulang atau jaringan limfa yang abnormal, sehingga produksi leukosit berlipat ganda. Oleh karena itu, jumlah leukosit dapat mencapai 500.000 sel per mm³. Di dalam dunia medis, gangguan leukemia ini sukar diobati. Namun, cara yang seringkali dilakukan adalah dengan sinar X, kemoterapi atau terkadang diperlukan transplantasi (pencangkokan) sel-sel mieoloid.

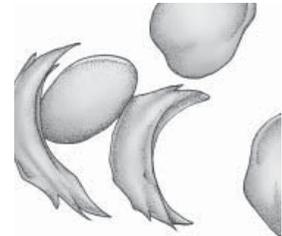
Kebalikan leukimia adalah **agranulositosis**, yakni kekurangan leukosit. Akibat yang ditimbulkan adalah daya tahan tubuh terhadap penyakit menurun.

d. Hemofilia

Hemofilia merupakan penyakit keturunan dengan gejala pendarahan yang sukar dihentikan. Sebanyak 85% dari penyakit ini disebabkan oleh defisiensi faktor VIII. Jenis hemofilia ini disebut hemofilia



Gambar 5.17 Penderita thalasemia



Gambar 5.18 Bentuk eritrosit penderita siclema

A atau hemofilia klasik. Sebanyak 15% pasien sisanya kecenderungan perdarahan disebabkan oleh defisiensi faktor IX. Kedua faktor tersebut diturunkan secara resesif melalui kromosom wanita.

Dinamakan filia karena paling sedikit satu dari kedua kromosom X-nya mempunyai gen-gen yang sempurna. Namun demikian bila salah satu kromosom X-nya mengalami defisiensi, maka akan menurunkan penyakit tersebut kepada separuh anak laki-laki.

e. Trombositopenia

Kelainan ini ditandai dengan sedikitnya jumlah trombosit di dalam sistem peredaran darah. Penderita trombositopenia cenderung mengalami pendarahan seperti halnya pada hemofilia. Bedanya ialah pendarahan trombositopenia berasal dari kapiler-kapiler kecil, dan bukan dari pembuluh besar seperti yang terjadi pada hemofilia.

Sebagai akibat kelainan ini, timbul bintik-bintik pendarahan di seluruh jaringan tubuh. Kulit penderita menampilkan bercak-bercak kecil berwarna ungu, sehingga penyakit itu disebut **trombositopenia purpura**.

f. Hipertrofi

Hipertrofi merupakan suatu keadaan menebalnya otot-otot jantung sebagai akibat katup-katup jantung tidak berfungsi sehingga jantung bekerja ekstra. Akibatnya, saat tertentu, jantung tidak dapat lagi memberi cukup oksigen (O_2) terhadap jaringan.

g. Penyakit Jantung Koroner

Penyakit jantung koroner adalah penyakit jantung yang disebabkan oleh gangguan aliran darah pada pembuluh darah koroner. Pembuluh darah koroner adalah pembuluh darah arteri dan vena, yang mengalirkan darah dari dan ke jantung. Pemicunya adalah arteriosklerosis, yaitu pengerasan pembuluh nadi (arteri) akibat endapan lemak. Sementara, arteriosklerosis adalah pengerasan pembuluh nadi (arteri) akibat endapan zat kapur. Coba kalian perhatikan Gambar 5.19.

j. Embolisme Koroner

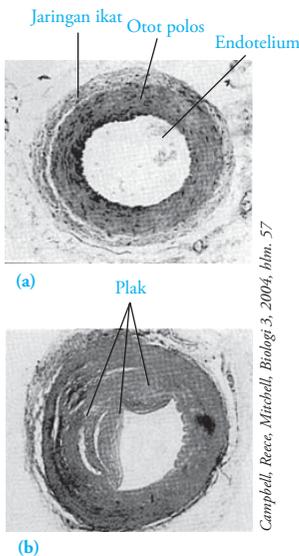
Embolisme koroner merupakan suatu gangguan pada arteri koroner yang mengakibatkan pembuluh terisi oleh bekuan darah secara mendadak. Bekuan darah ini berasal dari bagian tubuh lain yang terbawa oleh aliran darah menuju arteri koroner.

k. Fibrilasi Atrium

Fibrilasi atrium merupakan suatu kelainan pada jantung yang mengakibatkan atrium berdenyut cepat dan tidak beraturan. Kelainan ini terjadi akibat demam rematik dan penyakit tertentu lainnya.

l. Varises

Varises merupakan suatu pelebaran pada pembuluh balik (vena). Varises ini sering terjadi pada bagian bawah tubuh, seperti pembuluh



Gambar 5.19 (a) arteri normal, (b) aterosklerosis

balik pada kaki. Hemaroid atau wasir merupakan varises yang terjadi pada daerah dubur (anus)

m. Flebitis

Flebitis merupakan suatu keadaan gangguan pada vena, yaitu berupa radang vena. Flebitis dapat disebabkan oleh tukak atau abses di luar pembuluh vena. Pada kasus tertentu, flebitis dapat juga terjadi pada vena.

n. Hipertensi dan Hipotensi

Hipertensi atau tekanan darah tinggi terjadi jika tekanan darah sistole lebih besar dari 140 mm Hg atau tekanan diastole lebih besar dari 99 mmHg. Tekanan darah yang ideal adalah tekanan sistole 120 mmHg, dan tekanan diastole 80 mmHg.

Hipertensi ditandai dengan badan lemah, pusing, napas pendek, dan palpitasi jantung. Hipertensi dapat menyebabkan pecahnya pembuluh arteri dan kapiler. Jika terjadi di otak disebut pendarahan otak.

Sebaliknya, hipotensi merupakan suatu keadaan yang ditandai dengan tekanan sistolik dan diastoliknya di bawah ukuran normal. Tekanan darah rendah ditandai dengan gejala badan cepat lelah, tangan dan kaki terasa dingin dan mudah pusing ketika bangun tidur.

o. Hemorage

Hemorage merupakan suatu kelainan berupa pendarahan arteri atau vena, baik pada bagian dalam atau bagian luar tubuh. Hemorage selalu berbahaya. Sebab, apabila pendarahan yang terjadi sebanyak $\pm 30\%$ dari volume darah, penderita dapat mati kehabisan darah.

Selanjutnya, kalian dapat menyelesaikan rubrik *Telisik* berikut.

T e l i s i k

Bersama teman sebangku kalian, coba kalian cari jenis penyakit yang terjadi dalam sistem peredaran darah. Selain itu, cari pula cara mengatasi atau menanggulangi berbagai gangguan/penyakit tersebut lewat majalah, koran, internet, atau media yang lainnya. Presentasikan dan kumpulkan hasil yang kalian peroleh pada guru.

Setelah menyelesaikan rubrik *Telisik*, kalian dapat menguji pema-haman kalian melalui *Uji Kompetensi* berikut.

Uji Kompetensi

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

1. Sebutkan komponen penyusun darah dan fungsinya masing-masing.
2. Organ apa saja yang berperan dalam sistem peredaran darah manusia?
3. Jelaskan maksud sistem peredaran darah

4. Sebutkan dan jelaskan 4 macam kelainan dan gangguan yang terjadi pada sistem peredaran darah manusia serta cara mengatasinya.

Selain manusia, hewan juga memiliki sistem peredaran darah. Darah yang mengalir akan mengangkut nutrisi ke seluruh organ tubuh. Di sisi lain, darah juga mengangkut sisa metabolisme dari berbagai jaringan dalam tubuh. Supaya lebih jelas, sebaiknya kalian simak pahami dan uraian berikut.

B. Sistem Peredaran Darah pada Hewan

Pada prinsipnya, sistem peredaran darah hewan, terutama hewan vertebrata sama seperti manusia. Sistem peredaran darah hewan juga melibatkan alat-alat peredaran darah seperti jantung dan pembuluh-pembuluh darah. Uraian berikut akan mempelajari sistem peredaran darah pada beberapa hewan, baik hewan invertebrata (tak bertulang belakang) dan vertebrata (bertulang belakang).

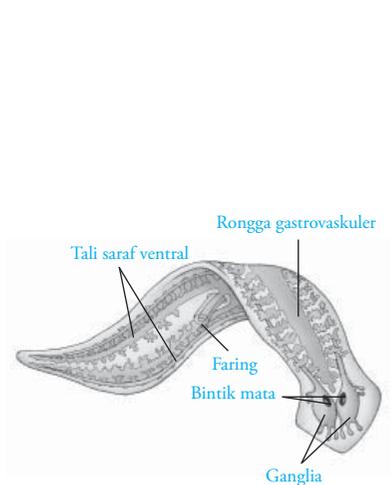
1. Sistem Peredaran Darah pada Invertebrata

Peredaran zat-zat dalam tubuh invertebrata, sebagian besarnya tidak membutuhkan suatu sistem pengangkutan yang khusus. Melalui difusi, transpor aktif, dan aliran sitoplasma, setiap bagian dari tubuh hewan ini cukup terjamin dengan zat-zat berguna. Meskipun demikian, beberapa jenis invertebrata yang lain memiliki sistem sirkulasi khusus. Pada cacing pipih misalnya, memiliki sistem gastrovaskuler untuk mengedarkan darahnya. Kemudian juga cacing tanah dan serangga yang memiliki sistem peredaran darah tersendiri.

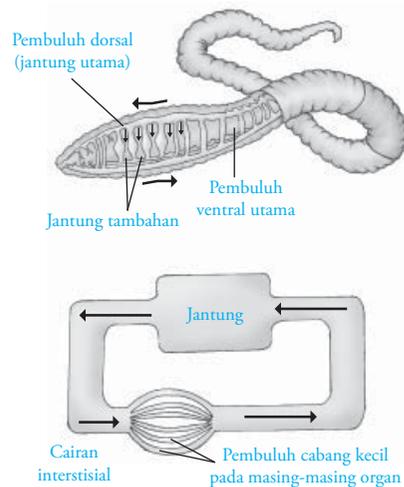
a. Sistem Peredaran Darah pada Cacing (*Vermes*)

Sistem gastrovaskuler atau juga sistem peredaran darah merupakan cara yang digunakan cacing untuk mengedarkan zat-zat dalam tubuhnya. Sistem gastrovaskuler dilakukan oleh cacing (pipih) Planaria, sedangkan sistem peredaran darah dilakukan cacing tanah.

Dalam sistem gastrovaskuler, alat-alat pencernaan makanan cacing Planaria juga berfungsi sebagai alat peredaran darah. Sistem gastrovaskuler ini mempunyai cabang yang banyak jumlahnya. Sehingga, peredaran zat makanan ke seluruh tubuh berjalan lebih cepat. Lihat Gambar 5.20.



Gambar 5.20 Sistem gastrovaskuler pada Planaria



Gambar 5.21 Sistem peredaran darah cacing tanah

Sementara itu, pada cacing tanah (*Lumbricus terrestris*) memiliki sistem peredaran darah yang terdapat *coelomb* dengan alat peredaran darah, seperti pembuluh darah dan jantung. Pembuluh darah cacing ini, terdapat tiga bagian, yakni pembuluh darah punggung, pembuluh darah perut, dan pembuluh darah kapiler.

Masing-masing pembuluh darah ini mempunyai fungsi yang beragam. Pembuluh darah punggung/dorsal berfungsi sebagai pengangkut darah supaya masuk ke jantung. Pembuluh darah perut (pembuluh darah ventral) berfungsi mengalirkan darah ke seluruh tubuh. Sementara, antara pembuluh darah punggung/dorsal dan pembuluh darah perut dihubungkan oleh pembuluh kapiler. Pembuluh darah kapiler ini terdiri atas 5 pasang lengkung aorta, yang berperan sebagai jantung.

Peredaran darah pada cacing tanah dimulai dari jantung yang memompa darah menuju seluruh pembuluh darah. Darah yang diedarkan ini mengandung hemoglobin. Kemudian, darah mengalir kembali ke jantung dengan membawa zat sisa metabolisme. Karena darah beredar melalui pembuluh darah, maka sistem peredaran darah cacing tanah disebut sistem peredaran darah tertutup. Perhatikan Gambar 5.21.

b. Sistem Peredaran Darah pada Serangga (*Insecta*)

Berbeda dengan cacing, sistem peredaran darah serangga tanpa melalui pembuluh darah. Maksudnya, peredaran darah pada serangga berupa **sistem peredaran darah terbuka**. Sebagai contoh, peredaran darah pada belalang. Alat peredaran darah belalang meliputi jantung dan pembuluh darah. Lihat Gambar 5.22.

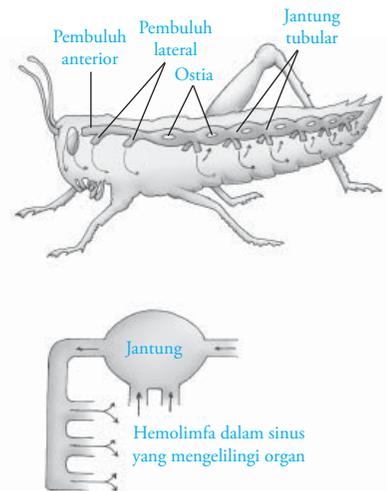
Belalang memiliki jantung yang berbentuk tabung panjang dengan bagian-bagian gelembung pembuluh darah. Letak jantung belalang berada pada punggung, tepatnya di dalam bagian homosoele yang memanjang. Bagian tersebut disebut **sinus**. Sedangkan pembuluh darah besar (aorta) meninggalkan jantung bagian depan, belakang, dan seringkali bagian bawahnya. Kemudian pembuluh darah tersebut menjadi cabang-cabang yang membawa hemolimfa ke berbagai organ dan jaringan-jaringan tubuh. **Hemolimfa** adalah cairan yang tersusun atas darah dan cairan interstisial.

Jantung akan memompa hemolimfa melalui pembuluh ke dalam sinus, sehingga terjadi pertukaran zat-zat antara hemolimfa dan sel. Hemolimfa kembali ke jantung melalui ostia, yang dilengkapi katup. Demikian seterusnya proses ini berlangsung.

Pada belalang, darah tidak melakukan pertukaran oksigen (O_2) dan karbondioksida (CO_2). Namun, pertukaran ini dilakukan melalui **sistem trakea**. Karena itu, darah hanya mengangkut zat makanan/sari-sari makanan.

2. Sistem Peredaran Darah pada Vertebrata

Pada vertebrata, sistem peredaran darah yang terjadi adalah sistem peredaran darah tertutup. Di dalamnya, darah beredar melalui jantung bisa sekali dan bisa pula dua kali. Peredaran darah ini dinamakan



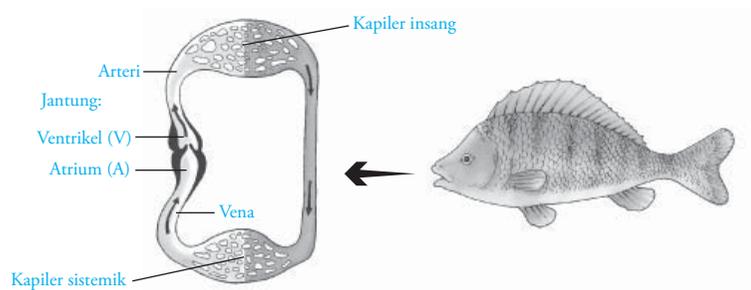
Gambar 5.22 Sistem peredaran darah terbuka pada belalang

peredaran darah tunggal dan peredaran darah ganda. Vertebrata yang memiliki peredaran darah tersebut, misalnya ikan, katak, reptilia, dan burung. Berikut kita simak ulasannya.

a. Sistem Peredaran Darah pada Ikan (*Pisces*)

Dalam sekali peredaran, darah ikan beredar melalui jantung sebanyak satu kali. Sehingga, peredaran darahnya dinamakan sistem peredaran darah tunggal. Darah yang beredar melalui pembuluh darah, oleh karenanya disebut sistem peredaran darah tertutup.

Seekor ikan mempunyai sebuah jantung dengan dua ruangan utama, yaitu satu atrium (serambi) dan satu ventrikel (bilik). Lihat Gambar 5.23.



Gambar 5.23 Peredaran darah pada ikan

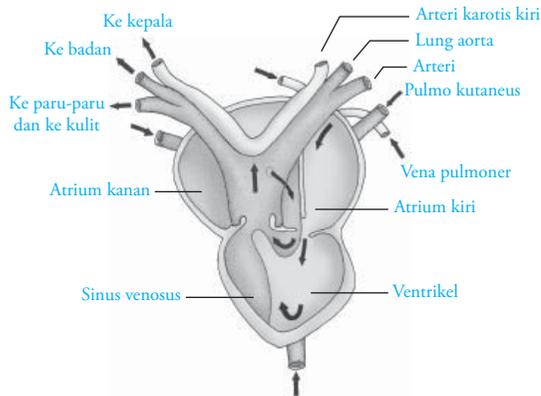
Proses peredaran darahnya, dimulai dengan darah dipompa oleh jantung, tepatnya ventrikel. Kemudian, darah mengalir menuju insang yakni tempat terjadinya pengambilan oksigen oleh darah dan pengeluaran karbondioksida lewat dinding kapiler. Kapiler insang membawa darah kaya oksigen ke seluruh pembuluh kapiler yang terdapat pada bagian tubuh ikan. Selanjutnya, darah akan kembali ke atrium jantung melalui pembuluh balik (vena).

b. Sistem Peredaran Darah pada Katak (*Amfibia*)

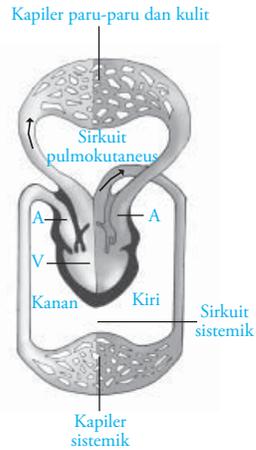
Katak dan amfibia lainnya memiliki sistem peredaran darah tertutup, yakni darah beredar melalui pembuluh darah. Selain itu, darah melewati jantung sebanyak dua kali dalam satu peredaran, yang artinya katak mempunyai sistem peredaran darah ganda.

Pertama kali, darah dari jantung beredar menuju paru-paru (pulma). Kemudian darah yang berasal dari seluruh jaringan tubuh menuju jantung dan selanjutnya diedarkan kembali ke seluruh jaringan tubuh.

Katak dan amfibia lainnya mempunyai jantung yang terbagi tiga ruang, dengan dua atrium (serambi) yakni atrium kanan dan atrium kiri dan juga satu ventrikel (bilik). Di dalamnya juga terdapat katup (sekot) yang mencegah darah pada ventrikel tidak mengalir kembali ke atrium. Cermati Gambar 5.24.



Gambar 5.24 Organ jantung pada katak



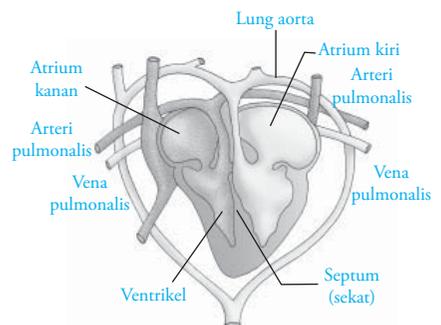
Gambar 5.25 Sistem peredaran darah pada amfibia

Dari berbagai jaringan dan organ tubuh, darah yang mengandung sedikit oksigen (O_2) akan menuju sinus venosus dan dilanjutkan ke atrium kanan. Kemudian, darah dialirkan menuju ventrikel. Setelah itu, darah mengalir menuju arteri pulmonalis. Akhirnya, darah masuk ke paru-paru. Karbondioksida (CO_2) dalam darah pada paru-paru dilepaskan, sedangkan oksigen (O_2) diikat oleh darah. Berikutnya, darah yang banyak mengandung oksigen (O_2) pada paru-paru ini akan dialirkan menuju vena pulmonalis, lantas diteruskan ke atrium kiri jantung. Peredaran darah yang berlangsung demikian dinamakan peredaran darah kecil.

Sementara itu, darah yang mengandung oksigen (O_2) pada atrium kiri jantung akan dialirkan menuju ventrikel. Walaupun sedikit, darah ini akan bercampur dengan darah yang mengandung karbondioksida (CO_2). Selanjutnya, darah dalam ventrikel menuju ductus arteriosus (batang nadi) hingga aorta. Aorta ini memiliki cabang ke kanan dan ke kiri, yang masing-masing bagian terdiri atas tiga arteri, yakni arteri anterior (karotis), lung aorta, dan arteri posterior (arteri pulmo kutaneus). Arteri karotis mengalirkan darah ke kepala dan otak, lung aorta mengalirkan darah ke dalam tubuh, dan arteri pulmo kutaneus mengalirkan darah paru-paru dan kulit. Agar kalian semakin paham mengenai peredaran darah pada Amfibia, cermati Gambar 5.25.

c. Sistem Peredaran Darah pada Kadal (*Reptilia*)

Alat pemompa darah atau jantung reptilia memiliki struktur yang berbeda dibandingkan ikan dan katak. Ini ditunjukkan dari ventrikelnya yang memiliki sekat (septum) tak sempurna. Apabila ventrikel berkontraksi, lubang sekat ini akan menutup, sehingga sesaat ventrikel terbagi menjadi dua bagian yang terpisah, yakni ventrikel kanan dan kiri. Meskipun demikian, jantung reptilia dianggap memiliki tiga bagian, meliputi atrium kanan, atrium kiri, dan ventrikel yang bisa memodifikasi diri. Simak Gambar 5.26.



Gambar 5.26 Organ jantung pada kadal

Adapun pada atrium reptilia, terdapat sekat (septum) sempurna, yang menjadikan darah dari kedua atrium tidak bercampur. Ada juga sekat ventrikel reptilia yang hampir sempurna, contohnya buaya. Sekat di antara ventrikel buaya ini disebut **foramen panizzae**, yang berfungsi mengedarkan oksigen (O_2) ke seluruh jaringan tubuh dan juga menjaga keseimbangan tekanan cairan pada jantung saat buaya menyelam dalam air.

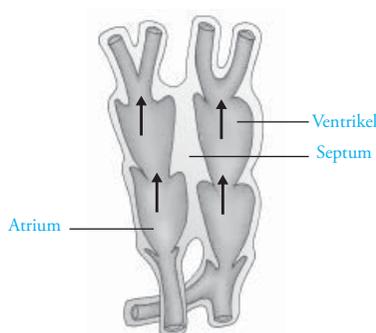
Saat darah reptilia beredar, darah yang mengandung karbondioksida (CO_2) dari seluruh jaringan tubuh dialirkan menuju sinus venosus. Setelah itu, darah menuju atrium kanan, dan dilanjutkan ke ventrikel. Berikutnya, darah mengalir menuju arteri pulmonalis dan akhirnya masuk ke paru-paru. Di dalam paru-paru, kandungan gas karbondioksida (CO_2) dalam darah dilepaskan, sementara gas oksigen (O_2) diikat.

Darah yang berasal dari paru-paru akan menuju atrium kiri melalui vena pulmonalis. Selanjutnya, darah mengalir menuju ventrikel yang diteruskan menuju aorta. Aorta terbagi atas dua lung aorta, yang arahnya ke kanan dan ke kiri. Lung aorta kanan membawa darah yang berasal dari ventrikel kiri untuk diedarkan ke kepala dan anggota tubuh (organ) bagian depan. Sementara lung aorta kiri membawa darah yang berasal dari ventrikel kiri untuk dialirkan ke seluruh anggota tubuh (organ) bagian belakang.

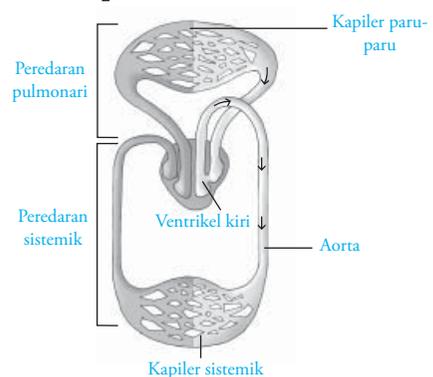
d. Sistem Peredaran Darah pada Burung (*Aves*)

Mirip seperti peredaran darah manusia atau mamalia, burung memiliki tipe sistem peredaran darah ganda dan sistem peredaran darah tertutup. Jadi, selama satu kali beredar, darah melewati jantung sebanyak dua kali.

Oleh karena mirip seperti peredaran darah manusia, jantung burung juga mempunyai bagian-bagian yang sama seperti jantung manusia. Vertebrata ini memiliki jantung yang terdiri atas empat ruang, meliputi atrium kanan, atrium kiri, ventrikel kanan, dan ventrikel bilik kiri. Sekat (septum) di antara ruang tersebut juga sudah terbentuk sempurna, sehingga tidak terjadi percampuran darah kaya oksigen (O_2) dan darah kaya karbondioksida (CO_2). Lihat Gambar 5.27.



Gambar 5.27 Bagian-bagian jantung pada burung



Gambar 5.28 Sistem peredaran darah burung

Proses peredaran darah burung dimulai saat darah yang mengandung karbondioksida dari seluruh jaringan tubuh menuju jantung tepatnya ventrikel kanan. Oleh jantung, kandungan karbondioksida dalam darah dipompa menuju paru-paru untuk dilepaskan, sedangkan gas oksigen diikat paru-paru. Kandungan oksigen dalam darah ini dialirkan menuju ke jantung lagi, selanjutnya masuk ke atrium kiri, dan akhirnya ke ventrikel kiri. Peredaran yang demikian ini dinamakan peredaran darah kecil.

Setelah dari ventrikel kiri, darah yang mengandung oksigen akan diedarkan menuju seluruh sel tubuh. Pada sel-sel tubuh ini, kandungan oksigen dalam darah dilepaskan, sementara gas karbondioksida sebagai sisa metabolisme diikat. Kemudian, darah yang mengandung karbondioksida ini dialirkan menuju jantung. Peristiwa ini akan terjadi berulang-ulang dan dinamakan peredaran darah besar.

Nah, apakah sebenarnya perbedaan alat-alat peredaran darah dan sistem peredaran darah pada hewan? Kalian dapat mengetahuinya dengan menyelesaikan rubrik *Telisik* berikut.

Telisik

Secara mandiri, coba buatlah tabel perbandingan sistem peredaran darah yang terjadi pada masing-masing hewan seperti mamalia, burung, reptilia, amfibi, ikan, serangga, cacing tanah dan cacing pipih.

Tabel Perbandingan Sistem Peredaran Darah Hewan

No	Jenis Hewan	Alat Peredaran Darah	Sistem Peredaran Darah
1	Mamalia	...	...
2	Burung	...	...
3	Reptilia	...	...
4	Amfibi	...	...
5	Ikan	...	...
6	Serangga	...	...
7	Cacing tanah	...	...
8	Cacing pipih	...	...

Sementara itu, kemampuan kalian akan teruji bila menyelesaikan *Uji Kompetensi* berikut.

Uji Kompetensi

Selesaikan soal berikut dengan tepat.

1. Sebutkan alat-alat peredaran darah pada cacing tanah.
2. Bagaimanakah proses terjadinya peredaran darah pada serangga?
3. Apakah perbedaan sistem peredaran darah pada ikan, amfibi, dan burung?

Ikhtisar

1. Darah merupakan jaringan ikat khusus yang terdiri atas plasma darah (55%) dan sel darah (45%). Sebagian plasma darah terdiri atas air (91,5%) dan bahan-bahan yang terlarut, seperti protein (7%), karbohidrat, lemak, hormon, dan garam-garam mineral (1,5%)
2. Sel darah merah (eritrosit) merupakan komponen sel darah yang berperan dalam pengangkutan O_2 ke sel-sel tubuh/sel-sel jaringan tubuh dan mengikat kembali gas CO_2 menuju paru-paru untuk dikeluarkan dari tubuh.
3. Sel darah putih (leukosit) adalah komponen sel darah yang berfungsi dalam pertahanan tubuh.
4. Keping-keping darah (trombosit) adalah bagian sel-sel darah yang berperan dalam proses pembekuan darah (aglutinasi).
5. Penggolongan darah sistem ABO ditemukan oleh Karl Lansteiner (1868-1943), disusun berdasarkan ada tidaknya molekul aglutinogen dan aglutinin dalam sel darah. Darah manusia memiliki golongan darah A, B, AB dan O. Golongan darah O disebut donor universal, sedangkan golongan darah AB disebut resipien universal.
6. Sistem peredaran darah pada manusia melibatkan alat-alat seperti jantung dan pembuluh darah. Jantung merupakan organ tubuh yang berperan dalam memompa darah sehingga mengalir ke seluruh pembuluh darah. Sementara pembuluh darah meliputi arteri (pembuluh darah nadi) yang membawa darah keluar dari jantung, vena (pembuluh darah balik) yang membawa darah menuju ke jantung, dan kapiler yang membawa darah dari arteri ke vena.
7. Jantung manusia terdiri atas 4 ruangan, meliputi atrium kanan (atrium dekster), atrium kiri (atrium sinister), ventrikel kanan (ventrikel dekster), dan ventrikel kiri (ventrikel sinister).
8. Peredaran darah pada manusia terdiri atas peredaran darah kecil (peredaran darah pulmonari) dan peredaran darah besar (peredaran darah sistemik). Sistem peredaran darah kecil dimulai darah dari jantung mengalir paru-paru, kemudian kembali ke jantung. Sementara peredaran darah besar, darah yang berasal dari jantung menuju seluruh tubuh, kemudian kembali lagi ke jantung.
9. Gangguan dan kelainan pada sistem peredaran darah adalah anemia, thalasemia, anemia bulan sabit (*cicle cell anemia*), polisitemia, leukemia (kanker darah), agranulositosis, hemofilia, trombositopenia, hipertrofi, jantung koroner, embolisme koroner, fibrilasi atrium, varises, flebitis, hipertensi, hipotensi, hemorage, dan lain sebagainya.
10. Sistem peredaran darah sebagai cacing adalah sistem peredaran gastrovaskuler.
11. Sistem peredaran serangga (belalang) berupa sistem peredaran darah terbuka. Alat peredaran darah belalang terdiri atas jantung dan pembuluh darah. Jantung mempunyai beberapa gelembung pembuluh darah yang disebut jantung pembuluh.
12. Sistem peredaran darah pada ikan, berupa sistem peredaran darah tertutup, dan peredaran darah ganda, jantung terdiri atas 2 ruangan; atrium (serambi) dan ventrikel (bilik)
13. Sistem peredaran darah pada katak berupa sistem peredaran darah tertutup, dan jantung terdiri atas tiga ruangan yaitu dua serambi/atrium kanan dan kiri dan satu ventrikel (bilik).
14. Sistem peredaran darah pada reptilia, berupa sistem peredaran darah tertutup dan peredaran darah ganda. Jantung reptilia terdiri atas tiga ruangan yaitu dua serambi/atrium kanan dan kiri dan ventrikel. Namun dalam keadaan tertentu dan reptilia tertentu, ventrikel jantung bisa memiliki sekat sempurna sehingga terdiri dua bagian, yakni ventrikel kanan dan kiri. Sebagian besar reptilia belum memiliki sekat sempurna, akibatnya darah mengandung oksigen dan karbondioksida bisa bercampur.
15. Sistem peredaran darah pada aves (burung) berupa sistem peredaran darah tertutup dan peredaran darah ganda. Jantung aves terdiri atas empat ruangan, yaitu dua atrium/serambi kanan dan kiri dan ventrikel (kanan dan kiri). Keempat bagian ini dibedakan oleh sekat yang sempurna, sehingga darah yang mengandung oksigen dan karbondioksida tidak bercampur.

Senarai kata

Aglutinasi Proses penggumpalan darah

Aglutinin Antibodi plasma yang menggumpalkan aglutinogen

Aglutinogen Protein dalam eritrosit yang dapat digumpalkan oleh aglutinin

Agranulosit Leukosit yang plasmanya tidak bergranuler

Anemia Keadaan kurang eritrosit

Antigen Protein asing yang menggerakkan pembentukan antibodi

Aorta Pembuluh nadi yang keluar dari ventrikel kiri jantung menuju seluruh tubuh

Arteri Pembuluh darah nadi yang mengalirkan darah dari kapiler ke jantung

Arteri pulmonalis Pembuluh darah balik yang mengalirkan darah yang kaya akan CO_2

Arteriol Pembuluh nadi yang berhubungan dengan kapiler

Diastole Keadaan jantung mengembang dan darah mengalir ke dalam jantung

Foramen ovale Lubang pada jantung janin

Foramen panizzae Sekat ventrikel yang hampir sempurna pada buaya

Fagositosis Proses memakan benda asing atau protein asing yang masuk ke dalam tubuh oleh sel darah putih

Granulosit Leukosit yang memiliki plasma bergranula

Gastrovaskuler Rongga dalam tubuh invertebrata yang berfungsi sebagai alat pencernaan dan sirkulasi darah

Hemofilia Protein pigmen respirasi yang mengandung zat besi (Fe^{2+}) dan terdapat secara intraseluler

Heparin Mukopolisakarida yang banyak terdapat di dalam hati dan paru-paru yang dapat mencegah pembekuan darah

Jantung pembuluh Pembuluh darah yang berfungsi sebagai jantung

Kapiler Pembuluh darah kecil yang tersusun oleh selapis epitel

Katub bikuspidalis Katub di antara atrium kiri dengan ventrikel kiri

Katub trikuspidalis Katub di antara atrium kanan dan ventrikel kanan

Perikardium Selubung pembungkus jantung

Serum Komponen cair dari darah (tanpa sel darah dan fibrinogen)

Sistole Keadaan jantung menguncup (berkontraksi) dan darah mengalir meninggalkan jantung

Ulangan Harian

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. Suatu zat yang berperan membawa nutrisi dan gas penting yang berguna bagi tubuh adalah
 - a. getah bening
 - b. albumin
 - c. protrombin
 - d. darah
 - e. trombosit
2. Bentuk sel darah merah adalah
 - a. sel darah merah
 - b. sel darah putih
 - c. keping darah
 - d. getah bening
 - e. darah

3. Protein yang berperan dalam mengikat oksigen dan melepaskan karbondioksida pada sel darah merah ialah
 - a. eritropoiesis
 - b. eritropoetin
 - c. oksihemoglobin
 - d. hemoglobin
 - e. neutrofil
4. Jenis sel darah putih yang memiliki sel B, sel T, dan sel pembunuh yaitu
 - a. monosit
 - b. limfosit
 - c. basofil
 - d. neutrofil
 - e. eosinofil
5. Komposisi sel darah yang berperan dalam proses pembekuan darah saat terjadi luka adalah
 - a. eritrosit
 - b. leukosit
 - c. limfosit
 - d. monosit
 - e. trombosit
6. Pada peristiwa pembekuan darah, apabila penerima transfusi darah kekurangan vitamin K dan senyawa kalsium (Ca), maka yang terganggu adalah pembentukan
 - a. trombin ke fibrinogen
 - b. trombin ke protrombin
 - c. fibrin ke fibrinogen
 - d. fibrinogen ke trombokinase
 - e. protrombin ke trombin
7. Golongan darah AB dapat menjadi penerima seluruh donor (resepien universal) karena
 - a. golongan darah AB hanya memiliki aglutinogen A dan B
 - b. golongan darah AB hanya memiliki aglutinin α, β
 - c. golongan darah AB tidak memiliki aglutinogen A,B
 - d. golongan darah AB tidak memiliki aglutinogen A,B, tetapi memiliki aglutinin α
 - e. golongan darah AB tidak memiliki aglutinogen A,B, serta aglutinin α, β
8. Jika darah seseorang bergolongan AB ditransfusikan kepada orang bergolongan darah B, maka
 - a. tidak terjadi aglutinasi
 - b. tidak terlalu terjadi aglutinasi
 - c. terjadi aglutinasi
 - d. mungkin akan terjadi aglutinasi
 - e. kemungkinan terjadi aglutinasi, karena ketidakcocokkan aglutinin α, β
9. Masalah akan timbul jika seorang ibu berdarah Rh negatif mengandung bayi dengan darah Rh positif, sehingga menimbulkan penyakit
 - a. *eritroblastosis foetalis*
 - b. hemofilia
 - c. jantung koroner
 - d. thalasemia
 - e. varises
10. Alat peredaran darah jantung berperan utama dalam
 - a. mendistribusikan darah
 - b. memompa darah ke seluruh tubuh
 - c. tempat sirkulasi oksigen dan karbondioksida
 - d. menyerap sari-sari makanan
 - e. mengeluarkan zat yang tak berguna dalam tubuh
11. Alat yang digunakan untuk mengukur tekanan darah seseorang dinamakan
 - a. termometer
 - b. hidrometer
 - c. stetoskop
 - d. sfigmomanometer
 - e. milimeter
12. Pembuluh darah yang banyak mengandung O_2 adalah
 - a. vena paru-paru, vena, aorta dan arteri paru-paru
 - b. vena paru-paru, vena, aorta
 - c. vena paru-paru dan aorta
 - d. vena dan arteri paru-paru
 - e. arteri paru-paru
13. Pembuluh darah yang banyak mengandung CO_2 adalah

- a. vena paru-paru, vena aorta
 - b. arteri paru-paru
 - c. arteri paru-paru, vena porta hepatica
 - d. vena paru-paru dan aorta
 - e. vena dan arteri paru-paru
14. Penyakit leukemia adalah suatu kondisi
- a. penurunan jumlah leukosit
 - b. penambahan jumlah leukosit
 - c. penambahan jumlah eritrosit
 - d. kerusakan yang terjadi pada sumsum tulang, sehingga jumlah leukosit meningkat drastis
 - e. kerusakan yang terjadi pada sumsum tulang, sehingga jumlah sel darah merah (eritrosit) meningkat drastis
15. Suatu penyakit yang terjadi karena pengerasan arteri sehingga terdapat endapan zat kapur disebut
- a. arteriosklerosis
 - b. arterosklerosis
 - c. stroke
 - d. hipertensi
 - e. trombus embolus
16. Valvula trikuspidalis atau katub berdaun tiga gelambir pada jantung tepatnya terletak pada
- a. antara ventrikel kanan dan ventrikel kiri
 - b. antara atrium kanan dan atrium kiri
 - c. antara atrium kanan dan ventrikel kanan
 - d. antara atrium kiri dan ventrikel kiri
 - e. pangkal aorta
17. Jika proses pembekuan darah tidak normal, maka ada beberapa kemungkinan yaitu
- a. kerusakan pada organ pankreas
 - b. kelebihan vitamin K
 - c. kelebihan senyawa kalsium
 - d. kerusakan pada organ hati
 - e. terbentuk protrombin
18. Sistem peredaran darah pada manusia disebut sistem peredaran darah ganda. Disebut demikian karena
- a. darah beredar di dalam dan di luar pembuluh darah
 - b. darah selalu beredar di dalam pembuluh darah
 - c. darah melewati jantung dua kali dalam dua kali peredaran
 - d. darah melewati jantung dua kali setiap satu kali peredaran
 - e. darah beredar di luar pembuluh darah
19. Pertukaran oksigen dan karbondioksida pada serangga dilakukan oleh
- a. sinus
 - b. hemolimfa
 - c. trakea
 - d. paru-paru
 - e. jantung
20. Sekat di antara ventrikel buaya yang berfungsi mengedarkan oksigen (O_2) ke seluruh jaringan tubuh dan menjaga keseimbangan tekanan cairan pada jantungnya saat menyelam dalam air dinamakan
- a. valvula bikuspidalis
 - b. valvula trikuspidalis
 - c. valvula mitral
 - d. katup semilunaris
 - e. foramen panizzae

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

1. Sebutkan sel darah putih yang bergranula dan tak bergranula.
2. Apakah yang dimaksud dengan sistem peredaran darah terbuka dan sistem peredaran darah tertutup? Jelaskan dan berikan contohnya pada makhluk hidup.
3. Apakah yang dimaksud dengan sistem peredaran darah tunggal dan sistem peredaran darah ganda? Jelaskan dan berikan contohnya.
4. Sebutkan fungsi darah pada manusia.
5. Buatlah skema peredaran darah pada manusia.
6. Apakah yang dimaksudkan orang bergolongan darah A, B, AB, dan O?
7. Sebutkan empat ruangan jantung pada manusia.
8. Buatlah skema transfusi darah yang mungkin terjadi pada manusia menurut sistem ABO.

9. Apakah fungsi katup valvula trikuspidalis dan katup valvula bikuspidalis pada jantung manusia?
10. Apakah fungsi sekat pada jantung burung?
11. Sebutkan dan jelaskan jenis pembuluh darah.
12. Jelaskan proses peredaran darah pada ikan.
13. Apakah perbedaan leukimia dan agranulosis?
14. Bagaimanakah proses terjadinya pembekuan darah pada luka tubuh kita?
15. Mengapa darah orang berpenyakit hemofilia sukar membeku?

Latihan Ulangan Akhir Semester I

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

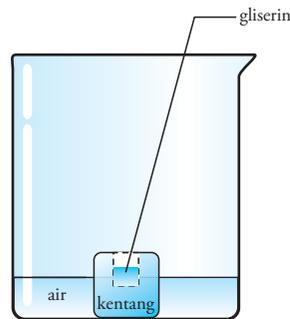
- Orang yang menemukan bahwa sel bukanlah kamar kosong dan di dalam sel terdapat sitoplasma adalah
 - Schleiden dan Schwann
 - Gregor J. Mendel
 - Robert Browen
 - Robert Hooke
 - Antoni Van Leuwen Hook
- Bahan penyusun protoplasma sebagian besar berupa
 - protein
 - lemak
 - karbohidrat
 - mineral
 - air
- Di dalam membran sel terdapat fosfolipid lapis ganda yang bersifat
 - permeabel
 - selektif permeabel
 - licin
 - halus
 - kasar
- Organel sel yang secara struktural tidak memiliki membran ialah
 - nukleus
 - mitokondria
 - aparatus golgi
 - ribosom
 - vakuola

5. Perhatikan gambar berikut.



Bagian yang ditunjukkan oleh nomor 4 dan 5 berfungsi

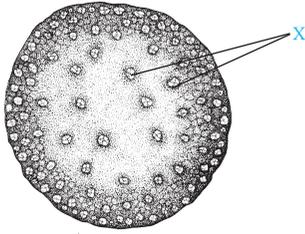
- sintesis protein dan respirasi sel
 - sintesis protein dan sebagai tempat pergerakan sel
 - respirasi sel dan sebagai tempat pergerakan sel
 - transpor aktif dan berperan dalam proses glikolasi
 - transpor pasif dan penjaga kestabilan bentuk sel
6. Perhatikan perangkat percobaan berikut.



Sumuran pada kentang diisi dengan gliserin setengah dari volume sumuran. Setelah satu jam, keadaan yang terjadi ialah

- permukaan gliserin semakin tinggi, air tetap tawar
 - permukaan gliserin semakin tinggi, air menjadi manis
 - permukaan gliserin turun, air menjadi manis
 - permukaan gliserin turun, manis tidak terasa
 - permukaan gliserin tetap, air di luar kentang tetap
7. Berikut ini termasuk jaringan permanen pada tumbuhan, kecuali jaringan....
- epidermis
 - parenkim
 - kolenkim
 - xilem
 - kambium

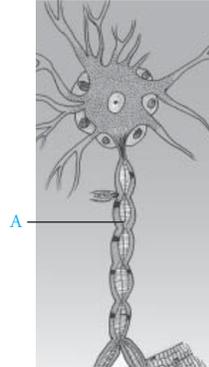
8. Perhatikan gambar berikut.



Bagian yang diberi label X ialah

- korteks
 - berkas pengangkutan
 - stele
 - empulur
 - endodermis
9. Fungsi lapisan kutikula pada batang dan daun tumbuhan yakni
- penguapan
 - penahan banyaknya air yang keluar dari dalam tubuh tumbuhan
 - pertukaran gas
 - sebagai tempat fotosintesis
 - berperan dalam proses pengangkutan ekstravaskuler
10. Bagian tumbuhan yang dapat dikembangkan dalam teknik kultur jaringan dinamakan. ...
- totipotensi
 - tunas
 - eksplan
 - kalus
 - embrio
11. Jaringan epitel yang menyusun ginjal ialah ...
- epitel pipih selapis
 - epitel pipih berlapis banyak
 - epitel batang selapis
 - epitel batang berlapis banyak
 - epitel kubus selapis
12. Jaringan ikat yang memiliki fungsi sebagai penyimpan lemak dan bantalan adalah ...
- ikat berserat
 - ikat elastis
 - ikat longgar
 - ikat selapis
 - adiposa

13. Perhatikan gambar berikut.



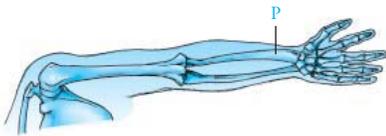
Bagian yang berlabel A disebut ... dan berfungsi sebagai

- dendrit, untuk menghantarkan rangsang dari sel satu ke sel yang lain
 - akson, untuk menghantarkan rangsang dari sel satu ke sel yang lain
 - badan sel saraf, mengubah rangsang menjadi impuls
 - selubung mielin, memberi makan sel saraf
 - nodus ranvier, membawa rangsang ke dalam sel saraf
14. Berikut tersedia dua pernyataan yang merupakan hubungan antara struktur jaringan otot dan cara kerjanya. Pernyataan yang benar adalah

No	Ciri struktur	Cara kerja
A	Jaringan otot polos tersusun atas sel-sel berbentuk gelondong dan memiliki inti satu ditengah	di bawah kesadaran
B	Jaringan otot polos tersusun atas sel-sel berbentuk gelondong dan memiliki inti satu ditengah	tidak di bawah kesadaran
C	Jaringan otot lurik tersusun atas sel-sel yang berinti banyak	tidak di bawah kesadaran
D	Jaringan otot jantung tersusun atas sel-sel yang berinti lebih dari satu buah	di bawah kesadaran
E	Jaringan otot lurik tersusun atas sel-sel berbentuk gelondong dengan inti satu buah	di bawah kesadaran

15. Kelenjar tiroid dan paratiroid merupakan organ penyusun sistem ... di dalam tubuh.
- ekskresi
 - saraf

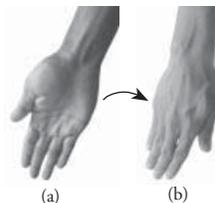
- c. hormon
 - d. reproduksi
 - e. peredaran darah
16. Salah satu organ yang berperan dalam sistem respirasi adalah
- a. jantung
 - b. hati
 - c. paru-paru
 - d. ovarium
 - e. ureter
17. Berikut ini yang termasuk rangka aksial adalah
- a. tengkorak dan tulang lengan
 - b. tulang bahu dan tulang rusuk
 - c. tulang dada dan tulang rusuk
 - d. tulang dada dan tulang belikat
 - e. tulang belakang dan tulang pinggul
18. Tulang kelangkang atau tulang kemudi terdiri atas ruas-ruas yang berjumlah ... ruas.
- a. 33
 - b. 12
 - c. 7
 - d. 5
 - e. 4
19. Tulang rusuk manusia dibedakan menjadi
- a. 8 tulang rusuk sejati, 4 tulang rusuk palsu, 2 tulang rusuk melayang
 - b. 4 tulang rusuk sejati, 8 tulang rusuk palsu, 2 tulang rusuk melayang
 - c. 3 tulang rusuk sejati, 7 tulang rusuk palsu, 2 tulang rusuk melayang
 - d. 7 tulang rusuk sejati, 3 tulang rusuk palsu, 2 tulang rusuk melayang
 - e. 7 tulang rusuk sejati, 4 tulang rusuk palsu, 3 tulang rusuk melayang
20. Perhatikan gambar berikut.



Bagian berlabel P pada gambar tulang anggota gerak atas ialah

- a. tulang pengumpil
- b. tulang hasta
- c. tulang pergelangan tangan

- d. tulang lengan atas
 - e. tulang telapak tangan
21. Bagian tulang pipa yang terdapat cakra epifise dengan kemampuan untuk memanjang adalah
- a. epifise
 - b. metafise
 - c. diafise
 - d. epifise
 - e. sumsum tulang
22. Sel tulang dibentuk oleh sel-sel tulang rawan yang masih muda dinamakan
- a. kondrosit
 - b. kondroblas
 - c. perikandrium
 - d. lakuna
 - e. lamela
23. Tulang memiliki struktur yang sangat keras, sebab tulang tersusun dari mineral yang berupa
- a. natrium karbonat dan kalsium sulfat
 - b. natrium sulfat dan kalsium karbonat
 - c. kalium sulfat dan kalium karbonat
 - d. kalium karbonat dan kalsium sulfat
 - e. kalsium sulfat dan kalsium karbonat
24. Tipe-tipe persendian dibedakan berdasarkan besar-kecilnya gerakan yang terjadi. Tipe persendian sinartrosis sinfibrosis terdapat pada
- a. antar-ruas tulang belakang
 - b. antara tulang rusuk dengan tulang dada
 - c. antar-tulang tengkorak
 - d. antar-tulang pergelangan tangan
 - e. antara tulang lengan atas dengan lengan bawah
25. Perhatikan gambar berikut.



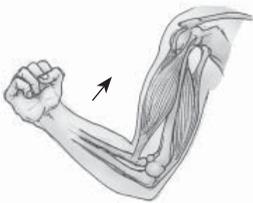
Gerakan yang ditimbulkan oleh otot rangka pada gambar di samping adalah

- a. adduksi-abduksi
- b. elevasi-depresi

- c. supinasi-pronasi
- d. inversi-eversi
- e. fleksi-hiperekstensi

26. Persendian pada pergelangan tangan, pergelangan kaki, hubungan antara tulang belikat dengan tulang selangka merupakan contoh sendi
- a. peluru
 - b. putar
 - c. luncur
 - d. pelana
 - e. engsel

27. Perhatikan gambar berikut.



Gambar tersebut menunjukkan bahwa

- a. otot bicep dan trisep berkontraksi
 - b. otot bicep berkontraksi, otot trisep relaksasi
 - c. otot bicep relaksasi, otot trisep berkontraksi
 - d. otot bicep berkontraksi, otot lengan bawah relaksasi
 - e. otot bicep relaksasi, otot lengan bawah berkontraksi
28. Gangguan yang terjadi pada tulang pipa dengan ciri: tulang retak sebagian, posisi patahan tidak bergeser dari posisi awal, posisi otot di sekitar patahan tidak terlukai dinamakan
- a. osteoporosis
 - b. mikrosefalus
 - c. rakhitis
 - d. fraktura sederhana
 - e. fraktura kompleks
29. Perhatikan pernyataan berikut.
1. Mengangkut oksigen dari paru-paru ke seluruh jaringan tubuh
 2. Mengangkut sari makanan dari usus ke jaringan tubuh

3. Menyerap sari makanan yang masuk ke dalam sistem pencernaan
4. Mengatur dan mengontrol temperatur tubuh

Yang termasuk fungsi darah dalam tubuh adalah

- a. 1 saja
- b. 1, 2, 3
- c. 1, 3, 4
- d. 1, 2, 4
- e. 1 dan 3

30. Protein berpigmen yang memberikan warna merah pada darah dinamakan

- a. eritropoiesis
- b. eritropoetin
- c. eritrosit
- d. leukosit
- e. hemoglobin

31. Pada proses pembekuan darah, protrombin akan berubah menjadi trombin dengan bantuan enzim

- a. lipase
- b. trombokinase
- c. amilase
- d. tripsin
- e. pepsin

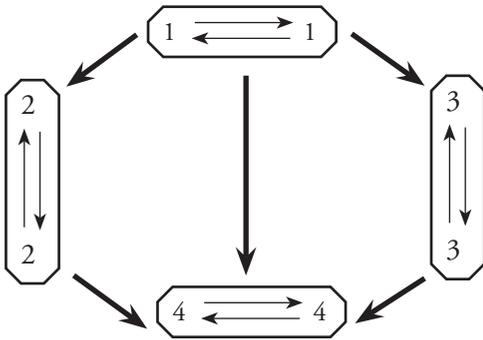
32. Antibodi yang terdapat dalam plasma darah dinamakan

- a. aglutinin
- b. aglutinogen
- c. antigen
- d. agranulosit
- e. rhesus

33. Golongan darah AB dapat menjadi penerima atau resepien universal karena

- a. golongan darah AB hanya memiliki aglutinogen A dan B
- b. golongan darah AB hanya memiliki aglutinin α dan β
- c. golongan darah AB tidak memiliki aglutinogen A dan B
- d. golongan darah AB tidak memiliki aglutinogen A dan B, tetapi memiliki aglutinin λ
- e. golongan darah AB tidak memiliki aglutinogen A dan B, serta aglutinin λ dan β

34. Ilmuwan yang berjasa dalam pengelompokan golongan darah manusia melalui sistem AB0 adalah
- Karl Lansteiner
 - A. S. Wenner
 - Gregor J. Mendel
 - Charles Darwin
 - Aristoteles
35. Perhatikan gambar berikut.



Berdasarkan proses transfusi darah manusia, kemungkinan golongan darah AB terletak pada nomor

- 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 1 dan 3
36. Alat peredaran darah jantung berfungsi sebagai
- membawa darah ke seluruh tubuh
 - mengangkut CO₂ dari seluruh jaringan tubuh menuju paru-paru
 - menyerap dan menetralkan segala racun yang masuk ke dalam tubuh
 - menyerap sari-sari makanan yang masuk ke dalam tubuh
 - memompa darah ke seluruh jaringan tubuh
37. Pembuluh darah yang banyak mengandung O₂ adalah
- vena paru-paru, vena, aorta dan arteri paru-paru
 - vena paru-paru, vena, aorta
 - vena paru-paru dan aorta
 - vena dan arteri paru-paru
 - arteri paru-paru

38. Sistem peredaran darah manusia disebut sistem peredaran darah ganda, karena
- darah beredar di dalam dan di luar pembuluh darah
 - darah selalu beredar di dalam pembuluh darah
 - darah melewati jantung dua kali, dalam dua kali peredaran
 - darah melewati jantung dua kali setiap satu kali peredaran
 - darah beredar di luar pembuluh darah
39. Suatu penyakit yang terjadi akibat adanya endapan zat kapur (Ca) pada pembuluh darah disebut
- arteriosklerosis
 - arteroskherosis
 - stroke
 - hipertensi
 - trombus embolus
40. Sistem peredaran darah pada cacing pipih dinamakan sistem
- peredaran darah terbuka
 - peredaran darah tertutup
 - peredaran darah besar
 - peredaran darah kecil
 - gastrovaskuler

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

- Sebutkan fungsi sitoplasma dalam sel.
- Apakah perbedaan proses transpor zat secara difusi dan osmosis? Jelaskan.
- Apakah fungsi utama jaringan kolenkim pada tumbuhan?
- Mengapa eksplan yang akan dikembangkan dengan teknik kultur jaringan dipilih masih muda?
- Sebutkan perbedaan tipe kontrol otot polos, otot lurik, dan otot jantung.
- Sebutkan persyaratan transplantasi organ supaya aman bagi resipien.
- Apakah fungsi rangka bagi tubuh? Sebutkan 5 saja.
- Sebutkan macam-macam tulang berdasarkan bentuknya.

9. Sebutkan jenis-jenis persendian sesuai arah pergerakannya.
10. Bagaimanakah proses terjadinya pembentukan tulang?
11. Jelaskan yang dimaksud dengan:
 - a. fleksi-ekstensi
 - b. adduksi-abduksi
 - c. elevasi-depresi
 - d. supinasi-pronasi
 - e. inversi-eversi.
12. Otot sebagai alat gerak aktif memiliki tiga kemampuan yaitu kontraksibilitas, eskten-sibilitas, dan elastisitas. Jelaskan masing-masing kemampuan otot tersebut.
13. Sebutkan dan jelaskan gangguan yang terjadi pada tulang belakang.
14. Sebutkan dan jelaskan jenis sel darah putih yang memiliki plasma bergranula.
15. Bagaimanakah proses pembekuan darah saat terjadi luka?
16. Sebutkan dan jelaskan diagram kemungkinan transfusi darah berdasarkan golongan darah AB0.
17. Sebutkan skema peredaran darah besar dan peredaran darah kecil.
18. Jelaskan proses peredaran darah yang melalui jantung manusia.
19. Jelaskan yang dimaksud dengan:
 - a. aglutinin
 - b. donor
 - c. sistole
 - d. diastole
 - e. hemofilia
 - f. arterisklerosis
20. Bagaimanakah proses terjadinya peredaran darah pada ikan?

B a b VI

Sistem Pencernaan Makanan



Dok: PIM

Setiap hari, tubuh selalu melakukan aktivitas. Agar selalu bugar, tubuh membutuhkan asupan makanan. Makanan yang kita konsumsi selayaknya bersih, sehat, dan mempunyai nilai gizi yang tinggi. Makanan akan dicerna di dalam tubuh, sehingga menghasilkan energi dan zat yang bermanfaat. Nah, bagaimanakah proses pencernaan makanan tersebut berlangsung di dalam tubuh? Bab berikut akan menjawabnya.

Kata Kunci

- Makanan
- Karbohidrat
- Rongga mulut
- Lambung
- Usus
- Pencernaan

Pada bab berikut akan dipelajari sistem pencernaan makanan. Pertama kali dibahas kandungan zat dalam makanan seperti karbohidrat, lemak, protein, vitamin, dan mineral. Selanjutnya, kita mempelajari sistem pencernaan makanan manusia. Di dalamnya dibahas: struktur dan fungsi pencernaan makanan manusia; proses pencernaannya; dan berbagai kelainan/penyakit yang dapat terjadi dalam sistem pencernaan. Tidak ketinggalan pula, kita juga membahas salah satu sistem pencernaan hewan yakni ruminansia.

Melalui bahasan tersebut, kalian diharapkan mengetahui kandungan zat yang terdapat pada berbagai makanan yang kalian makan. Kemudian, kalian juga diharapkan mampu menjelaskan berbagai organ dan proses yang terjadi pada sistem pencernaan manusia. Tidak lupa pula, kalian diharapkan mampu menjelaskan organ dan proses yang terjadi pada sistem pencernaan hewan ruminansia. Selain itu, kemampuan menyebutkan berbagai kelainan/penyakit pada sistem pencernaan manusia dan upaya untuk mengatasinya juga perlu kalian kuasai.

A. Makanan

Setiap makhluk hidup, tidak terkecuali manusia, tentu membutuhkan makan. Sebab, makan merupakan salah satu ciri suatu makhluk yang hidup. Selain itu, memakan makanan juga kebutuhan dasar untuk melangsungkan proses kehidupan. **Makanan** merupakan suatu zat yang bisa dimasukkan ke dalam tubuh dan berfungsi bagi tubuh. Adanya suplai makanan menjadikan tubuh bisa tumbuh dan berkembang, energi tidak habis, dan tentu kekuatan tubuh tetap terjaga.



Gambar 6.1 Berbagai bahan makanan yang diperlukan bagi tubuh

Di alam ini, sumber makanan yang dapat dikonsumsi sangat melimpah. Mulai dari padi, ikan, telur, sayuran-sayuran, dan buah-buahan semua bisa dimakan. Namun demikian, seharusnya kita harus memerhatikan kebersihan dan nilai gizi dari berbagai makanan tersebut. Ini diperlukan supaya tubuh tetap sehat dan tidak mudah terserang penyakit.

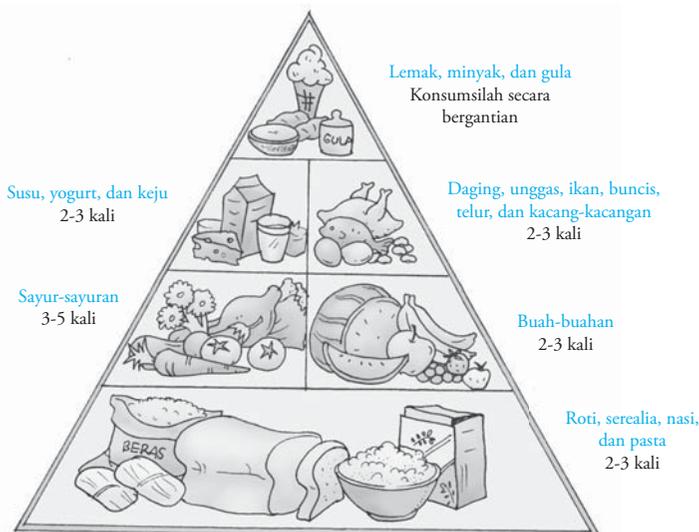
Ada beberapa makanan yang kita konsumsi setiap harinya. Untuk mengetahui makanan yang kalian konsumsi, coba kalian lakukan tugas di rubrik *Telisisik* berikut.

Telisisik

Datalah makanan yang kalian konsumsi setiap harinya selama tiga hari berturut-turut dalam sebuah laporan tertulis. Kalian dapat mengelompokkan berbagai makanan yang kalian makan berdasarkan jenis, jumlah, dan komposisinya. Berikutnya, presentasikan laporan tersebut di dalam kelas dan mintalah teman kalian untuk memberikan tanggapan.

Makanan yang setiap hari kita makan sebenarnya mempunyai banyak manfaat bagi tubuh. Berbagai manfaat itu antara lain: sebagai sumber energi; membantu pertumbuhan dan perkembangan tubuh; memperbaiki sel dan jaringan tubuh yang rusak; serta menjaga pertahanan tubuh dari beragam penyakit.

Supaya bermanfaat secara maksimal, makanan yang dikonsumsi sebaiknya mengandung berbagai zat penting (nutrisi), misalnya karbohidrat, lemak, protein, mineral, vitamin, air dan makanan berserat. Makanan yang demikian disebut **makanan bergizi**. Makanan juga harus mudah dicerna, higienis (bersih), gizi seimbang, dan mengandung cukup air. Makanan ini dinamakan **makanan yang sehat**. Selain itu, makanan harus bebas dari kuman penyakit atau zat yang membahayakan tubuh, sehingga makanan tersebut dinamakan **makanan higienis**. Kemudian yang tidak kalah penting, selayaknya makanan yang dikonsumsi disesuaikan dengan kebutuhan tubuh, usia, dan kondisi tertentu. Inilah yang disebut **makanan berkecukupan**. Oleh karena itu, setiap harinya kalian dapat mengonsumsi makanan sesuai piramida panduan makanan seperti Gambar 6.2.



Gambar 6.2 Piramida panduan makanan

Galeri

Lari Maraton

Maraton merupakan lomba lari dengan jarak tempuh sangat jauh dan pesertanya cukup banyak. Untuk menempuh jarak tersebut, pelari membutuhkan waktu yang cukup lama. Tentu ini membutuhkan jumlah energi ini yang sangat besar. Energi berasal dari glikogen yang dipecah menjadi glukosa. Glukosa akan menyediakan energi yang dibutuhkan saat lomba lari. Seorang pelari membutuhkan simpanan glikogen yang banyak sebelum berlari. Ini dapat diperoleh dengan memakan makanan yang mengandung banyak zat tepung dua hari sebelum lomba. Zat tepung diubah menjadi glikogen, kemudian disimpan dalam hati dan jaringan.

Kwan, Lam, Biology, 2000, hlm. 65

Nah selanjutnya, pada bahasan berikut diulas kandungan zat yang berada dalam makanan. Simak dan pahami uraiannya.

1. Karbohidrat

Aktivitas berat seperti olahraga yang kita lakukan membutuhkan energi yang cukup besar. Kebutuhan energi ini dapat diperoleh dengan mengonsumsi makanan yang mengandung karbohidrat. **Karbohidrat** merupakan senyawa organik yang tersusun dari unsur-unsur seperti C (karbon), H, (hidrogen), dan O (oksigen). Ketiga unsur ini akan bersenyawa dan berikatan membentuk beragam jenis karbohidrat.

Berdasarkan strukturnya, ada tiga jenis karbohidrat yang dapat kita ketahui, yakni monosakarida, disakarida, dan polisakarida.

Monosakarida ($C_6H_{12}O_6$) merupakan karbohidrat yang sangat sederhana dan memiliki satu gugusan gula. Rasanya manis dan cukup mudah larut dalam air. Jenis karbohidrat ini dapat ditemui dalam bentuk glukosa, fruktosa, galaktosa, dan manosa. Dalam keadaan normal, darah seseorang mengandung 70 hingga 100 mg glukosa per 100 ml. Apabila kadar glukosa dalam darah seseorang lebih tinggi dari keadaan normalnya, orang tersebut dapat mengalami **hiperglikemia**. Sementara, bila kadar glukosanya lebih rendah, seseorang dapat mengalami **hipoglikemia**.

Jenis karbohidat kedua ialah **disakarida**. Disakarida ($(C_{12}H_{22}O_{11})_n$) merupakan karbohidrat yang mempunyai dua gugusan gula. Seperti monosakarida, disakarida juga berasa manis dan mudah larut dalam air. Contohnya yakni sukrosa, laktosa, dan maltosa. Sukrosa merupakan gabungan dari glukosa dan fruktosa. Laktosa adalah gabungan dari glukosa dan galaktosa. Sementara maltosa merupakan gabungan dari glukosa dan glukosa.

Selain kedua jenis karbohidrat tersebut, terdapat pula jenis karbohidrat yang lain yakni **polisakarida**. Polisakarida merupakan karbohidrat yang memiliki lebih dari 10 gugusan gula. Sebagian besar jenis karbohidrat ini tidak memiliki rasa. Kalaupun ada, rasanya pahit. Di samping itu, polisakarida susah larut dalam air. Contohnya ialah pati (amilum), glikogen, selulosa, pektin, lignin, dan kitin yang tersusun dari puluhan, ratusan, hingga ribuan gugusan gula.

Selulosa (makanan berserat) sangat penting bagi pencernaan kita. Sebab, bila kita kekurangan makanan berserat, feses yang dikeluarkan menjadi kering dan keras. Akibatnya, feses tersebut sangat sulit untuk dikeluarkan melalui anus. Keadaan yang demikian ini dinamakan **konstipasi**.

Setiap 1 gram karbohidrat mengandung 4,1 kalori. Sumber karbohidrat diperoleh dalam makanan pokok yang berasal dari padi, ketela, jagung, sagu, gandum, dan umbi-umbian. Selain itu, sumber makanan yang mengandung karbohidrat ditemukan pada roti, mi, tepung-tepungan, selai, dan lain sebagainya. Perhatikan Tabel 6.1.



Gambar 6.3 Sumber makanan yang mengandung karbohidrat

Tabel 6.1 Nilai Karbohidrat (Kh) Berbagai Bahan Makanan (Gram/100 Gram)

Bahan Makanan	Nilai KH	Bahan Makanan	Nilai KH
Gula pasir	94,0	Tempe	12,7
Gula pati	76,0	Tahu	1,6
Pati	87,6	Pisang ambon	25,8
Bihun	82,0	Apel	14,9
Makaroni	78,7	Mangga harumanis	11,9
Beras setengah giling	78,3	Pepaya	12,2
Jagung kuning	73,7	Daun singkong	13,0
Krupuk udang dengan pati	68,2	Wortel	9,3
Mie kering	50,0	Bayam	6,5
Roti putih	50,0	Kangkung	5,4
Ketela pohon	34,7	Tomat masak	4,2
Ubi jalar merah	27,9	Hati sapi	6,0
Kentang	19,2	Telur bebek	0,8
Kacang ijo	62,9	Telur ayam	0,7
Kacang merah	59,5	Susu sapi	4,3
Kacang kedelai	34,8		
Kacang tanah	23,6		

Disarikan dari Linder, Biokimia Nutrisi dan Metabolisme, 1992.

Bagi tubuh, manfaat makanan yang mengandung karbohidrat ialah sumber energi utama. Selain manfaat tersebut, terdapat pula manfaat yang lain seperti mengatur metabolisme sel; untuk diubah menjadi komponen organik lain (asam amino); membantu melancarkan proses pembuangan feses; dan sebagai bahan pembentukan sel.

Nah, untuk mengetahui ada tidaknya kandungan karbohidrat dalam makanan, coba kalian ikuti rubrik *Percobaan* berikut secara berkelompok.

Percobaan

Menguji Kandungan Karbohidrat dalam Makanan

A. Dasar Teori

Karbohidrat merupakan senyawa organik yang dapat berjenis monosakarida, disakarida, dan polisakarida. Ciri monosakarida yakni mudah larut dalam air, berasa manis, dan memiliki satu gugusan gula. Bentuknya dapat berupa glukosa, fruktosa, galaktosa, dan manosa. Disakarida merupakan karbohidrat yang memiliki dua gugusan gula, sedangkan polisakarida mempunyai lebih dari 10 gugusan gula.

Sumber karbohidrat dapat diperoleh dari makanan pokok seperti padi, ketela, jagung, sagu, gandum, umbi-umbian, roti, dan tepung-tepungan.

B. Tujuan

Mengetahui kandungan glukosa dan amilum pada makanan

C. Alat dan Bahan

1. Tabung reaksi
2. Penjepit tabung reaksi
3. Pipet tetes
4. Bahan makanan seperti telur rebus, pisang, tahu, minyak goreng, tempe, daging (ambil salah satu, kemudian untuk sampel yang kering haluskan terlebih dahulu)
5. Pembakar spiritus (bunzen)
6. Larutan fehling A dan B
7. Larutan lugol

D. Langkah Percobaan

1. Uji Glukosa

- a. Masukkan bahan makanan yang telah dihaluskan ke dalam tabung reaksi setinggi 1 cm.
- b. Ambil larutan fehling A dan fehling B dengan pipet.
- c. Masukkan 5 tetes larutan fehling A dan 5 tetes larutan fehling B ke dalam tabung reaksi, kemudian kocok agar homogen (bercampur rata).
- d. Hidupkan bunzen dan panaskan tabung reaksi tersebut di atas api dengan menggunakan penjepit tabung reaksi, \pm selama 1 menit.
- e. Amati perubahan warna pada larutan fehling A dan B. Apabila mengandung glukosa, di dasar larutan akan terdapat endapan berwarna merah bata.
- f. Catat hasilnya pada tabel.
- g. Kalian dapat mengulangi percobaan ini untuk bahan makanan yang lain.

2. Uji Amilum

- a. Masukkan bahan makanan yang telah dihaluskan ke dalam tabung reaksi setinggi 1 cm.
- b. Ambilah larutan lugol menggunakan pipet tetes. Selanjutnya, masukkan sebanyak 2 tetes larutan lugol ke dalam tabung reaksi.
- c. Amati perubahan warna pada larutan lugol tersebut. Sampel akan berwarna biru tua bila mengandung amilum.
- d. Catat hasilnya pada tabel.
- e. Langkah-langkah tersebut dapat kalian coba untuk bahan makanan yang lainnya.

Tabel Hasil Percobaan

Bahan makanan	Perubahan warna		Kandungan zat
	Lugol	Fehling A&B	
Telur rebus			
Pisang			
Tahu			
Minyak goreng			
Daging			
Tempe			

Perhatian: Isi kolom perubahan warna dengan warna yang terjadi setelah dipanaskan/dikocok, sementara kolom kandungan zatnya diisi kandungan zat glukosa atau amilum. Hati-hati saat menggunakan bunzen, jangan sampai apinya mengenai anggota tubuh kalian.

E. Pembahasan

1. Adakah perubahan warna yang terjadi pada setiap bahan makanan tersebut? Apakah warna yang dihasilkan?
2. Manakah bahan makanan yang mengandung glukosa?
3. Manakah bahan makanan yang mengandung amilum?
4. Mana pula bahan makanan yang mengandung glukosa dan amilum?
5. Presentasikan dan diskusikan hasil percobaan kalian di dalam kelas. Kemudian, kumpulkan hasilnya kepada guru.

2. Lemak

Selain karbohidrat, tubuh dapat memperoleh energi yang berasal dari **lemak**. Lemak merupakan senyawa organik yang tersusun dari unsur-unsur C, H, O, dan kadang-kadang terdapat pula unsur P dan N. Cirinya yakni tidak dapat larut dalam air. Sebaliknya, lemak mudah larut dalam zat pelarut organik seperti kloroform, dan eter.

Menurut susunan kimianya, lemak terbagi atas tiga macam, yakni lemak sederhana, lemak majemuk, dan lemak turunan.

Lemak sederhana merupakan lemak yang tersusun atas trigliserida, yaitu suatu senyawa triester yang terbentuk dari satu gliserol dan tiga asam lemak. Misalnya, lemak daging dan minyak (contohnya minyak jagung).

Lemak majemuk ialah senyawa yang tersusun atas lemak dan senyawa bukan lemak, seperti fosfat, protein, dan glukosa. Contoh lemak jenuh adalah fosfolipid, fosfatid, dan lipoprotein. Fosfolipid merupakan lemak yang mengandung gugusan fosfat dan terdapat pada membran sel. Fosfatid merupakan senyawa yang terdiri atas lemak, fosfat, dan kolin. Sementara lipoprotein ialah senyawa yang tersusun atas lemak dan protein.

Adapun **lemak turunan** merupakan senyawa hasil proses hidrolisis lemak. Contohnya, asam lemak, steroid, gliserol, dan kolesterol.

Berdasarkan tingkat kejenuhannya, asam lemak sebagai salah satu lemak turunan dapat dibagi menjadi dua jenis, meliputi asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh. **Asam lemak jenuh** merupakan asam lemak yang dapat disintesis dalam tubuh, sehingga bersifat non-esensial. Biasanya terdapat pada lemak hewani dengan bentuk padat. Contohnya yakni asam stearat, asam palmitat, mentega, dan gajih. Sementara itu, **asam lemak tak jenuh** ialah asam lemak yang tidak dapat disintesis dalam tubuh, sehingga sifatnya esensial. Asam lemak tak jenuh banyak terdapat pada lemak nabati dan umumnya berbentuk cairan. Misalnya, asam oleat, asam ilnoleat, asam arakhidonat, minyak jagung, dan minyak kedelai.

Banyak orang yang beranggapan bahwa kolesterol sebagai zat penyebab penyakit di dalam tubuh. Padahal sebenarnya kolesterol juga memiliki fungsi penting bagi tubuh. Dalam jumlah sedikit, kolesterol merupakan komponen utama membran sel dan selubung mielin.

Kolesterol juga berperan dalam pembentukan zat-zat penting, semisal garam empedu, asam kholat, dan hormon seks.

Oleh karena pengaruh asam lemak jenuh, kolesterol dalam darah dapat meningkat jumlahnya. Jumlah kolesterol yang berlebihan, akan mengakibatkan pengendapan dalam pembuluh darah. Pengendapan ini menjadikan pembuluh darah berdiameter sempit atau biasa disebut **ateriosklerosis**. Apabila penyempitan terjadi pada pembuluh darah jantung, dapat menyebabkan **jantung koroner**. Sementara, bila penyumbatan terjadi pada pembuluh darah dalam otak, maka dapat menimbulkan **stroke**.

Lemak memiliki berbagai macam fungsi dalam tubuh, antara lain sebagai sumber efisiensi dan penyimpan energi; pelindung suatu bagian terutama di bawah kulit sehingga mencegah terlalu banyak kehilangan panas; sebagai bahan pokok membran plasma; dan sebagai alat untuk membatasi hilangnya air dari permukaan kulit.

Sumber makanan yang mengandung lemak meliputi lemak hewani dan lemak nabati. **Lemak nabati** merupakan lemak yang berasal dari tumbuh-tumbuhan seperti minyak kelapa sawit, minyak kelapa, dan kacang tanah. Sedangkan **lemak hewani** ialah lemak yang berasal dari hewan, misalnya lemak pada daging, mentega, susu, dan kuning telur. Setiap 1 gram lemak dapat menghasilkan energi sebesar 9,3 kalori.



Gambar 6.4 Lemak nabati dan lemak hewani

Nah, supaya kalian mengetahui kandungan lemak yang terdapat dalam makanan, kalian dapat melakukan rubrik *Percobaan* berikut secara berkelompok.

Percobaan

Menguji Kandungan Lemak dalam Makanan

A. Dasar Teori

Lemak merupakan senyawa organik yang tersusun dari unsur-unsur C, H, O, dan kadang-kadang terdapat pula unsur P dan N. Cirinya yakni tidak dapat larut dalam air. Akan tetapi, lemak dapat larut dalam zat pelarut organik seperti kloroform, eter, dan minyak tanah.

Berdasarkan sumber asalnya, lemak terbagi atas dua jenis yakni lemak nabati yang berasal dari tumbuh-tumbuhan dan lemak hewani yang berasal dari hewan.

B. Tujuan

Mengetahui kandungan lemak dalam makanan

C. Alat dan Bahan

1. Mortar
2. Beberapa gelas kimia
3. Pipet tetes
4. Kertas HVS kering
5. Bahan makanan seperti telur rebus, pisang, tahu, minyak goreng, tempe, dan daging

D. Langkah Percobaan

1. Ambil bahan makanan yang padat dan kering, kemudian tumbuk dengan menggunakan mortar. Setelah itu, tambahkan air sehingga terbentuk larutan.
2. Masukkan larutan tersebut ke dalam gelas kimia. Kemudian, ulangi untuk bahan makanan yang lain.
3. Ambil larutan bahan makanan tersebut menggunakan pipet, kemudian teteskan pada kertas HVS. Biarkan tetesan tersebut hingga kering.
4. Perhatikan bekas tetesan larutan makanan pada kertas HVS setelah mengering. Apabila bagian yang ternoda pada kertas HVS menjadi transparan, maka terbukti bahwa larutan makanan mengandung lemak.
5. Lakukan pula percobaan tersebut untuk bahan makanan yang lainnya. Selanjutnya, catat hasil yang diperoleh pada tabel berikut.

Bahan makanan	Bekas transparan pada kertas HVS (ada/tidak)
Telur rebus	
Pisang	
Tahu	
Minyak goreng	
Daging	
Tempe	

E. Pembahasan

1. Bahan makanan manakah yang mengandung lemak?
2. Presentasikan dan diskusikan hasil yang kalian peroleh di dalam kelas. Kumpulkan hasilnya kepada guru.

3. Protein

Salah satu zat penting bagi pertumbuhan tubuh adalah protein.

Protein merupakan senyawa organik yang tersusun atas unsur-unsur seperti C, H, O, dan terkadang mengandung unsur S dan P. Hampir seperlima bagian tubuh kita tersusun atas senyawa organik ini. Protein ada menyusun otot dan tulang, ada yang menyusun kulit, dan banyak bagian tubuh lainnya.

Sewaktu proses pencernaan berjalan, protein di dalam tubuh diubah menjadi molekul sederhana yang disebut **asam amino**. Asam amino ini saling berikatan dan membentuk **ikatan peptida**. Ikatan

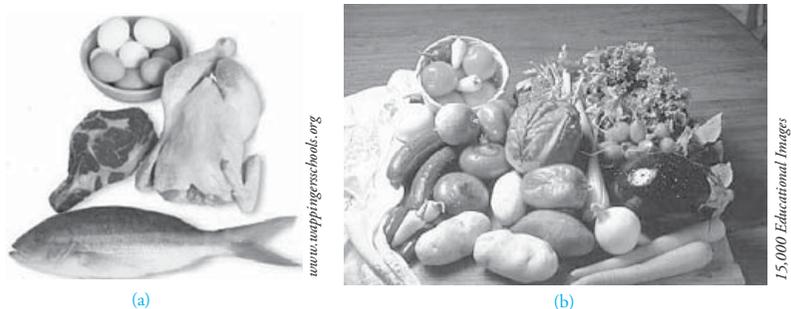
yang terjadi di antara asam amino ini berukuran sangat panjang sehingga terbentuklah rantai **polipeptida**.

Dewasa ini, asam amino yang menyusun protein dan diperlukan dalam tubuh sekitar 20 macam. Perhatikan Tabel 6.2. Asam amino ini dikelompokkan menjadi dua jenis. Jenis pertama, asam amino yang mutlak diperlukan dalam tubuh dan harus didapatkan dari luar, yakni **asam amino esensial**. Sedangkan jenis yang kedua, merupakan asam amino yang dapat disenyawakan tersendiri dalam tubuh, yang disebut **asam amino non-esensial**. Asam amino esensial sangat berperan dalam pertumbuhan dan perlindungan tubuh.

Tabel 6.2 Berbagai Jenis Asam Amino yang Diperlukan Tubuh

Asam amino esensial	Asam amino non-esensial
Arginin	Alanin
Fenilalanin	Asam glutamat
Histidin	Asparagin
Isoleusin	Aspartat
Leusin	Glisin
Lisin	Glutamin
Metionin	Prolin
Treonin	Serin
Triptofan	Sistein
Valin	Tirosin

Linder, Biokimia Nutrisi dan Metabolisme, 1992, hlm. 98.



Gambar 6.5 Makanan yang mengandung banyak(a) Protein hewani dan (b) protein nabati

Berdasarkan sumber asalnya, protein dibagi menjadi dua jenis, yakni protein hewani dan protein nabati. **Protein hewani** ialah protein yang berasal dari hewan, misalnya ikan, daging, telur, dan susu. Sumber makanan yang demikian mengandung banyak asam amino esensial, sehingga termasuk protein sempurna. Sementara, **protein nabati** yakni protein yang berasal dari tumbuhan terutama sayur-sayuran, padi-padian, dan kacang-kacangan. Kandungan asam amino makanan seperti ini kurang lengkap, sehingga proteinnya tidak sempurna. Kedelai ialah salah satu makanan yang bernilai hayati di antara protein hewani dan protein nabati. Simak Tabel 6.3.

Tabel 6.3 Nilai Protein Berbagai Bahan Makanan (Gram/100 gram)

Bahan makanan	Nilai protein	Bahan makanan	Nilai protein
Kacang kedelai	34,9	Keju	22,8
Kacang merah	29,1	Kerupuk udang	17,2
Kacang tanah terkelupas	25,3	Jagung kuning	9,2
Kacang hijau	22,2	Roti putih	8,0
Biji jambu monyet	21,2	Mie kering	7,9
Tempe kacang kedelai murni	18,3	Beras setengah giling	7,6
Tahu	7,8	Kentang	2,0
Daging sapi	18,8	Gaplek	1,5
Ayam	18,2	Ketela pohon	1,2
Telur bebek	13,1	Daun singkong	6,8
Telur ayam	12,0	Bayam	3,5
Udang segar	21,0	Kangkung	3,0
Ikan segar	16,0	Wortel	1,2
Tepung susu skim	35,6	Tomat masak	1,0
Tepung susu	24,6	Mangga harumanis	0,4

Disarikan dari Linder, *Biokimia Nutrisi dan Metabolisme*, 1992.

Protein memiliki beragam fungsi di dalam tubuh, antara lain menghasilkan energi; membangun sel dan jaringan baru; mengganti sel dan jaringan yang rusak; menghasilkan materi pokok seperti enzim, hormon, antibodi dan kromosom; menjaga kestabilan cairan tubuh; dan berperan sebagai penyangga (buffer) pH.

Kekurangan protein pada anak-anak terutama umur 6-36 bulan, dapat menimbulkan penyakit **kwashiorkor**. Gejala yang dapat diamati pada penyakit ini semisal munculnya udem, pertumbuhan terhambat, hilangnya simpanan lemak dalam kulit, dan menurunnya tanggapan saraf psikomotorik. Sementara kelebihan protein pada orang dewasa, dapat menyebabkan **obesitas** atau kegemukan. Obesitas merupakan kondisi berat badan seseorang yang melebihi berat badan normal sebesar 20 %.

Selanjutnya, untuk mengetahui kandungan protein pada makanan, kalian lakukan penyelidikan melalui rubrik *Percobaan* secara kelompok.



www.azusa.edu

Gambar 6.6 Kwashiorkor terjadi pada anak yang kekurangan protein

Percobaan

Menguji Kandungan Protein dalam Makanan

A. Dasar Teori

Protein ialah senyawa organik yang tersusun atas unsur-unsur seperti C, H, O, dan terkadang mengandung unsur S dan P. Dasar penyusun protein yakni asam amino. Asam amino terbagi dua jenis, meliputi: asam amino esensial yang diperlukan oleh tubuh dan berasal dari luar tubuh; dan asam amino non-esensial yang dapat diperoleh dalam tubuh.

Berdasarkan asalnya, protein terdiri atas protein hewani dan protein nabati. Protein hewani bersumber dari hewan seperti daging, ikan, telur, dan susu. Protein nabati bersumber dari tumbuhan misalnya terutama sayur-sayuran, padi-padian, dan kacang-kacangan.

B. Tujuan

Mengetahui kandungan protein dalam makanan

C. Alat dan Bahan

1. Mortar
2. Gelas ukur
3. Beberapa gelas kimia
3. Pipet tetes
4. Bahan makanan seperti telur rebus, pisang, tahu, minyak goreng, tempe, dan daging
5. Larutan biuret

D. Langkah Percobaan

1. Ambil bahan makanan yang padat dan kering, kemudian tumbuk dengan menggunakan mortar. Setelah itu, tambahkan air sehingga terbentuk larutan.
2. Masukkan larutan tersebut ke dalam gelas kimia. Kemudian, ulangi untuk bahan makanan yang lain.
3. Ambil larutan makanan tersebut dengan pipet, kemudian masukkan ke dalam tabung reaksi.
4. Selanjutnya, masukkan 3 tetes larutan biuret ke dalam tabung reaksi dan kocok hingga homogen.
5. Amatilah perubahan warna yang terjadi pada larutan biuret. Apabila bereaksi bersama protein, larutan biuret akan berwarna ungu.

E. Pembahasan

1. Setelah dicampur dengan larutan biuret, adakah perubahan warna pada larutan tersebut?
2. Manakah bahan makanan yang mengandung protein?
3. Presentasikan dan diskusikan hasil yang kalian peroleh, kemudian kumpulkan kepada Bapak/Ibu guru.

4. Vitamin

Vitamin merupakan senyawa organik yang diperlukan dalam tubuh dengan ada kecil, tubuh tidak dapat mensintesis vitamin sendiri. Oleh karena itu, kebutuhan akan vitamin banyak diperoleh dari luar tubuh. Hanya vitamin K dan D saja yang dapat disintesis dalam tubuh.

Di dalam tubuh, vitamin tidak berperan untuk menghasilkan energi. Namun, vitamin hanya sebagai katalisator (pemercepat reaksi) dalam proses metabolisme. Apabila seseorang kekurangan vitamin, metabolisme di dalam tubuh dapat terganggu. Kondisi demikian dinamakan **avitaminosis**. Lihat Gambar 1.80.

Vitamin terbagi atas beberapa jenis, meliputi vitamin A, B₁, B₂, B₃, B₆, B₁₁, B₁₂, C, D, E, K, asam pantotenat dan vitamin H (biotin). Sementara berdasarkan sifat kelarutannya, vitamin dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu vitamin yang larut dalam lemak dan vitamin yang larut dalam air. Vitamin yang larut dalam lemak biasanya disimpan dalam lemak tubuh, misalnya vitamin A, D, E, dan K. Adapun vitamin yang larut dalam air tidak dapat disimpan dalam tubuh dan hanya



Gambar 6.7 Penderita rakhitis karena kekurangan vitamin D dan kalsium

Kwan, Lam, Biology, 2000, hlm. 69

diperoleh dari makanan keseharian. Vitamin yang demikian misalnya vitamin B dan vitamin C. Untuk lebih jelasnya, kalian dapat memperhatikan Tabel 6.4 dan Tabel 6.5 berikut.

Tabel 6.4 Berbagai Vitamin yang Larut dalam Lemak

Nama vitamin	Sumber	Fungsi	Avitaminosis
Vitamin A = aseroftol/ antiserofitol ($C_{20}H_{30}O$)	Sayuran dan buah-buahan berwarna kuning dan merah, karoten, hati, susu, mentega, minyak ikan, kuning telur	Memelihara kesehatan mata, kulit, tulang, dan gigi; membentuk antioksidan	Kulit kasar, lelah, peradangan mata, gangguan/perubahan lapisan epitel mukosa sepanjang organ pernapasan dan pencernaan
Vitamin D = Ergosterol/ kalsiferol/antirakhitis ($C_{28}H_{44}O$)	Minyak, hati, ikan, susu, telur, sinar ultraviolet pada kulit	Mengabsorpsi fosfor; membentuk dan memelihara tulang dan gigi	Pada bayi: rakhitis; pada orang dewasa: osteomalasia
Vitamin E = tokoferol/ antisterilitas ($C_{29}H_{50}O_2$)	Biji gandum, minyak tumbuhan, tumbuhan polong, tumbuhan hijau, kecambah	Pelindung sel-sel darah merah dari hemolisis; bekerja sama dengan enzim-enzim tertentu; mencegah oksidasi vitamin A	Sel-sel darah merah pecah; penimbunan lemak pada otot; anemia; gangguan penglihatan dan bicara
Vitamin K = filokinon/ antihemoragia ($C_{31}H_{46}O_2$)	Tumbuhan hijau, bayam, kangkung, kubis, alfafa, hati, daging, dibuat oleh bakteri di dalam usus	Membantu dalam proses pembekuan darah normal; bertanggung jawab dalam pembentukan protrombin dalam hati	Pembekuan darah lambat; pendarahan; penyembuhan lambat

Linder, *Biokimia Nutrisi dan Metabolisme*, 1992, 121-123.

Tabel 6.5 Berbagai Vitamin yang Larut dalam Air

Nama Vitamin	Sumber	Fungsi	Avitaminosis
Vitamin C = asam askorbinat ($C_6H_8O_6$)	Jeruk, tomat, nanas, pepaya, semangka, stroberi, hati dan sayur-sayuran	Pembentukan serabut kolagen; menjaga elastisitas pembuluh darah; menjaga perlekatan akar gigi pada gusi; koenzim reaksi katabolisme, karbohidrat dan lemak; membantu dalam absorpsi unsur-unsur besi dan kalsium	Pendarahan pada gusi dan persendian; otot dan persendian sakit; lekas marah; degenerasi (pegurangan) sel-sel kulit; sindrom yang dikenal sebagai skorbut; nafsu makan berkurang; lesu
Vitamin B ₁ = tiamin/ antineuritik/antiberi ($C_{12}H_{17}ON_4S$)	Hati, ginjal, otak, susu, mentega, kuning telur, ikan, kacang-kacangan	Koenzim dalam metabolisme, terutama metabolisme karbohidat;	Nafsu makan berkurang; lesu badan; mual dan muntah; kaki dan

	dan kulit ari, padi-padian, sayuran hijau, ragi kering	memelihara nafsu makan yang sehat pencernaan, dan fungsi saraf; memengaruhi penyerapan lemak dalam usus; memengaruhi kondisi air dalam tubuh	tangan terasa lemah dan berat; beri-beri dan edema; gangguan jantung dan otot; mata lemah
Vitamin B ₂ = riboflavin/laktoflavin = vitamin G (C ₁₇ H ₂₀ O ₆ N ₄)	Hati, ginjal, jantung, otak, susu, telur, mentega, sayuran, serelia, roti dan ragi	Menghasilkan energi dalam sel-sel; berperan dalam pembuatan berbagai reaksi biologi dalam tubuh; pemindahan rangsangan cahaya ke saraf mata; memelihara nafsu makan dan fungsi saraf; memelihara kulit di sekitar mulut	Peradangan mulut dan lidah; peradangan bibir hingga berwarna merah dan sering timbul luka di sekitar sudut mulut (keilosis); peradangan kulit (dermatis); peradangan kornea (keratitis) dan lensa sehingga penglihatan kabur; mata menjadi tegang dalam bentuk gatal-gatal, panas, lelah, dan pusing
Vitamin B ₃ = asam nikotinat/niasin/antipelagra (C ₆ H ₅ O ₂ N)	Susu, hati, ikan telur, daging, ginjal, unggas, kacang, tomat, dan sayuran hijau	Memelihara pencernaan, kulit dan saraf; bersama fosfat membentuk koenzim yang berperan dalam respirasi sel; membebaskan karbohidrat, lemak, dan protein	Penyakit pelagra dengan ciri-ciri: kulit kasar, mulut luka, diare, dan depresi Gejala awal pelagra: hilang nafsu makan, apatis, lesu, gelisah, kematian rasa, insomnia (tidak bisa tidur), gangguan lambung
Vitamin B ₆ = piridoksin/adernin (C ₉ H ₁₂ O ₂ N)	Sayuran hijau, kacang hijau, serelia, ragi, hati, ginjal, daging, kuning telur dan susu	Memelihara keseimbangan unsur fosfor dan sodium; sebagai koenzim dalam proses metabolisme; pertumbuhan kesehatan kulit dan pembuatan darah; produksi antibodi dan reaksi-reaksi dalam sistem saraf pusat	Peradangan kulit, anemia, kehilangan nafsu makan, muak, gelisah; ketidakmampuan absorpsi oleh usus dan stres klinis (hipertiroidesma); luka pada kulit, berat badan menurun, depresi, mudah terkena infeksi
Vitamin B ₁₁ = asam folat (C ₁₂ H ₁₂ O ₆ N ₇)	Kacang-kacangan, ragi, hati, daging, pisang, lemon, dan sayuran hijau	Pembuatan koenzim untuk produksi eritrosit; membentuk asam nukleat (DNA dan RNA); untuk sintesis protein	Pembesaran eritrosit (megaloblastosis), anemia, diare, pertumbuhan terhambat

Vitamin B12 = sianokobalin/ antianemia perniosa ($C_{63}H_{90}O_{14}N_{14}P_9$)	Daging, unggas, ikan, telur, susu, keju, ayam, hati, udang segar, kerang, dan vitamin ini dapat disintesis dalam hati	Metabolisme sel terutama dalam pertumbuhan jaringan; pembentukan erosit	Peradangan saraf, degenerasi saraf; kelelahan; pusing anemia perniosa; peradangan darah; kelelahan, pusing, rasa sakit saat bernapas
Vitamin H = biotin ($C_{10}H_{16}O_3N_2S$)	Hati, ginjal, kuning telur, susu, ragi, tumbuhan polong, kacang, cokelat, sayuran, dan bakteri dalam usus	Koenzim dalam metabolisme karbohidrat, lemak dan protein serta mengubah triptofan menjadi niasin	Kurang nafsu makan, lesu, sakit otot, depresi, anemia, pucat, dermatitis dan kulit menjadi sensitif
Asam pantotenat	Hati, ikan, daging, sayuran hijau, ragi, buah-buahan, susu	Membentuk koenzim A, pembentukan hormon	Depresi, dermatitis, hilang nafsu makan

Linder, *Biokimia Nutrisi dan Metabolisme*, 1992, 121-123.

5. Mineral

Salah satu zat yang cukup penting peranannya bagi tubuh ialah mineral. **Mineral** merupakan senyawa non-organik yang tidak menyediakan energi.

Mineral terdiri atas dua kelompok, meliputi unsur makro (makro-elemen) dan unsur mikro (mikroelemen). **Unsur makro** merupakan berbagai unsur yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah besar. Contohnya, natrium, kalium, fosfor, magnesium, klor, dan belerang. Unsur-unsur seperti fosfor, klor, dan belerang bersifat asam dalam larutan. Unsur-unsur ini banyak terdapat dalam makanan berprotein dan produk-produk serelia. Sementara untuk yang lain seperti natrium, kalium, dan magnesium bersifat alkali dalam larutan. Zat-zat demikian banyak terdapat dalam buah-buahan dan sayuran.



15,000 Educational Images

Gambar 6.8 Buah segar dan sayur-sayuran kaya akan vitamin dan mineral

Adapun **unsur mikro** yakni jenis unsur yang digunakan tubuh dalam jumlah kecil. Misalnya saja, mangan, kromium, kobalt, molibdenum, tembaga, dan seng. Berbagai unsur ini sangat penting bagi proses metabolisme dan pembentukan struktur tubuh.

Untuk mengetahui berbagai unsur, sumber, fungsi, dan gejala yang timbul bila tubuh kekurangan mineral, kalian dapat memperhatikan Tabel 6.6 dan Tabel 6.7.

Tabel 6.6 Berbagai Unsur Makroelemen dalam Mineral

Unsur	Sumber	Fungsi	Gejala keracunan/ kelebihan	Gejala kekurangan
Natrium (Na)	Garam dapur (NaCl), daging, unggas, ikan, telur, susu	Memelihara keseimbangan pH dan asam; memelihara keseimbangan tubuh dan nilai osmotik; mengatur permeabilitas sel, fungsi alat dan transmisi impuls saraf	Hipertensi (tekanan darah tinggi)	Gangguan pada jantung dan ginjal; mual, kelelahan dan kejang otot; nilai osmotik cairan turun, sehingga meningkatkan suhu tubuh
Kalium (K)	Daging, unggas, serelia, buah-buahan, sayuran	Memelihara keseimbangan air di dalam sel-sel tubuh; transmisi impuls-impuls saraf; memelihara keseimbangan asam dan basa dalam tubuh; sebagai katalisator dalam reaksi kimia dan biologis dalam tubuh; memelihara denyut jantung; mengatur pelepasan insulin dari pankreas; membantu kontraksi otot dan pertumbuhan	Kelemahan otot, denyut jantung tak teratur	Kelemahan otot; gangguan pernapasan; denyut jantung tidak normal
Kalsium = zat kapur (Ca)	Susu, kerang, ikan, keju, sayuran (kubis, brokoli), biji-bijian, tumbuhan polong	Memelihara tulang dan gigi; berperan dalam proses pembekuan darah; memelihara fungsi otot jantung	Hiperkalsemia (kadar kalsium yang tinggi dalam darah), kelelahan luar biasa, mual, muntah, anoreksia, sakit perut, sembelit, haus, gangguan mental, batu kalsium, pengapuran jaringan	Karies (kerusakan gigi); osteoporosis (kerapuhan tulang); rakhitis pembengkakan tulang kaki; kejang otot; hipokalsemia (rendahnya kadar kalsium dalam darah); darah sukar membeku; pertumbuhan terhambat
Fosfor (P)	Susu, kuning telur, daging, unggas, ikan, serelia,	Membentuk dan memelihara tulang dan gigi; mengatur aktivitas hormonal; mengatur keseimbangan	Pengikisan rahang	Tulang dan gigi menjadi rapuh; kehilangan nafsu makan; berat badan

	kacang, tumbuhan polong	asam dan basa dalam darah		turun; rakhitis; lesu; anoreksia; sakit pada tulang
Magnesium (Mg)	Tumbuhan polong, biji padi-padian, serelia, daging, susu	Berperan dalam sintesis protein; respirasi seluler; sebagai katalisator dalam beberapa reaksi kimia dan biologis yang melibatkan ATP dan ADP	Gangguan fungsi saraf	Gangguan mental, emosi, otot-otot; tetani yang serupa hipoglikemia; pengontrolan terhadap otot hilang; perubahan-perubahan yang memengaruhi kerusakan sistem ginjal dan kardiovaskuler
Klor (Cl)	Garam dapur, daging, susu, telur	Memelihara keseimbangan air dan asam basa dalam tubuh; berperan dalam pembentukan asam hidroksida; komponen HCL dalam lambung	-	Hilangnya rambut dan gigi; gangguan pencernaan, mual, dan kekebalan (lesu)
Belerang (S)	Buah-buahan, sayuran, tumbuhan polong, telur, susu, daging, keju, dan makanan yang mengandung protein	Membantu dalam penyimpanan dan pembebasan energi; meningkatkan kerja enzim tertentu; memelihara otot dan saraf	-	Pertumbuhan akan terganggu

Linder, *Bookimia Nutrisi dan Metabolisme*, 1992, 234-235.

Tabel 6.7 Berbagai Unsur Mikroelemen dalam Mineral

Unsur	Sumber	Fungsi	Gejala keracunan/kelebihan	Gejala kekurangan
Zat besi (Fe)	Sayuran, buah-buahan, biji, padi-padian, serelia, kentang, daging, hati, susu, kuning telur	Respirasi seluler sebagai Hb dan mioglobin; memungkinkan transportasi O ₂ dan CO ₂ ke dan dari sel; mengatur berbagai reaksi kimia dan biologis dalam tubuh; membentuk Hb dalam sel darah merah; konstituen enzim seluler	Gangguan fungsi hati dan pankreas (serosis)	Anemia, lesu, pusing, berat badan menurun, kulit pucat

Yodium (Y)	Garam beryodium, ikan laut, makanan dari tumbuhan dan hewan yang hidup di daerah bergaram	Membantu fungsi kelenjar tiroid; pembentukan hormon tiroksin	-	Penyakit gondok (goiter), dan kretinisme
Seng (Zn)	Makanan yang berasal dari laut, terutama tiram; hati, daging, telur, susu, dan benih gandum	Membantu dalam penyembuhan luka dan kesehatan kulit; pembentukan enzim; ketajaman rasa dan bau-bauan; metabolisme protein, lemak, dan karbohidrat	Kehilangan zat besi dan tembaga dalam hati	Pertumbuhan terhambat, penyembuhan luka terhambat, ketajaman rasa dan bau-bauan menurun, kredil, anemia
Flour (F)	Ikan, air atau garam yang dicampur flour, makanan yang berasal dari hewan (misalnya susu, kuning telur, dan lain-lain)	Menguatkan tulang dan gigi; meningkatkan daya tahan terhadap pembusukan gigi; melindungi kekurangan magnesium, osteoporosis, poriodental	Gigi bercoreng-coreng	Periodental (radang pada jaringan penyangga gigi); osteoporosis
Tembaga (Cu)	Tumbuhan polong, biji, padi-padian, kismis, kacang, ginjal, hati, kerang	Pembentukan hemoglobin sel darah merah; komponen enzim dan protein; mengabsorpsi unsur besi; sintesis substansi seperti hormon; memelihara fungsi sistem saraf dan kimia darah yang normal	Sakit kepala, pusing-pusing, lesu, mual, diare	Anemia, gangguan saraf dan tulang, luka-luka pada kulit

Linder, *Biokimia Nutrisi dan Metabolisme*, 1992, 262-263.

6. Air

Air merupakan zat yang mudah ditemui di sekitar lingkungan kita. Kita tentu sering menggunakannya setiap hari, baik untuk mandi, mencuci, memasak, maupun minum. Namun sayang, kita hanya menggunakannya saja, tidak mengetahui manfaatnya secara pasti.

Setiap harinya, air yang kita konsumsi berkisar 2,5 liter. Jumlah tersebut bisa berasal dari makanan atau minuman. Konsumsi air sebesar ini, sebab 70% tubuh manusia terdiri atas air. Manusia dalam berbagai kondisi, dapat hidup lama tanpa makanan. Namun, manusia tidak akan bertahan hidup tanpa air.

Begitu penting air bagi tubuh kita, menjadikan air memiliki beragam fungsi. Berbagai fungsi air adalah sebagai berikut.

- Sebagai medium terjadinya berbagai reaksi kimia dalam tubuh;
- Alat transpor zat pada pencernaan makanan dari usus halus menuju bagian tubuh yang lain;



Gambar 6.9 Air merupakan zat yang penting bagi tubuh manusia

- c. Alat pengangkut sisa metabolisme dari jaringan tubuh menuju organ ekskresi untuk dibuang;
- d. Alat pengangkut hormon dari berbagai kelenjar menuju bagian tubuh yang membutuhkannya;
- e. Sebagai komponen penting dalam pelumasan tulang sendi, getah pencernaan, dan darah;
- f. Dibutuhkan untuk reaksi hidrolisis dalam sistem pencernaan;
- g. Membantu menjaga temperatur tubuh

Nah, sekarang kalian telah mengetahui semua zat penting yang diperlukan oleh tubuh. Untuk selanjutnya, ayo kalian selesaikan rubrik *Percobaan* berikut secara mandiri.

Percobaan

Menyeimbangkan Pola Makan

A. Dasar Teori

Tubuh manusia terdiri atas berbagai macam sistem organ. Supaya semua sistem tersebut bekerja dengan normal, maka tubuh membutuhkan asupan air dan nutrisi yang teratur. Ini dapat diwujudkan dalam bentuk pola makan yang seimbang. Makanan yang seimbang akan menyuplai jumlah energi yang cukup sebagai bahan bakar bagi otot serta merangsang pertumbuhan jaringan dan sel, kemudian juga fungsi otak dan fungsi hati.

Nutrisi makanan yang dibutuhkan bagi tubuh meliputi karbohidrat, lemak, protein, vitamin, mineral, air, dan serat. Berbagai zat ini dapat diperoleh dari makanan yang kita makan setiap hari. Namun, menyeimbangkan pola makan sesuai piramida panduan makanan merupakan suatu hal yang cukup penting.

B. Tujuan

Mengetahui manfaat pola makan seimbang

C. Alat dan Bahan

1. Kertas
2. Pensil
3. Makanan sehari-hari

D. Langkah Percobaan

1. Hitung berat badan dan catat kondisi tubuh terlebih dahulu.
2. Selanjutnya, catat makanan yang kalian konsumsi setiap harinya selama satu bulan. Kemudian, tulis manfaat bahan makanan tersebut bagi tubuh.
3. Catat berat tubuh setiap satu minggu sekali selama satu bulan.
4. Catat semua hasil pengamatan pada tabel.

Tabel Pengamatan

Hari ke-	Makanan yang dikonsumsi	Berat badan	Fungsi bahan makanan
1			
2			
3			
4			
5			
6			
dst.			

E. Pembahasan

1. Makanan apakah yang sering kalian konsumsi setiap harinya?
2. Apakah makanan yang kalian konsumsi setiap harinya sudah sesuai dengan piramida panduan makanan?
3. Apakah hasil yang dapat teramati pada tubuh kalian selama satu bulan terkait pola makan?
4. Tulis hasil yang kalian peroleh dalam bentuk laporan ilmiah. Kumpulkan hasilnya pada pertengahan semester.

Catatan: Sebaiknya percobaan ini dijadikan **proyek** bagi siswa. Kemudian, akan lebih menarik bila

Sementara itu, untuk mengetahui pemahaman materi kalian, selesaikanlah rubrik *Uji Kompetensi* berikut.

Uji Kompetensi

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

1. Apakah yang dimaksud dengan makanan itu? Apa pula fungsinya?
2. Apakah fungsi karbohidrat bagi tubuh?
3. Sebutkan makanan yang mengandung vitamin A.
4. Sebutkan gangguan yang dapat terjadi bila seseorang kekurangan zat besi.
5. Apakah fungsi air bagi tubuh?

Semua mesin pasti membutuhkan bahan bakar supaya berjalan. Tubuh kita seperti mesin sehingga membutuhkan bahan bakar yang berupa makanan. Makanan yang kita makan akan diproses di dalam tubuh melalui mekanisme yang dinamakan sistem pencernaan makanan. Bagaimanakah proses yang terjadi sistem pencernaan makanan itu? Ikuti bahasannya pada subbab berikut.

B. Sistem Pencernaan Makanan pada Manusia

Makanan yang kita makan akan dicerna melalui sistem pencernaan. Di dalam sistem pencernaan, terjadi proses pemecahan makanan yang mengandung zat seperti karbohidrat, lemak, dan protein menjadi molekul sederhana. Proses yang demikian dinamakan **proses pencernaan makanan**.

Sebelum mempelajari bahasan ini lebih lanjut, terlebih dahulu lakukan rubrik *Diskusi* berikut.

Diskusi

Bersama teman sebangku, lakukan diskusi mengenai pertanyaan-pertanyaan berikut.

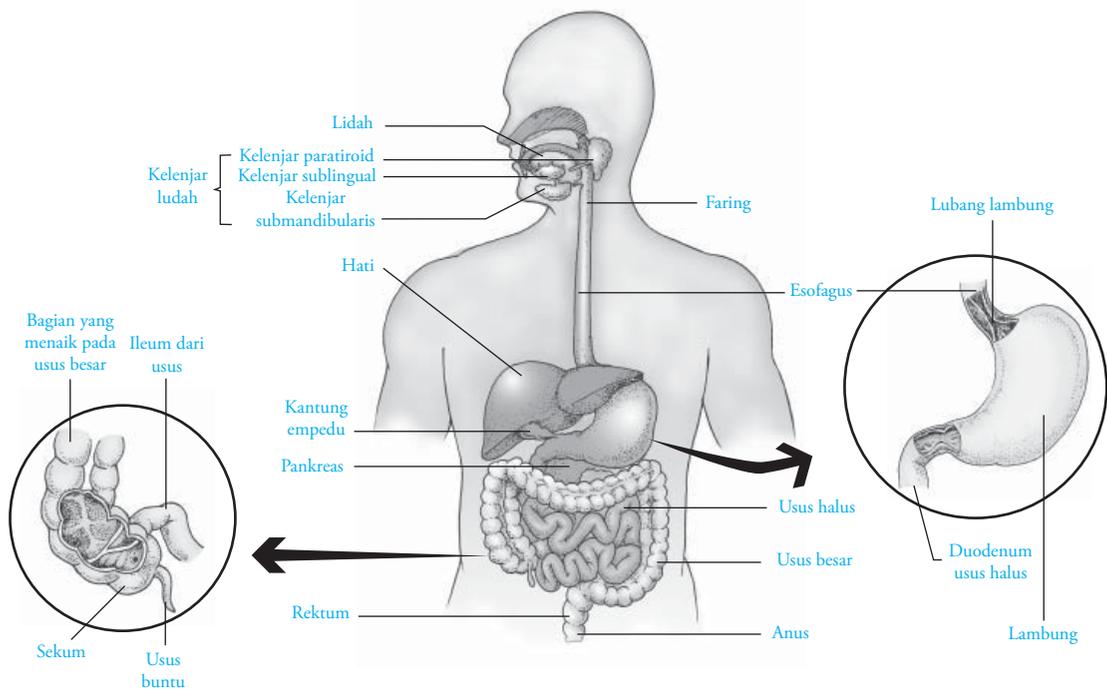
1. Apakah kalian selalu makan setiap hari dengan teratur, misalnya tiga kali sehari?
2. Tahukah kalian, mengapa beberapa jam setelah makan kalian merasa lapar kembali?
3. Apakah setiap pagi kalian buang air besar? Mengapa hal ini bisa terjadi?

Presentasikan hasil yang kalian peroleh di depan kelompok lainnya.

Proses pencernaan makanan dapat terjadi dalam bentuk dua cara, secara mekanis dan kimiawi. Secara **mekanis**, pencernaan makanan dilakukan oleh gerakan otot, semisal gerakan peristaltis dan gerakan gigi-gigi dalam mulut saat mengunyah makanan. Sedangkan secara **kimiawi**, pencernaan makanan dapat terjadi karena bantuan enzim yang dihasilkan dalam tubuh. Enzim ini bekerja hanya sebagai katalisator reaksi saja dan tidak ikut berubah.

1. Proses Pencernaan pada Manusia

Sistem pencernaan menyerupai saluran yang saling sambung-menyambung. Panjang saluran ini sekitar 9 meter. Alat-alat yang terdapat pada saluran tersebut meliputi rongga mulut (*cavum oris*), kerongkongan (*esofagus*), lambung (*ventrikulus*), usus halus (*intestinum tinueu*), usus besar (*intestinum krasum*), dan anus. Selain saluran pencernaan, proses pencernaan makanan dibantu pula oleh sekresi getah pencernaan dari berbagai kelenjar pencernaan. Bahasan berikut dapat kalian simak.



Gambar 6.10 Sistem pencernaan manusia

a. Rongga Mulut

Makanan masuk ke dalam tubuh pertama kali melewati rongga mulut. Oleh karena itu, proses pencernaan makanan secara mekanik dan kimiawi sudah dimulai pada bagian ini.

Pada rongga mulut terdapat beberapa bagian yang berperan dalam proses pencernaan yakni gigi, lidah, dan kelenjar ludah.

1) Gigi

Gigi (*dentis*) merupakan bagian yang mengolah makanan saat kita makan. Melalui gigi, makanan dapat kita gigit, potong, sobek, kunyah dan dihaluskan. Sehingga, gigi mencerna makanan secara mekanik.

Berdasarkan bentuknya, gigi manusia meliputi gigi seri, gigi taring, gigi geraham depan (premolar) dan gigi geraham belakang (molar). Lihat Gambar 6.11.

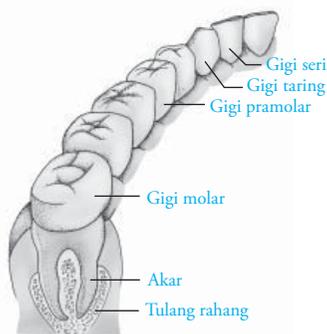
Gigi seri (*dentis insisivus*) merupakan gigi yang berada pada bagian depan. Bentuknya tegak dengan tepi yang tajam, seperti sekop atau tatah. Gigi seri berfungsi untuk memotong makanan. Berikutnya adalah **gigi taring** (*dentis caninus*). Bentuknya lebih tinggi dan runcing. Fungsi gigi taring adalah menyobek dan menarik makanan. Di belakang gigi taring terdapat **gigi geraham depan** dan **gigi geraham belakang**. Bentuk kedua gigi ini lebih rendah dan lebih rata dengan benjolan-benjolan kecil. Fungsinya adalah untuk menghancurkan dan menghaluskan.

Secara struktural, gigi memiliki beberapa bagian. Bagian yang tampak dari luar dinamakan **puncak gigi** atau **mahkota gigi**. Bagian yang tertanam di dalam rahang dinamakan **akar gigi**. Batas antara puncak dan akar gigi serta tertanam di dalam gusi dinamakan **leher gigi**.

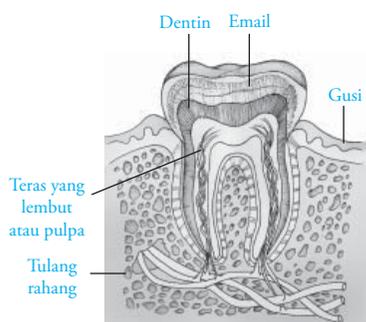
Selain bagian tersebut, bagian mahkota gigi dilapisi oleh lapisan keras yang mengandung kalsium dan berfungsi sebagai pelindung. Lapisan demikian dinamakan **email**. Di bawah email terdapat **dentin** yang sedikit lebih halus dan berwarna kekuningan. Di bagian tengah gigi terdapat **pulpa** atau **rongga gigi**. Pada bagian ini terdapat pembuluh darah untuk memelihara seluruh gigi, dan saraf yang mendeteksi tekanan, panas, dingin, dan sakit. Pembuluh darah dan saraf tersebut menjulur hingga akar gigi. Akar gigi memiliki konstruksi yang kuat karena ditutupi oleh jaringan semacam tulang yang disebut **semen**. Akar gigi yang menancap pada tulang rahang tersebut ada yang berjumlah satu dan dua.

Gigi juga dapat mengalami gangguan bila tidak dirawat dan dibersihkan secara tepat dan teratur. Kuman atau bakteri yang hidup pada sisa-sisa makanan dapat menghasilkan zat-zat buangan yang bersifat asam sehingga menggerogoti email dan dentin. Akibatnya, gigi dapat berlubang dan biasa disebut **rongga**. Perawatan terhadap gigi seperti mengurangi makanan yang bergula, terlalu panas atau dingin dapat mencegah gigi dari kerusakan. Selain itu, membersihkan gigi dengan menggosoknya sebelum tidur dan setelah makan juga dapat mencegah dari kerusakan. Perawatan lainnya yakni memeriksakan gigi kepada dokter gigi secara teratur.

Berdasarkan tahapan perkembangannya, gigi manusia terdiri atas dua kelompok yakni **gigi susu** dan **gigi dewasa**. Gigi susu (*dentis desidue*) merupakan gigi yang tumbuh pada anak usia 6



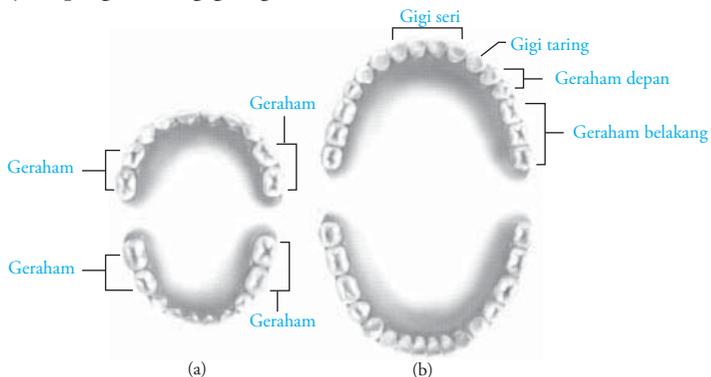
Gambar 6.11 Berbagai bentuk gigi



Gambar 6.12 Bagian-bagian gigi

bulan hingga 8 tahun. Jumlah gigi ini pada anak yakni 20 buah dengan rincian 8 buah gigi seri, 4 buah gigi taring, dan 8 buah gigi geraham. Sejak usia 6 tahun hingga usia 14 tahun, gigi susu akan tanggal satu persatu dan digantikan dengan gigi dewasa.

Gigi dewasa atau gigi tetap (**dentis permanen**) merupakan gigi orang dewasa yang berjumlah 32 buah. Rinciannya 8 buah gigi seri, 4 buah gigi taring, 8 buah gigi geraham depan, dan 12 buah gigi geraham belakang. Apabila gigi dewasa tanggal, tidak terjadi pergantian gigi lagi alias tidak tumbuh.



Parker, 100 Pengetahuan Tentang Tubuh Manusia, 2004, blm. 31

Gambar 6.13 (a) Gigi susu pada anak-anak, (b) gigi dewasa atau gigi tetap pada orang dewasa

Untuk memudahkan pemahaman kalian, berikut disajikan rumus gigi. Dengan penyimbolan seperti:

Gigi seri (*insisor*) = I

Gigi taring (*caninus*) = C

Geraham depan (*premolar*) = P

Geraham belakang (*molar*) = M

Maka rumus gigi dapat dituliskan:

Gigi anak-anak (gigi susu)	M	P	C	I	I	C	P	M
Atas	0	2	1	2	2	1	2	0
Bawah	0	2	1	2	2	1	2	0
Gigi orang dewasa (gigi dewasa)	M	P	C	I	I	C	P	M
Atas	3	2	1	2	2	1	2	3
Bawah	3	2	1	2	2	1	2	3

2) Lidah

Selain gigi, di dalam rongga mulut manusia juga terdapat lidah. **Lidah** merupakan organ pencernaan yang tersusun atas otot lurik. Permukaannya terdapat papila-papila yang berfungsi sebagai indra pengecap dan terbungkus oleh mukosa. Terkait proses pencernaan, fungsi lidah antara lain untuk mengatur letak makanan dalam mulut mencampur makanan dengan ludah, dan mendorong makanan masuk ke dalam esofagus.

3) Kelenjar Ludah

Bagian yang tidak kalah penting perannya bagi pencernaan ialah **kelenjar ludah** (*glandula saliva*). Sekresi dari kelenjar ini berwujud air liur atau ludah (*saliva*). Letak kelenjar ludah ada pada beberapa bagian dan masing-masing berjumlah sepasang. Misalnya saja, kelenjar ludah yang berada di bawah telinga atau **glandula parotis**. Fungsinya adalah menghasilkan ludah berbentuk cair dan mengandung enzim amilase. Selain kelenjar ludah tersebut, terdapat pula **glandula submandibularis** yakni kelenjar ludah yang berada pada rahang bawah dan **glandula lingualis** yang berada di bawah lidah. Fungsi kedua kelenjar ini ialah menghasilkan ludah yang mengandung air dan lendir.

Enzim amilase atau **enzim ptealin** yang dihasilkan kelenjar ludah berfungsi mengubah zat tepung (amilum) menjadi zat gula (glukosa). Dengan demikian, ludah membantu proses pencernaan makanan secara kimiawi. Di samping itu, ludah dapat menjaga temperatur rongga mulut, kemudian juga membantu dalam proses penelanan makanan menuju esofagus. Makanan yang melewati esofagus berbentuk **bolus**.

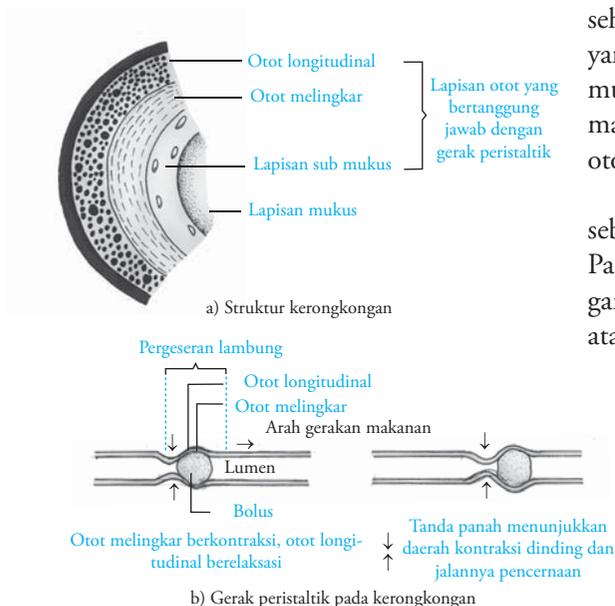
b. Kerongkongan (Esofagus)

Setelah makanan kita kunyah dalam mulut, makanan akan masuk menuju kerongkongan. Sebelum ke kerongkongan, pada pangkal tenggorokan (laring) terdapat bagian yang memiliki katup dinamakan **epiglottis**. Epiglottis berfungsi mengatur masuknya makanan dan udara ke dalam tubuh.

Saat kita menelan makanan, laring bergerak ke atas sehingga tertutup oleh epiglottis dan tidak ada makanan yang masuk ke dalam batang tenggorokan (trakea). Namun, terkadang partikel kecil makanan atau air dapat masuk ke dalam laring atau trakea. Akibatnya, secara otomatis kita akan mengalami batuk atau tersedak.

Kerongkongan merupakan organ yang berperan sebagai tempat jalannya makanan menuju lambung. Panjangnya sekitar 25 cm dan berbentuk tabung dengan diameter 2 cm. Dinding kerongkongan tersusun atas epitelium berlapis pipih.

Selain itu, pada kerongkongan terdapat pula beberapa otot, yakni otot melingkar dan otot longitudinal. Apabila otot tersebut berkontraksi, kerongkongan akan bergerak. Gerakan demikian disebut **gerak peristaltik**. Gerak peristaltik pada kerongkongan ialah gerakan mendorong dan meremas-remas makanan menuju lambung. Gerakan ini terdiri atas fase kontraksi dan relaksasi. Lihat Gambar 6.14.



Gambar 6.14 Kerongkongan melakukan gerak peristaltik untuk mendorong makanan menuju lambung

c. Lambung

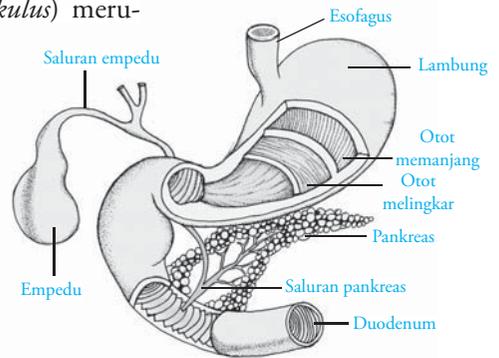
Adanya gerak peristaltik pada kerongkongan, mengakibatkan makanan bergerak menuju lambung. **Lambung** (*ventrikulus*) merupakan sebuah kantung berotot menggelembung, dengan dinding otot yang tebal dan mampu mengembang dengan baik. Letaknya berada di bawah sekat rongga dada, di sebelah kiri rongga perut, dan sebagian tertutup oleh hati.

Lambung tersusun atas tiga bagian. Bagian atas lambung dekat hati terdapat **kardia**, bagian tengah yang berbentuk kantung dinamakan **fundus**, dan bagian bawah dekat usus terdapat **pilorus**. Perhatikan Gambar 6.15.

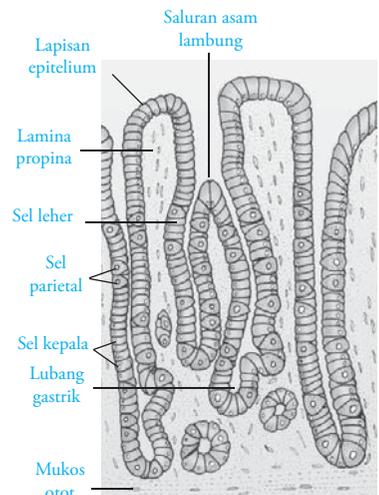
Pada bagian kardia, terdapat sebuah lubang yang tersusun dari otot sfingter kardia dengan bentuk melingkar. Peran otot ini seperti klep yang akan membuka bila ada makanan memasuki lambung dan segera menutup setelahnya. Ini dilakukan supaya makanan tidak kembali lagi ke kerongkongan.

Di dalam lambung, makanan dicerna secara kimiawi dan mekanik. Secara kimiawi, ditunjukkan dengan adanya getah lambung hasil sekresi kelenjar lambung. Kelenjar lambung berada pada dinding lambung. Hasil sekresinya dapat berupa asam klorida (HCL), pepsin, musin dan renin. **Asam klorida** memiliki derajat keasaman yang tinggi. Ini berguna agar bakteri yang masuk bersama makanan mati. Kemudian, asam klorida juga berperan dalam proses pengaktifan pepsinogen menjadi pepsin. **Pepsin** berfungsi mengubah protein menjadi peptida/pepton. **Musin** berfungsi dalam pelincinan makanan. Sementara, **renin** merupakan protein yang berperan saat penggumpalan susu sehingga bisa dicerna dalam lambung.

Selain secara kimiawi, makanan juga dicerna secara mekanik oleh dinding lambung. Ini terjadi karena dinding lambung tersusun dari otot-otot yang selalu mengalami fase kontraksi dan istirahat. Otot-otot tersebut meliputi 3 otot yang tersusun secara memanjang pada bagian luar, melingkar pada bagian tengah, dan miring pada bagian dalam. Kontraksi ketiga otot tersebut menimbulkan gerak peristaltik. Akibat gerak ini, makanan teraduk dan tercampur dengan getah lambung sehingga menjadi bubur yang disebut **kim**. Selanjutnya, makanan menuju sfingter pilorus. HCL memengaruhi sfingter pilorus membuka dan selanjutnya makanan masuk menuju bagian pilorus. Oleh gerak peristaltik juga, makanan sedikit demi sedikit akan memasuki usus halus. Kira-kira makanan tersimpan di dalam lambung ini selama kurang lebih 5-6 jam. Setelah itu, lambung kosong kembali.



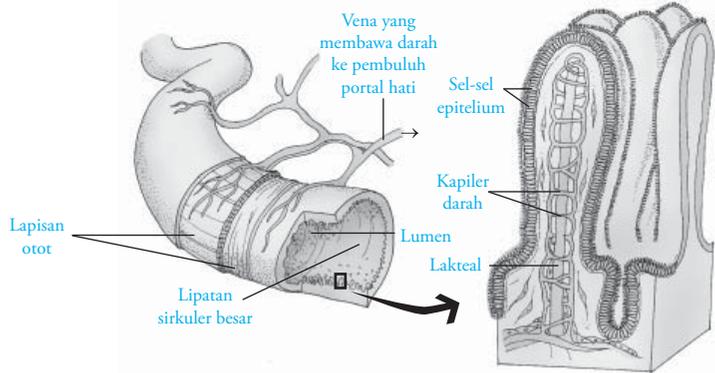
Gambar 6.15 Struktur lambung manusia



Gambar 6.16 Bagian-bagian dinding lambung

d. Usus Halus

Setelah melewati lambung, kim atau bubur makanan menuju **usus halus** secara bertahap. **Usus halus** atau *intestinum* merupakan saluran pencernaan yang paling panjang dalam tubuh yakni sekitar 6-8 meter. Proses pencernaan di dalamnya berlangsung secara kimiawi. Usus halus terbagi menjadi 3 bagian, meliputi usus dua belas jari (*duodenum*), usus kosong (*jejunum*), dan usus penyerapan (*ileum*).



Gambar 6.17 Struktur usus halus

Galeri

Enzim Usus Halus

Banyak enzim yang berperan saat proses pencernaan di dalam usus halus. Misalnya, laktase berfungsi mengubah laktosa menjadi glukosa. Erepsin atau peptidase berfungsi mengubah peptida atau pepton menjadi asam amino. Maltase berfungsi mengubah maltosa menjadi glukosa. Disakarase berfungsi mengubah disakarida menjadi monosakarida. Peptidase berfungsi mengubah polipeptida menjadi asam amino. Sukrase berfungsi mencerna sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa.

Dari pelbagai sumber

Usus dua belas jari ialah bagian usus halus yang bersambung secara langsung dengan lambung. Panjangnya sekitar 25 cm. Bila kita ukur dengan jari manusia ada sekitar 12 jari. Pada dinding ususnya bermuara dua saluran yang berasal dari kantung empedu dan pankreas. Kantung empedu menyimpan cairan berwarna kehijauan dengan rasa pahit. Cairan itu dinamakan **empedu**, yakni zat hasil ekskresi organ hati. Fungsi empedu adalah mencerna makanan berlemak. Cairan ini mengandung beberapa zat seperti garam mineral, pigmen (bilirubin dan biliverdin), kolesterol, fosfolipid, dan air. Garam mineral akan mempermudah dalam proses pengemulsian (penurunan kadar) lemak. Sementara, bilirubin dan biliverdin akan dioksidasi sehingga berfungsi untuk mewarnai feses dan urine agar berwarna kuning kecoklatan.

Pankreas menghasilkan getah pankreas yang mengandung zat-zat semacam enzim amilase, lipase, dan tripsinogen yang belum aktif. **Amilase** berperan mengubah zat tepung menjadi gula. **Lipase** berfungsi mengubah lemak menjadi asam lemak. Sedangkan **tripsinogen** diaktifkan terlebih dahulu oleh enzim enterokinase yang berasal dari sekresi usus halus. Tripsinogen aktif menjadi tripsin dan tripsin segera mengubah protein menjadi peptida dan asam amino.

Dari usus dua belas jari, bubur makanan akan menuju ke usus kosong (*jejunum*). Panjangnya sekitar 1,5 m hingga 1,75 m. Pada usus kosong, kim yang belum dicerna dengan sempurna akan dicerna kembali. Berbagai zat yang dicerna yakni karbohidrat, lemak, dan protein. Namun, vitamin dan mineral tidak dicerna alias langsung diserap.

Hasil pencernaannya ialah sari-sari makanan yang berupa asam amino, glukosa, asam lemak, dan gliserol.

Selanjutnya, sari-sari makanan diserap oleh **usus penyerapan (ileum)**. Panjang usus penyerapan sekitar 0,75 hingga 3,5 m. Proses penyerapannya dilakukan oleh **jonjot-jonjot usus** atau **vili** yang berada pada dinding usus halus. Adanya vili menjadikan permukaan penyerapan usus halus menjadi luas. Vili tersusun oleh pembuluh darah, pembuluh kil atau lakteal (limfa), dan sel epitelium. Perhatikan Gambar 6.18.

Zat-zat semisal asam amino, glukosa, vitamin, dan mineral diserap pembuluh darah yang berada pada vili. Darah yang mengandung sari-sari makanan ini diedarkan menuju hati untuk disimpan dan yang lainnya diedarkan ke seluruh tubuh. Adapun asam lemak bereaksi dengan garam mineral (garam karbonat dan bikarbonat) membentuk sabun. Bersamaan dengan sabun, gliserol akan diserap vili dan dibawa oleh pembuluh kil.

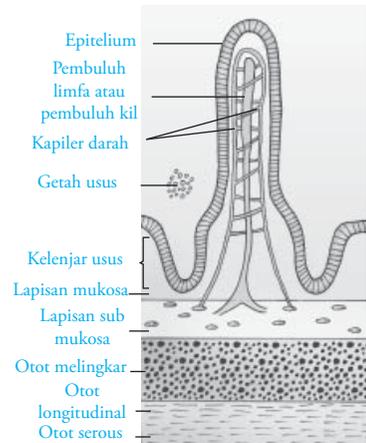
e. Usus Besar

Sari-sari makanan dan zat yang berguna telah diserap oleh usus halus, sisanya akan diteruskan menuju usus besar. **Usus besar (large intestine)** atau **kolon (colon)** merupakan persambungan usus halus yang panjangnya sekitar 1 m dan berdiameter 6,5 cm. Fungsi utama usus ini ialah mengontrol kadar air sisa makanan. Air pada sisa makanan yang berlebihan akan diserap (reabsorpsi), sedangkan bila kurang akan ditambah. Selain itu, pada usus besar juga terjadi proses pembentukan feses yang selanjutnya dibuang melalui anus.

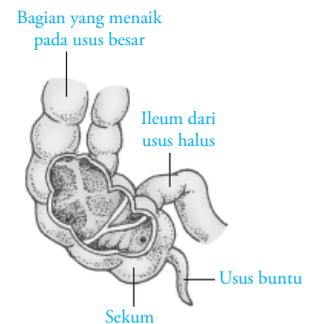
Usus besar terbagi atas beberapa bagian. Ada bagian usus besar yang naik (askenden), ada yang mendatar (transversum), dan ada pula bagiannya yang menurun (deskenden). Pada bagian perbatasan antara usus halus dan usus besar terdapat bagian yang dinamakan **sekum** atau **usus buntu**. Supaya sisa makanan dari usus halus yang menuju usus besar tidak kembali lagi, sekum ini memiliki klep yang disebut **klep ileosekum**. Adanya klep ini dapat mencegah bakteri-bakteri kembali ke usus halus.

Di bagian ujung sekum ada bagian yang dinamakan **umbai cacing (apendiks)**. Ditaksir umbai cacing bisa mencegah infeksi. Namun, umbai cacing bisa pula mengalami peradangan, yang disebut **apendisitis**.

Di dalam usus besar terdapat bakteri yang menguntungkan. Bakteri yang dimaksud yakni *Escherichia coli* (*E. coli*). Bakteri ini membusukkan sisa makanan menjadi feses. Feses yang terbentuk menjadi lunak sehingga mudah dikeluarkan. Bakteri ini juga dapat menghasilkan zat yang bermanfaat bagi tubuh, misalnya biotin, asam folat, vitamin K, dan beberapa vitamin B. Sebelum dikeluarkan, feses terkumpul dalam rektum. **Rektum** merupakan bagian akhir dari usus besar.



Gambar 6.18 Struktur vili pada dinding usus halus



Gambar 6.19 Bagian-bagian usus besar

f. Anus

Feses yang terkumpul dalam rektum dikeluarkan melalui saluran pengeluaran yang dinamakan **anus**. Proses pengeluaran fekes lewat anus ini disebut **proses defikasi**. Pada anus terdapat otot sfingter anus yang berupa otot polos dan otot lurik. Masing-masing otot ini berturut-turut berada di dalam dan bagian luar lubang anus. Saat fekes menyentuh dinding rektum, otot lurik terangsang melakukan proses defikasi. Akibatnya, secara sadar kita akan melakukan mengejan (berkontraksi). Tindakan kita ini akan menjadikan otot polos mengendur, sehingga fekes keluar dari tubuh.

Nah, setelah kalian mengetahui alat-alat dan proses pencernaan makanan manusia, selanjutnya lakukan rubrik *Telisik* berikut sehingga pemahaman kalian bertambah.

Telisik

Secara mandiri, buatlah tabel alat-alat/kelenjar dan proses yang terjadi pada sistem pencernaan manusia. Kalian dapat membuatnya seperti tabel berikut.

Tabel proses pencernaan makanan

No	Alat-Alat Pencernaan	Kelenjar Pencernaan yang Berperan	Proses yang Terjadi
1
2
3
dst

Galeri

Oralit

Cara mengatasi diare secara efektif adalah dengan memberikan minuman yang dicampur oralit. Obat ini dapat mengganti cairan yang keluar bersama fekes. Selain itu, oralit membantu fekes keluar dari anus dalam bentuk normal.

Apabila kita tidak memiliki obat ini, kita dapat membuat oralit tersebut dari garam dengan komposisi 1 sendok gula pasir dan 2 sendok garam yang dimasukkan dan dicampur ke dalam segelas air. Nah, campuran air tersebut bisa kita minum dan diare berangsur-angsur hilang.

2. Gangguan atau Kelainan pada Sistem Pencernaan Manusia

Ada beberapa gangguan atau kelainan yang dapat terjadi pada sistem pencernaan kita. Ulasan berikut membahas beberapa gangguan atau kelainan tersebut.

a. Gastritis

Gastritis merupakan suatu peradangan akut atau kronis pada lapisan mukosa (lendir) dinding lambung. Penyebabnya ialah penderita memakan makanan yang mengandung kuman penyakit. Kemungkinan juga karena kadar asam klorida (HCl) pada lambung terlalu tinggi.

b. Hepatitis

Hepatitis merupakan penyakit yang terjadi akibat infeksi virus pada hati. Virus dapat masuk ke dalam tubuh melalui air atau makanan.

c. Diare

Diare dapat terjadi karena adanya iritasi pada selaput dinding usus besar atau kolon. Feses penderita diare berbentuk encer. Pe-

nyebabnya adalah penderita memakan makanan yang mengandung bakteri atau kuman. Akibatnya gerakan peristaltik dalam usus tidak terkontrol. Sehingga, laju makanan meningkat dan usus tidak dapat menyerap air. Namun, apabila feses yang dikeluarkan bercampur dengan darah dan nanah, kemudian perut terasa mulas, menunjukkan adanya gejala penyakit desentri. Penyebabnya yakni infeksi bakteri *Shigella* pada dinding usus besar.

d. Konstipasi

Sembelit atau konstipasi ialah keadaan yang dialami seseorang dengan gejala feses mengeras sehingga susah dikeluarkan. Sembelit disebabkan oleh adanya penyerapan air pada sisa makanan. Akibatnya, feses kekurangan air dan menjadi keras. Ini terjadi dari kebiasaan buruk yang menunda-nunda buang besar. Selain itu, juga karena kurangnya penderita mengonsumsi makanan berserat. Oleh karena itu, banyak makan buah-buahan dan sayuran berserat serta minum banyak air dapat mencegah gangguan ini.

e. Apendisitis

Apendisitis merupakan gangguan yang terjadi karena peradangan apendiks. Penyebabnya ialah adanya infeksi bakteri pada umbai cacing. Akibatnya, timbul rasa nyeri dan sakit.

f. Hemeroid/Wasir/Ambeyen

Hemeroid atau wasir/ambeyen merupakan gangguan pembengkakan pada pembuluh vena di sekitar anus. Orang yang sering duduk dalam beraktivitas dan ibu hamil seringkali mengalaminya gangguan ini.

g. Maag

Orang yang mengalami maag memiliki ciri-ciri rasa perih pada dinding lambung, mual, muntah, dan perut kembung. Gangguan ini disebabkan meningkatnya kadar asam lambung yang dipicu karena pikiran tegang, pola makan yang tak teratur, dan lain sebagainya.

h. Keracunan

Keracunan makanan dapat terjadi karena pengaruh beberapa bakteri semisal bakteri *Salmonella* yang menyebabkan penyakit demam tipus dan paratipus.

Nah, untuk mengetahui beberapa gangguan atau kelainan sistem pencernaan yang lain, lakukan rubrik *Telisis* berikut.

Telisis

Bersama kelompok kalian, carilah beberapa kelainan atau gangguan sistem pencernaan makanan melalui majalah, koran, tabloid, internet atau instansi terkait seperti puskesmas dan rumah sakit. Tulis hasilnya dalam bentuk laporan. Selanjutnya presentasikan dan diskusikan hasilnya di depan kelompok lain. Setelah itu, kumpulkan pada guru kalian.

3. Berbagai Teknologi yang Dapat Mencegah/Mengatasi Gangguan atau Kelainan Sistem Pencernaan Makanan

Kelainan atau gangguan pencernaan dapat diatasi dengan kemajuan teknologi. Berikut beberapa caranya.

- Rectal tube*, peralatan yang digunakan untuk membersihkan rektum dan gas-gas dari usus.
- Stomach tube*, peralatan yang berbentuk selang dengan fungsi sebagai pembilas dan pencuci perut. Selain itu, alat ini dapat juga difungsikan untuk pengobatan dan pengambilan getah lambung.
- Pembedahan dengan pembuangan bagian usus yang mengalami radang apabila sudah terlalu parah.
- Pendeteksian kelainan pada lambung, usus 12 jari, dan esofagus melalui penggunaan sinar-X.

Nah, akan lengkap sekiranya pengetahuan kalian, apabila melakukan rubrik *Telisik* berikut.

Telisik

Secara kelompok, carilah informasi mengenai cara mengatasi/mencegah gangguan atau kelainan sistem pencernaan makanan lewat internet, surat kabar, majalah, tabloid dan instansi kesehatan di lingkungan sekitar kalian. Presentasikan dan diskusikan hasil yang kalian dapatkan. Selanjutnya, kumpulkan hasil tersebut kepada Bapak/Ibu guru.

Berikutnya untuk mengetahui kemampuan yang kalian peroleh, kalian dapat menyelesaikan rubrik *Uji Kompetensi* berikut.

Uji Kompetensi

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

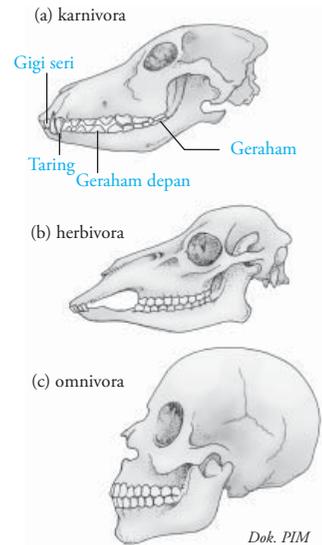
- Apakah yang dimaksud proses pencernaan makanan?
- Sebutkan susunan gigi dewasa manusia.
- Sebutkan dan jelaskan fungsi enzim yang membantu proses pencernaan pada usus halus.
- Proses apakah yang terjadi pada makanan saat berada dalam usus besar?
- Sebutkan tiga jenis gangguan dan kelainan pada sistem pencernaan manusia.

Setiap makhluk hidup membutuhkan makan. Makanan yang dimakan akan dicerna melalui proses pencernaan makanan. Di samping itu, kelenjar pencernaan juga ikut membantu proses ini. Namun demikian, proses dan saluran pencernaan makanan makhluk hidup tersebut tidaklah sama. Misalnya saja, proses dan saluran pencernaan antara manusia dengan hewan ruminansia. Nah, untuk itu, uraian berikut akan dibahas sistem pencernaan makanan hewan ruminansia.

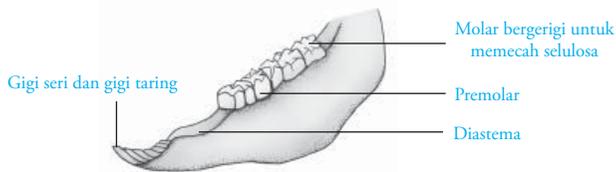
C. Sistem Pencernaan Makanan pada Hewan Ruminansia

Secara umum, alur proses pencernaan makanan manusia dan hewan ruminansia (pemamah biak) tidak jauh berbeda. Perbedaannya hanya terletak pada susunan gigi dan struktur lambungnya saja. Alat-alat pencernaan hewan ruminansia meliputi rongga mulut, esofagus, lambung, usus halus, usus besar, dan anus.

Makanan masuk pertama kali melalui **rongga mulut**. Di dalam rongga mulut, makanan dikunyah oleh gigi dan dicampur dengan air ludah. Giginya memiliki susunan 16 buah gigi seri yang berfungsi sebagai penjepit makanan; 12 buah gigi geraham depan (premolar) dan 12 buah gigi geraham belakang (molar) yang berfungsi untuk memamah makanan. Sementara gigi taringnya sudah dimodifikasi untuk menggigit dan memotong tumbuhan. Di antara gigi seri dan gigi geraham terdapat celah yang disebut diastema. Fungsinya sebagai tempat menjulurkan lidah saat mengambil tumbuhan atau dedaunan. Perhatikan Gambar 6.20 dan Gambar 6.21.

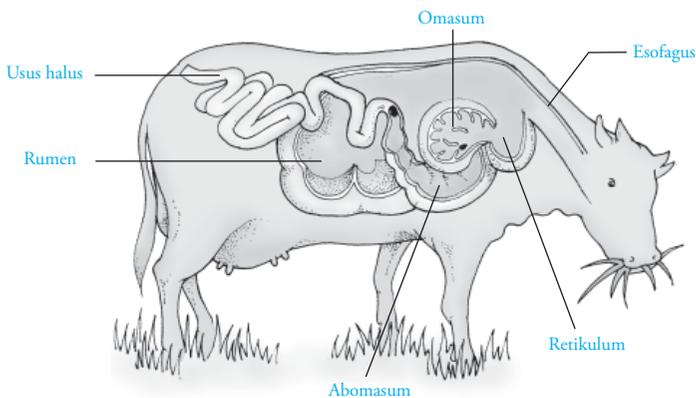


Gambar 6.20 Struktur gigi hewan ruminansia



Gambar 6.21 Struktur rahang bawah hewan ruminansia

Dari rongga mulut, makanan masuk melalui **kerongkongan** (esofagus) menuju lambung. **Lambung** ruminansia seperti sapi dan kambing berbeda dengan lambung manusia. Lambung ruminansia terbagi menjadi empat bagian, yakni rumen, retikulum, omasum, dan abomasum. Lihat Gambar 6.22.



Gambar 6.22 Hewan ruminansia memiliki lambung yang terdiri empat bagian

Saat makanan masuk ke dalam lambung, pertama kali menuju rumen. **Rumen** berfungsi untuk menampung makanan sementara. Di

Galeri

Hidup dari Dedaunan



Microsoft Encarta Premium 2006

Rusa, jerapah, dan badak hitam adalah hewan pemakan dedaunan. Daun dapat diperoleh dari pohon atau semak-semak. Zebra, sapi liar, dan badak putih merupakan pemakan rumput. Kebanyakan mamalia herbivora memiliki gigi depan yang berujung lurus untuk menggigit, dan gigi pipi, geraham dan geraham depan yang puncaknya rata untuk mengunyah dengan sempurna.

Parker, *Cara Hidup Hewan*, 2005, hlm. 14

dalamnya terjadi proses pembusukan dan fermentasi oleh enzim selulase yang dihasilkan oleh bakteri dan protozoa. Bakteri yang berperan dalam proses fermentasi selulosa menjadi glukosa dan bentuk lainnya ini berasal bakteri genus *Cytophaga* dan *Bacterium*, sementara protozoanya adalah genus *Flagellata*, seperti *Cyptomonas subtilis*.

Selanjutnya, makanan yang berasal dari rumen akan menuju retikulum. Pada bagian ini, makanan tersebut dibentuk menjadi gumpalan-gumpalan kasar yang disebut **bolus**. Sewaktu beristirahat, hewan ruminansia seringkali mulutnya mengunyah. Ini dilakukan karena bolus dari retikulum dikeluarkan kembali menuju rongga mulut. Dari rongga mulut, makanan masuk kembali menuju omasum dan diteruskan ke abomasum (perut sebenarnya). Di dalam abomasum, makanan dicerna seperti halnya pada lambung manusia yakni secara kimiawi.

Setelah dicerna dalam abomasum, makanan menuju usus halus. Di dalam usus halus, sari-sari makanan diserap oleh pembuluh darah untuk diedarkan ke seluruh tubuh. Sisa pencernaan makanannya diteruskan menuju rektum yang selanjutnya dibuang melalui anus.

Proses pencernaan hewan ruminansia berbeda dengan hewan memamah biak yang lain seperti kuda, kelinci, atau marmut. Perbedaannya terletak pada proses pengunyahan makanan yang tidak dilakukan dua kali. Selain itu, proses fermentasi selulosanya berlangsung di sekum (usus buntu), bukan di rumen. Sementara, beberapa hewan pengerat seperti kelinci memiliki bakteri pengurai selulosa di usus besar, bukan di lambung.

Nah, sekarang kalian telah mengetahui bahasan sistem pencernaan makanan baik pada manusia ataupun hewan ruminansia. Dengan demikian, akan lebih menarik apabila kalian melakukan rubrik *Telisik* berikut.

Telisik

Bersama teman sebangku, buatlah tabel perbedaan sistem pencernaan makanan pada manusia dan hewan ruminansia. Perbedaan itu dapat ditunjukkan melalui organ-organ pencernaan, fungsi, proses yang terjadi di antara keduanya.

Presentasikan dan diskusikan hasilnya di depan kelompok lain. Selanjutnya, kumpulkan hasil tersebut pada Bapak/Ibu Guru.

Berikutnya, untuk menguji pemahaman kalian, selesaikan *Uji Kompetensi* berikut.

Uji Kompetensi

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

1. Sebutkan susunan gigi hewan ruminansia.
2. Sebutkan alat-alat pencernaan hewan ruminansia.
3. Apakah fungsi enzim selulase pada hewan ruminansia?
4. Apakah yang dimaksud bolus?
5. Adakah perbedaan proses pencernaan makanan pada hewan ruminansia dan hewan memamah biak yang lain?

I k h t i s a r

1. Makanan merupakan zat yang bisa dimasukkan ke dalam tubuh dan berfungsi pula bagi tubuh.
2. Karbohidrat merupakan senyawa organik yang tersusun dari unsur-unsur seperti C (karbon), H (hidrogen), dan O (oksigen). Fungsinya ialah sebagai penyedia sumber energi, mengatur metabolisme sel, diubah menjadi komponen organik lain (asam amino), membantu melancarkan proses pembuangan feses, dan sebagai bahan pembentukan sel. Karbohidrat terdiri atas monosakarida, disakarida, dan polisakarida.
3. Lemak merupakan senyawa organik yang tersusun dari unsur-unsur C, H, O, dan kadang-kadang terdapat pula unsur P dan N. Fungsinya yakni sebagai sumber efisiensi dan penyimpan energi; melindungi suatu bagian terutama di bawah kulit sehingga mencegah terlalu banyak kehilangan panas; sebagai bahan pokok membran plasma; dan sebagai alat untuk membatasi hilangnya air dari permukaan kulit. Menurut susunan kimianya, lemak terbagi atas lemak sederhana, lemak majemuk, dan lemak turunan. Sedangkan menurut sumber asalnya, lemak terbagi atas lemak nabati (dari tumbuhan) dan lemak hewani (dari hewan).
4. Vitamin merupakan senyawa organik yang diperlukan dalam tubuh dengan jumlah kecil. Fungsi vitamin ialah sebagai katalisator (pemercepat reaksi) dalam metabolisme tubuh. Vitamin terdiri atas vitamin A, B₁, B₂, B₃, B₆, B₁₁, B₁₂, C, D, E, K, asam pantotenat dan vitamin H (biotin).
5. Mineral merupakan senyawa non-organik yang tidak menyediakan energi. Mineral berperan dalam proses metabolisme dan pembentukan tubuh. Mineral terdiri atas unsur makro seperti natrium, kalium, fosfor, magnesium, klor, dan belerang, dan unsur mikro seperti mangan, kromium, kobalt, molibdenum, tembaga, dan seng.
6. Proses pencernaan makanan dapat berlangsung secara mekanik dan kimiawi. Secara mekanik, pencernaan makanan dibantu oleh otot-otot tubuh. Secara kimiawi, pencernaan makanan dibantu oleh enzim.
7. Alat-alat yang terdapat pada saluran tersebut meliputi rongga mulut (*orocavum*), kerongkongan (esofagus), lambung (ventrikulus), usus halus (*intestinum tenue*), usus besar (*intestinum crasum*), dan anus.
8. Pada rongga mulut makanan dikunyah oleh gigi dan diolah oleh lidah. Sementara, kelenjar ludah mengeluarkan enzim ptialin untuk mengubah zat tepung (amilum) menjadi zat gula (glukosa).
9. Pada kerongkongan terjadi gerak peristaltis yakni gerak meremas dan mendorong makanan menuju organ pencernaan lainnya.
10. Pada lambung, makanan akan diolah menjadi kim (bubur makanan) dengan gerak peristaltik dan dicerna secara kimiawi melalui getah lambung yang mengandung enzim, semisal enzim asam klorida (HCL), pepsin, musin dan renin.
11. Pada usus halus terjadi proses penyerapan sari-sari makanan oleh jonjot-jonjot usus (vili).
12. Sisa makanan akan disalurkan ke usus besar untuk diserap airnya dan dibentuk menjadi tinja sehingga dapat dikeluarkan menuju anus.
13. Gangguan pencernaan makanan manusia misalnya gastritis, hepatitis, diare, konstipasi, dan lain-lain.
14. Alat-alat pencernaan hewan ruminansia meliputi rongga mulut, esofagus, lambung, usus halus, usus besar, dan anus. Lambungnya terdiri atas rumen, retikulum, omasum, dan abomasum.

Senarai kata

Antibodi Sebuah protein yang anti terhadap bahan tak dikenal atau asing bagi tubuh

Bolus Gumpalan-gumpalan besar makanan

Defikasi Proses pengeluaran feces melalui anus

Diastema Celah yang terdapat pada susunan gigi hewan ruminansia, tepatnya antara gigi seri dan gigi geraham

Ekskresi Proses pengeluaran zat sisa dari metabolisme tubuh

Email gigi Lapisan luar gigi yang berfungsi sebagai melindungi gigi dan tersusun atas zat kapur

Enzim Protein yang aktif sebagai biokatalisator dalam tubuh makhluk hidup

Gizi Zat yang berguna bagi tubuh

Gugusan gula Rantai yang terdapat pada susunan kimia senyawa gula

Higienis Menyehatkan

Hormon Bahan berbentuk cair yang merangsang sel, jaringan, dan organ atau sistem organ agar bekerja aktif

Kromosom Suatu bagian yang mengandung kode genetik seperti DNA

Otot sfingter Otot yang merangsang kontraksi bagian-bagian tertentu pada organ pencernaan

Reaksi hidrolisis Reaksi kimia yang melibatkan air dalam prosesnya

Ulangan Harian

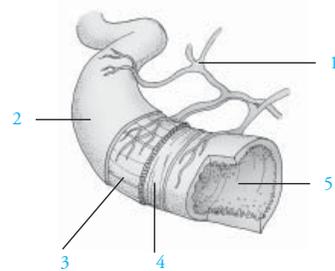
A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

- Ciri-ciri makanan yang bergizi yakni
 - mengandung zat yang berguna, seperti karbohidrat, lemak, protein, dan vitamin
 - bersih dan mudah dicerna
 - tidak membahayakan tubuh
 - sayuran-sayuran dan buah-buahan yang segar
 - tidak mengandung bahan pengawet
- Unsur-unsur kimia yang menyusun karbohidrat meliputi
 - karbon dan oksigen
 - fosfor dan karbon
 - hidrogen, fosfor, dan oksigen
 - karbon, hidrogen, dan fosfor
 - karbon, hidrogen, dan oksigen
- Sumber makanan yang mengandung karbohidrat berasal dari
 - telur
 - hati
 - ketela
 - minyak
 - buah-buahan
- Lemak tidak dapat larut dalam air, namun bisa larut dalam
 - cairan gel
 - minyak tanah
 - air aki
 - air cuka
 - gula
- Kadar kolesterol yang tinggi dapat menyebabkan penyumbatan pembuluh darah. Bila penyumbatan terjadi pada pembuluh darah di otak menyebabkan
 - ateriosklerosis
 - jantung koroner
 - konstipasi
 - stroke
 - kwashiorkor
- Salah satu sumber makanan yang memiliki nilai gizi di antara protein hewani dan protein nabati, ialah

- a. kuning telur
 - b. daging
 - c. keju
 - d. kentang
 - e. kedelai
7. Kekurangan protein pada anak-anak usia 6-38 bulan mengakibatkan
- a. obesitas
 - b. malnutrisi
 - c. kecerdasan berkurang
 - d. kwashiokor
 - e. avitaminosis
8. Penyakit beri-beri disebabkan kekurangan vitamin
- a. B₁
 - b. B₂
 - c. B₃
 - d. B₆
 - e. B₁₁
9. Osteoporosis merupakan penyakit pengeroposan tulang yang disebabkan ...
- a. kekurangan natrium
 - b. kelebihan kalium
 - c. kekurangan kalsium
 - d. kelebihan zat seng
 - e. kekurangan belerang
10. Pada mahkota gigi terdapat lapisan yang berfungsi sebagai pelindung dan mengandung kalsium. Lapisan itu ialah
- a. email
 - b. leher gigi
 - c. dentin
 - d. pulpa
 - e. semen
11. Enzim ptealin hasil sekresi kelenjar ludah berfungsi untuk
- a. mengubah glikogen menjadi glukosa
 - b. mengubah zat tepung menjadi zat gula
 - c. mengubah protein menjadi peptida
 - d. mencerna makanan menjadi zat berguna
 - e. melancarkan pencernaan pada mulut
12. Bagian yang berfungsi mengatur makanan dan udara saat masuk ke dalam tubuh adalah

- a. epiglotis
- b. tekak
- c. trakea
- d. kerongkongan
- e. paru-paru

13. Supaya kuman yang masuk bersama makanan mati, maka kelenjar lambung akan mensekresikan getah lambung yang mengandung
- a. pepsin
 - b. amilase
 - c. HCl
 - d. musin
 - e. renin
14. Perhatikan gambar berikut.



Bagian usus halus yang berfungsi untuk menyerap sari-sari makanan ialah ...

- a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
 - e. 5
15. Enzim yang disekresikan oleh getah pankreas antara lain enzim....
- a. musin dan pepsin
 - b. pepsin dan HCl
 - c. amilase dan lipase
 - d. tripsinogen dan musin
 - e. lipase dan HCl
16. Setelah melalui usus halus, proses reabsorpsi air pada sisa makanan dilakukan oleh
- a. usus besar
 - b. mikrovili
 - c. sekum
 - d. klep ileosekum
 - e. umbai cacing

17. Bakteri yang berperan dalam proses pembusukan sisa makanan menjadi makanan dinamakan
 - a. *Salmonella*
 - b. *E. coli*
 - c. *Chyptopaga*
 - d. *Bacterium*
 - e. *Cyptomonas subtitis*
18. Otot yang berperan dalam kontraksi dan relaksasi dalam proses defikasi yakni
 - a. otot spingter
 - b. otot melingkar
 - c. otot longitudinal dan otot spingter
 - d. otot polos saja
 - e. otot lurik dan otot polos
19. Salah satu penyebab seseorang mengalami maag ialah
 - a. stress
 - b. makan makanan tidak higienis
 - c. terlalu banyak makan
 - d. sering duduk
 - e. makan makanan asam berasa asam
20. Yang dimaksud perut sebenarnya pada organ pencernaan sapi yakni
 - a. rumen
 - b. interkulum

- c. omasum
- d. abomasum
- e. usus halus

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

1. Apakah yang dimaksud dengan malnutrisi?
2. Apakah fungsi karbohidrat bagi tubuh?
3. Apakah perbedaan asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh?
4. Buatlah skema perjalanan makanan dalam proses pencernaan makanan.
5. Sebutkan fungsi vitamin C bagi tubuh.
6. Sebutkan perbedaan susunan gigi seri dan gigi dewasa.
7. Sebutkan tiga otot penyusun lambung.
8. Jelaskan terjadinya proses defikasi.
9. Sebutkan teknologi yang dapat digunakan untuk mengatasi kelainan atau gangguan pencernaan.
10. Jelaskan proses terjadinya pencernaan makanan pada hewan ruminansia.

B a b VII

Sistem Pernapasan



50,000 Photo Art

Saat kita tidur di atas kasur yang nyaman, semua aktivitas berat kita tinggalkan. Belajar, makan, olah raga, semuanya dilupakan. Hanya aktivitas yang ada dalam tubuh saja yang tetap bekerja. Salah satunya adalah bernapas. Termasuk juga pada hewan, proses bernapas juga terjadi. Oksigen dari luar tubuh dihirup saat bernapas, sebaliknya karbondioksida dikeluarkan. Bagaimanakah proses ini berlangsung? Apa saja organ tubuh yang digunakan? Bahasan berikut akan menjawabnya.

Kata Kunci

- Respirasi
- Paru-paru
- Rongga dada
- Oksigen
- Karbondioksida

Pada bab berikut, kita akan mempelajari sistem pernapasan pada manusia dan hewan. Di dalamnya kita akan mengetahui struktur dan fungsi alat pernapasan pada manusia dan hewan. Selain itu, mekanisme pernapasan dan kelainan/penyakit yang terjadi pada sistem pernapasan dapat pula kita ketahui.

Dengan mempelajari bab ini, kalian diharapkan mampu menjelaskan keterkaitan antara struktur, fungsi, dan proses yang terjadi pada sistem pernapasan manusia dan hewan. Selain itu, kalian diharapkan juga mampu menyebutkan berbagai kelainan/penyakit yang dapat terjadi pada sistem pernapasan manusia.

A. Sistem Pernapasan pada Manusia

Istilah bernapas, seringkali diartikan dengan respirasi, walaupun secara harfiah sebenarnya kedua istilah tersebut berbeda. **Pernapasan** (*breathing*) artinya menghirup dan menghembuskan napas. Oleh karena itu, **bernapas** diartikan sebagai proses memasukkan udara dari lingkungan luar ke dalam tubuh dan mengeluarkan udara sisa dari dalam tubuh ke lingkungan. Sementara, **respirasi** (*respiration*) berarti suatu proses pembakaran (oksidasi) senyawa organik (bahan makanan) di dalam sel sehingga diperoleh energi.

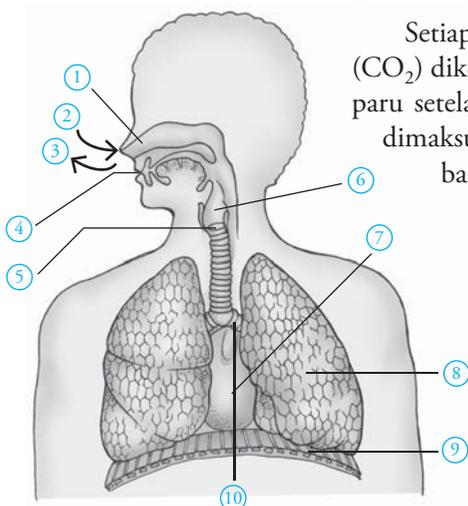
Energi yang dihasilkan dari respirasi sangat menunjang sekali untuk melakukan beberapa aktifitas. Misalnya saja, mengatur suhu tubuh, pergerakan, pertumbuhan dan reproduksi. Oleh karena itu, kegiatan pernapasan dan respirasi sebenarnya saling berhubungan.

Sistem pernapasan manusia merupakan sistem pernapasan yang kompleks dan ditunjang oleh alat-alat yang kompleks pula. Nah, sebelum kita mengetahui mekanisme pernapasan, terlebih dahulu kita pelajari organ-organ yang berperan penting dalam proses pernapasan.

1. Struktur dan Fungsi Alat Pernapasan pada Manusia

Setiap kita bernapas, oksigen (O_2) masuk dan karbon dioksida (CO_2) dikeluarkan. Oksigen yang kita hirup ini masuk ke dalam paru-paru setelah melalui berbagai alat pernapasan. Alat pernapasan yang dimaksud terdiri atas rongga hidung, pangkal tenggorokan (laring), batang tenggorokan (trakea), cabang batang tenggorokan (bronkus), dan paru-paru (pulmo). Perhatikan pula Gambar 7.1.

Supaya kalian mengenal organ-organ pernapasan manusia tersebut, coba simak uraian berikut.



Keterangan gambar:

- | | |
|--------------------------------|----------------|
| 1. Hidung | 6. Tenggorokan |
| 2. Udara bersih masuk | 7. Jantung |
| 3. Udara kotor keluar | 8. Paru-paru |
| 4. Mulut | 9. Diafragma |
| 5. Batang tenggorokan (trakea) | 10. Bronkus |

Gambar 7.1 Organ pernapasan manusia

a. Hidung dan Rongga Hidung

Hidung merupakan organ yang pertama kali dilalui udara dari luar tubuh. Udara segar masuk ke paru-paru melalui hidung, sebaliknya udara kotor keluar dari paru-paru juga melewati hidung. Di dalam rongga hidung terdapat rambut-rambut dan selaput lendir. Rambut hidung berguna menyaring udara kotor yang masuk melalui hidung. Sementara selaput lendir, menghasilkan lendir (mukus) yang berfungsi menangkap udara kotor yang lolos oleh saringan rambut hidung. Selain itu, selaput lendir berfungsi menghangatkan suhu udara yang masuk ke paru-paru dan mengatur kelembaban udara.

Untuk mengetahui fungsi penting dari hidung, coba lakukan *Diskusi* berikut.

Diskusi

Bersama teman sebangku, coba diskusikan, mengapa udara yang kita hirup saat bernapas sebaiknya melalui hidung dan tidak melalui mulut? Bagaimana rasanya jika kalian sedang mengalami flu? Sampaikan hasil yang kalian peroleh di depan teman dan guru kalian.

b. Faring

Setelah melewati hidung, udara masuk menuju faring. **Faring** adalah hulu tenggorokkan atau disebut juga **tekak**. Saat udara melewati faring, antara rongga hidung dengan tenggorokkan ada bagian yang selalu terkoordinasi dengan baik.

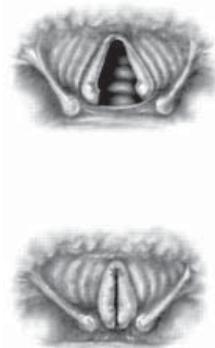
Bagian penting tersebut adalah semisal katup penutup rongga hidung yang disebut **anak tekak**. Anak tekak berperan menutup faring saat kita sedang menelan makanan. Apabila makanan kita telan dan katup belum menutup, maka makanan masuk ke tenggorokkan, akibatnya kita pun tersedak.

c. Pangkal Tenggorokkan (Laring)

Dari faring, udara pernapasan akan menuju pangkal tenggorokkan atau disebut juga laring. **Laring** tersusun atas kepingan tulang rawan yang membentuk jakun. Jakun tersebut tersusun oleh tulang lidah, katup tulang rawan, perisai tulang rawan, piala tulang rawan, dan gelang tulang rawan.

Pangkal tenggorokkan dapat ditutup oleh katup pangkal tenggorokkan (*epiglottis*). Jika udara menuju tenggorokkan, anak tekak melipat ke bawah, dan ketemu dengan katup pangkal tenggorokkan sehingga membuka jalan udara ke tenggorokkan. Saat menelan makanan, katup tersebut menutupi pangkal tenggorokkan dan saat bernapas katup tersebut akan membuka.

Pada pangkal tenggorokkan terdapat pita suara yang bergetar bila ada udara melaluinya. Misalnya saja saat kita berbicara. Lihat Gambar 7.2.



Parker, *Tanah Jawab Tubuh Manusia*, 2005, hlm. 25

Gambar 7.2 Pita suara memisah untuk bernapas (atas) dan ditarik bersama untuk berbicara (bawah)

d. Batang Tenggorokan (Trakea)

Di dalam tubuh, batang tenggorokan terletak pada daerah leher, tepatnya di bagian depan kerongkongan (esofagus). Batang tenggorokan berbentuk pipa yang terdiri atas gelang-gelang tulang rawan dengan panjang sekitar 10 cm. Dinding dalamnya terlapisi oleh selaput lendir dengan sel-selnya yang memiliki rambut getar.

Rambut-rambut getar tersebut berfungsi menolak debu atau benda-benda asing. Jika tiba-tiba kita batuk atau bersin, dipastikan ada lendir atau debu pada saluran batang tenggorokan sehingga mengganggu pernapasan terganggu.

e. Cabang Batang Tenggorokan (Bronkus)

Setelah melalui trakea, udara akan terus masuk menuju cabang batang tenggorokan atau dinamakan **bronkus**. Batang tenggorokan bercabang menjadi dua bronkus, yakni bronkus sebelah kiri dan sebelah kanan. Pada kedua bronkus terdapat saluran yang menuju paru-paru. Apabila bronkus mengalami infeksi, maka timbullah suatu penyakit yang disebut **bronkitis**.

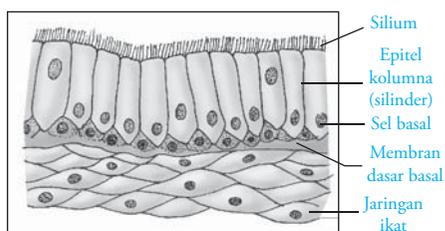
Di dalam paru-paru, bronkus bercabang lagi menjadi bronkiolus. Bronkus sebelah kanan bercabang menjadi tiga bronkeolus, sedangkan bronkus sebelah kiri bercabang menjadi dua bronkiolus. Bronkiolus masih bercabang-cabang lagi membentuk pembuluh-pembuluh yang halus.

Cabang-cabang yang terhalus masuk ke dalam **gelembung paru-paru** atau **alveolus**. Adanya dinding alveolus membuat oksigen berdifusi ke dalam darah, sebaliknya karbon dioksida (CO_2) dan air dilepaskan.

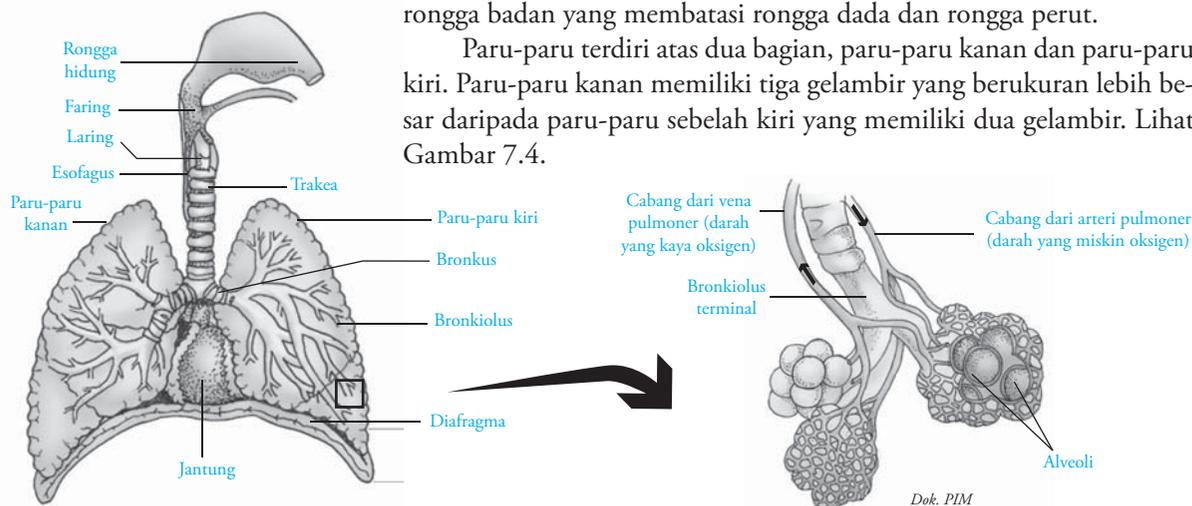
f. Paru-paru (Pulmo)

Organ yang berperan penting dalam proses pernapasan adalah paru-paru. Paru-paru merupakan organ tubuh yang terletak pada rongga dada, tepatnya di atas sekat diafragma. **Diafragma** adalah sekat rongga badan yang membatasi rongga dada dan rongga perut.

Paru-paru terdiri atas dua bagian, paru-paru kanan dan paru-paru kiri. Paru-paru kanan memiliki tiga gelambir yang berukuran lebih besar daripada paru-paru sebelah kiri yang memiliki dua gelambir. Lihat Gambar 7.4.



Gambar 7.3 Epitelium dalam bronkus



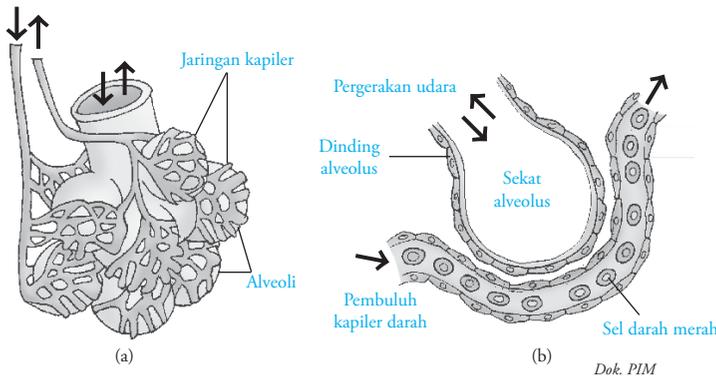
Gambar 7.4 Struktur paru-paru manusia

Paru-paru dibungkus oleh dua lapis selaput paru-paru yang disebut **pleura**. Semakin ke dalam, di dalam paru-paru akan ditemui gelembung halus kecil yang disebut **alveolus**. Jumlah alveolus pada paru-paru kurang lebih 300 juta buah. Adanya alveolus ini menjadikan permukaan paru-paru lebih luas. Diperkirakan, luas permukaan paru-paru sekitar 160 m². Dengan kata lain, paru-paru memiliki luas permukaan sekitar 100 kali lebih luas daripada luas permukaan tubuh.

Dinding alveolus mengandung kapiler darah. Oksigen yang terdapat pada alveolus berdifusi menembus dinding alveolus, lalu menembus dinding kapiler darah yang mengelilingi alveolus. Setelah itu, masuk ke dalam pembuluh darah dan diikat oleh hemoglobin yang terdapat di dalam sel darah merah sehingga terbentuk oksihemoglobin (HbO₂). Akhirnya, oksigen diedarkan oleh darah ke seluruh tubuh.

Setelah sampai ke dalam sel-sel tubuh, oksigen dilepaskan sehingga oksihemoglobin kembali menjadi hemoglobin. Oksigen ini digunakan untuk oksidasi.

Karbon dioksida yang dihasilkan dari respirasi sel diangkut oleh plasma darah melalui pembuluh darah menuju ke paru-paru. Sesampai di alveolus, CO₂ menembus dinding pembuluh darah dan dinding alveolus. Dari alveolus, karbondioksida akan disalurkan menuju hidung untuk dikeluarkan. Jadi proses pertukaran gas sebenarnya berlangsung di alveolus.



Gambar 7.5 Mekanisme pertukaran gas pada alveolus
(a) Alveolus yang tersuplai darah (b) bagian alveolus yang diperbesar

Nah, supaya kalian lebih paham proses masuknya udara ke dalam paru-paru, coba selesaikan rubrik *Telisik* berikut.

Telisik

Secara mandiri, coba kalian buat skema pergerakan udara dari luar tubuh hingga menuju paru-paru dengan menggunakan kertas karton. Setelah itu, presentasikan hasilnya di depan teman dan guru kalian. Selanjutnya, kumpulkan hasilnya kepada guru.

Kilas

Pada bahasan transpor zat sel, kalian telah mengetahui salah satu transpor pasif yakni difusi. Difusi adalah gerakan acak partikel-partikel, atom, maupun molekul gas atau cairan, dari daerah berkonsentrasi tinggi menuju daerah berkonsentrasi rendah hingga mencapai kesetimbangan.

2. Mekanisme Pertukaran Gas Oksigen (O₂) dan Karbondioksida (CO₂)

Udara lingkungan dapat dihirup masuk ke dalam tubuh makhluk hidup melalui dua cara, yakni **pernapasan secara langsung** dan **pernapasan tak langsung**. Pengambilan udara secara langsung dapat dilakukan oleh permukaan tubuh lewat proses difusi. Sementara udara yang dimasukkan ke dalam tubuh melalui saluran pernapasan dinamakan pernapasan tidak langsung.

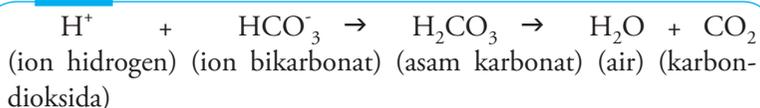
Saat kita bernapas, udara diambil dan dikeluarkan melalui paru-paru. Dengan lain kata, kita melakukan pernapasan secara tidak langsung lewat paru-paru. Walaupun begitu, proses difusi pada pernapasan langsung tetap terjadi pada paru-paru. Bagian paru-paru yang mengalami proses difusi dengan udara yaitu gelembung halus kecil atau alveolus.

Oleh karena itu, berdasarkan proses terjadinya pernapasan, manusia mempunyai dua tahap mekanisme pertukaran gas. Pertukaran gas oksigen dan karbon dioksida yang dimaksud yakni mekanisme pernapasan eksternal dan internal. Ikuti penjelasannya berikut.

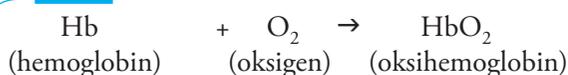
a. Pernapasan Eksternal

Ketika kita menghirup udara dari lingkungan luar, udara tersebut akan masuk ke dalam paru-paru. Udara masuk yang mengandung oksigen tersebut akan diikat darah lewat difusi. Pada saat yang sama, darah yang mengandung karbondioksida akan dilepaskan. Proses pertukaran oksigen (O₂) dan karbondioksida (CO₂) antara udara dan darah dalam paru-paru dinamakan **pernapasan eksternal**.

Saat sel darah merah (eritrosit) masuk ke dalam kapiler paru-paru, sebagian besar CO₂ yang diangkut berbentuk ion bikarbonat (HCO₃⁻). Dengan bantuan enzim karbonat anhidrase, karbondioksida (CO₂) air (H₂O) yang tinggal sedikit dalam darah akan segera berdifusi keluar. Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut.



Seketika itu juga, hemoglobin tereduksi (yang disimbolkan HHb) melepaskan ion-ion hidrogen (H⁺) sehingga hemoglobin (Hb)-nya juga ikut terlepas. Kemudian, hemoglobin akan berikatan dengan oksigen (O₂) menjadi oksihemoglobin (disingkat HbO₂).



Proses difusi dapat terjadi pada paru-paru (alveolus), karena ada perbedaan tekanan parsial antara udara dan darah dalam alveolus. Tekanan parsial membuat konsentrasi oksigen dan karbondioksida pada darah dan udara berbeda.

Galeri

Energi yang dihasilkan dari proses respirasi sel dalam hati, jantung, otak, sebanyak 38 ATP. Selain dalam sel-sel tersebut, energi juga dihasilkan organ lain sebanyak 36 ATP.

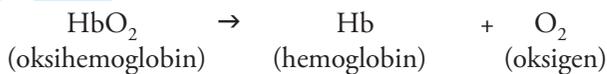
Tekanan parsial oksigen yang kita hirup akan lebih besar dibandingkan tekanan parsial oksigen pada alveolus paru-paru. Dengan kata lain, konsentrasi oksigen pada udara lebih tinggi daripada konsentrasi oksigen pada darah. Oleh karena itu, oksigen dari udara akan berdifusi menuju darah pada alveolus paru-paru.

Sementara itu, tekanan parsial karbondioksida dalam darah lebih besar dibandingkan tekanan parsial karbondioksida pada udara. Sehingga, konsentrasi karbondioksida pada darah akan lebih kecil dibandingkan konsentrasi karbondioksida pada udara. Akibatnya, karbondioksida pada darah berdifusi menuju udara dan akan dibawa keluar tubuh lewat hidung.

b. Pernapasan Internal

Berbeda dengan pernapasan eksternal, proses terjadinya pertukaran gas pada pernapasan internal berlangsung di dalam jaringan tubuh. Proses pertukaran oksigen dalam darah dan karbondioksida tersebut berlangsung dalam respirasi seluler.

Setelah oksihemoglobin (HbO_2) dalam paru-paru terbentuk, oksigen akan lepas, dan selanjutnya menuju cairan jaringan tubuh. Oksigen tersebut akan digunakan dalam proses metabolisme sel. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



Proses masuknya oksigen ke dalam cairan jaringan tubuh juga melalui proses difusi. Proses difusi ini terjadi karena adanya perbedaan tekanan parsial oksigen dan karbondioksida antara darah dan cairan jaringan. Tekanan parsial oksigen dalam cairan jaringan, lebih rendah dibandingkan oksigen yang berada dalam darah. Artinya konsentrasi oksigen dalam cairan jaringan lebih rendah. Oleh karena itu, oksigen dalam darah mengalir menuju cairan jaringan.

Sementara itu, tekanan karbondioksida pada darah lebih rendah daripada cairan jaringan. Akibatnya, karbondioksida yang terkandung dalam sel-sel tubuh berdifusi ke dalam darah.

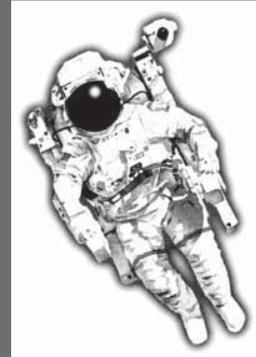
Karbondioksida yang diangkut oleh darah, sebagian kecilnya akan berikatan bersama hemoglobin membentuk karboksi hemoglobin (HbCO_2). Reaksinya sebagai berikut.



Namun, sebagian besar karbondioksida tersebut masuk ke dalam plasma darah dan bergabung dengan air menjadi asam karbonat (H_2CO_3). Oleh enzim anhidrase, asam karbonat akan segera terurai menjadi dua ion, yakni ion hidrogen (H^+) dan ion bikarbonat (HCO_3^-). Persamaan reaksinya sebagai berikut.

Galeri

Membawa udara



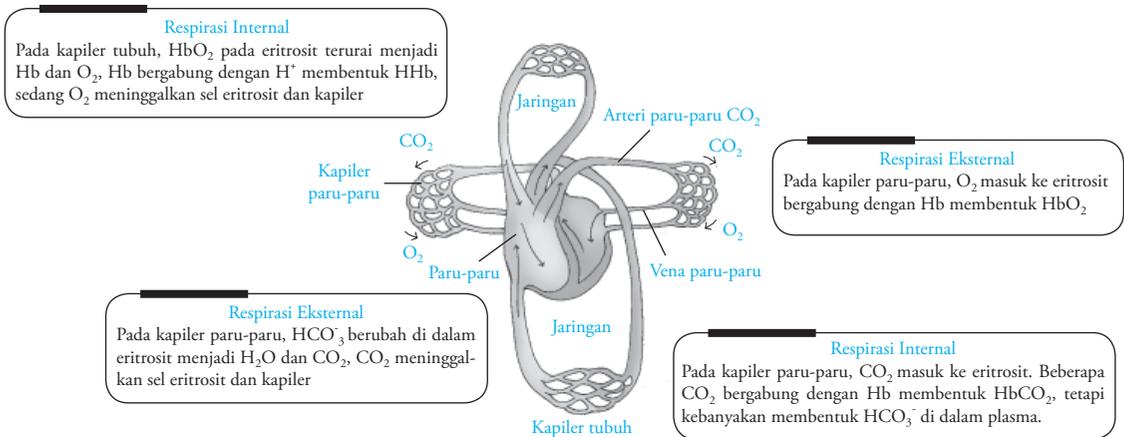
Tidak ada udara di ruang angkasa, sehingga astronot membawa persediaan udara sendiri. Udara ditempatkan pada ransel khusus yang membawa tabung udara utama dan tabung udara cadangan. Tabung udara utama dihubungkan ke helm astronot. Sehingga, saat mengenakan helm, astronot dapat menghirup oksigen yang dipompakan dari tabung. Sedangkan, karbon dioksida dibuang oleh suatu bahan kimia khusus, sehingga udara dalam tabung tetap bersih.

Parker, 100 Pengetahuan Tubuh Manusia, 2005, hlm. 24



CO₂ yang diangkut darah ini tidak semuanya dibebaskan ke luar tubuh oleh paru-paru, akan tetapi hanya 10%-nya saja. Sisanya yang berupa ion-ion bikarbonat yang tetap berada dalam darah. Ion-ion bikarbonat di dalam darah berfungsi sebagai buffer atau larutan penyangga. Lebih tepatnya, ion tersebut berperan penting dalam menjaga stabilitas pH (derajat keasaman) darah.

Agar lebih paham tentang proses berlangsungnya pernapasan eksternal dan internal pada manusia, kalian dapat mengamati Gambar 7.6.



Gambar 7.6 Skema pernapasan internal dan pernapasan eksternal pada manusia.

3. Mekanisme Pernapasan

Bernapas merupakan aktivitas pokok setiap makhluk hidup. Udara yang kita hisap saat bernapas, dapat masuk ke dalam paru-paru karena adanya mekanisme pernapasan. Nah, untuk mengetahui mekanisme pernapasan lebih lanjut, terlebih dahulu kalian lakukan rubrik *Diskusi* berikut bersama teman sebangku.

Diskusi

Amati gerakan tubuh yang terjadi saat kalian bernapas. Kalian dapat meletakkan telapak tangan pada permukaan dada. Saat menarik napas, otot apakah yang berkontraksi? Selanjutnya, saat menghembuskan napas, otot apa yang mengendor? Diskusikanlah kejadian tersebut, kemudian presentasikan hasilnya di depan kelompok lain.

Tanpa adanya otot, udara yang ada di luar tubuh tidak bisa masuk ke dalam paru-paru. Demikian pula saat udara dihembuskan, otot juga berperan di dalamnya. Oleh karena itu, berdasarkan otot yang berperan dalam proses pernapasan, kegiatan bernapas manusia dibedakan menjadi dua jenis, yakni pernapasan dada dan pernapasan perut.

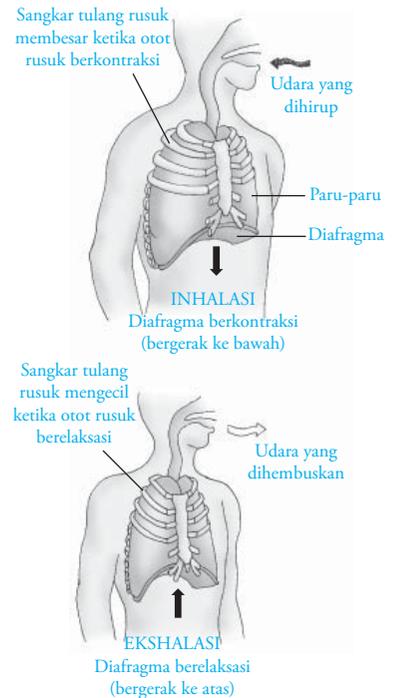
Sementara itu, kedua proses pernapasan ini terjadi dalam dua fase, meliputi inspirasi (inhalase) dan ekspirasi (ekshalase). **Inspirasi** adalah proses masuknya udara dari luar tubuh menuju paru-paru melewati saluran pernapasan. Sedangkan **ekspirasi** adalah proses keluarnya udara dari dalam tubuh menuju lingkungan melalui organ saluran pernapasan.

a. Pernapasan Dada

Apabila kita menghirup dan menghempaskan udara menggunakan pernapasan dada, otot yang digunakan yaitu otot antartulang rusuk. Otot ini terbagi dalam dua bentuk, yakni otot antartulang rusuk luar dan otot antartulang rusuk dalam.

Saat terjadi inspirasi, otot antartulang rusuk luar berkontraksi, sehingga tulang rusuk menjadi terangkat. Akibatnya, volume rongga dada membesar. Membesarnya volume rongga dada menjadikan tekanan udara dalam rongga dada menjadi kecil/berkurang, padahal tekanan udara bebas tetap. Dengan demikian, udara bebas akan mengalir menuju paru-paru melewati saluran pernapasan.

Sementara saat terjadi ekspirasi, otot antartulang rusuk dalam berkontraksi (mengkerut/mengendur), sehingga tulang rusuk dan tulang dada ke posisi semula. Akibatnya, rongga dada mengecil. Oleh karena rongga dada mengecil, tekanan dalam rongga dada menjadi meningkat, sedangkan tekanan udara di luar tetap. Dengan demikian, udara yang berada dalam rongga paru-paru menjadi terdorong keluar. Cermati Gambar 7.7.



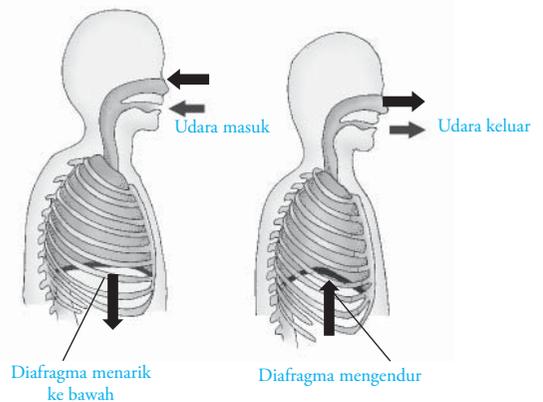
Gambar 7.7 Mekanisme pernapasan dada

b. Pernapasan Perut

Berbeda dengan pernapasan dada, pernapasan perut menggunakan otot diafragma dan otot dinding rongga perut. Sementara mekanisme pernapasannya tetap melalui dua fase, yaitu inspirasi dan ekspirasi.

Fase inspirasi pada pernapasan perut terjadi apabila otot diafragma berkontraksi (mengkerut), sehingga posisi diafragma mendatar. Akibat yang ditimbulkan, volume rongga dada menjadi lebih besar, sehingga tekanan udara di dalam rongga dada mengecil. Namun, volume udara luar tetap. Penurunan tekanan udara ini menjadikan paru-paru mengembang. Akibatnya, udara di luar tubuh masuk ke dalam paru-paru.

Sementara itu, fase ekspirasi terjadi apabila otot diafragma berelaksasi (mengendur) dan otot dinding rongga perut berkontraksi. Akibat yang ditimbulkan, rongga perut terdesak ke arah diafragma, sehingga keadaan diafragma cekung ke rongga dada. Akibatnya, volume rongga dada mengecil dan tekanan udaranya meningkat. Sehingga, udara dalam rongga paru-paru keluar tubuh. Cermati Gambar 7.8.



Gambar 7.8 Mekanisme pernapasan perut

4. Volume, Kapasitas, dan Frekuensi Paru-paru

Volume udara yang dihirup setiap orang biasanya berbeda-beda. Perbedaan ini terjadi karena dipengaruhi oleh beberapa faktor, misalnya ukuran paru-paru, kekuatan bernapas, dan cara bernapas.

Galeri

Sebagian besar udara, hampir 79%, adalah gas nitrogen yang tidak digunakan tubuh. Udara segar saat dihirup ke dalam tubuh mengandung sekitar 21% oksigen dan hampir tanpa karbon dioksida.

Setelah udara berada dalam paru-paru dan dihembuskan, jumlah karbon dioksida meningkat 4%. Sementara, jumlah oksigen menurun menjadi 15%.

Sementara kecepatan (frekuensi) seseorang dalam bernapas juga berbeda-beda. Perbedaan frekuensi paru-paru setiap orang ini disebabkan faktor usia, jenis kelamin, suhu tubuh, posisi tubuh, dan kegiatan yang dilakukan tubuh. Seorang laki-laki muda dengan suhu tubuh tinggi dan banyak aktivitas, akan lebih tinggi frekuensi pernapasannya dibandingkan kondisi sebaliknya.

Saat kita bersantai atau dalam keadaan normal, udara yang kita hirup dan hembuskan dari paru-paru memiliki volume yang tidak besar, sekitar 500 cm^3 atau 500 cc. Volume udara yang demikian dinamakan **volume udara tidal**.

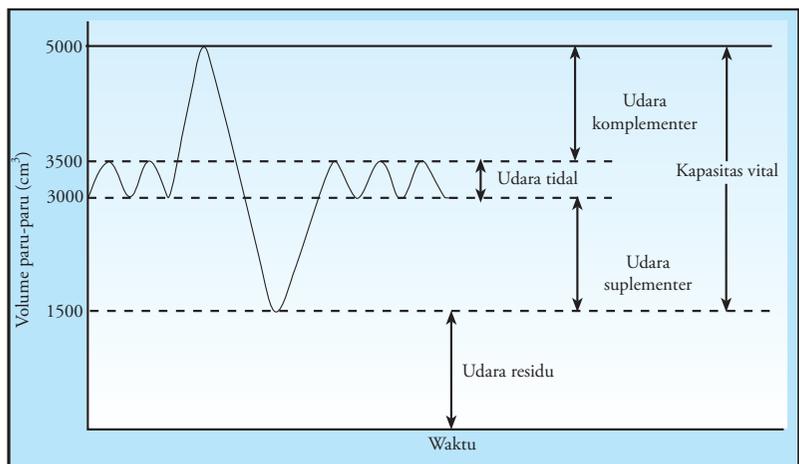
Namun demikian, dalam volume udara tidal tersebut, masih kemungkinan untuk menambah volume udara ekstra dari luar sebesar 1.500 cm^3 atau 1.500 cc. Volume udara ekstra dinamakan **volume udara cadangan inspirasi** atau **udara komplementer**. Demikian pula sebaliknya, volume udara sekitar 1.500 cm^3 atau 1.500 cc dapat kita keluarkan setelah melakukan pernapasan normal. Volume udara yang demikian dinamakan **volume udara cadangan ekspirasi** atau **udara suplementer**.

Jadi, saat kita bernapas sekuat-kuatnya, baik secara inspirasi maupun ekspirasi, di dalam paru-paru akan terdapat jumlah volume udara sekitar 3.500 sampai 4.000 cm^3 . Kita namakan kondisi demikian sebagai **kapasitas vital paru-paru**. Oleh karena itu, kapasitas vital paru-paru dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Kapasitas vital} = \text{volume tidal} + \text{udara komplementer} + \text{udara suplementer}$$

Namun demikian, sesudah kita melakukan pernapasan secara maksimal, di dalam paru-paru masih tersimpan volume udara sekitar 1.500 cm^3 . Volume udara ini dinamakan **udara residu (sisa)**.

Akan lebih lengkap kiranya apabila kalian memerhatikan kapasitas paru-paru manusia saat bernapas pada Gambar 7.9 berikut.



Gambar 7.9 Kapasitas paru-paru manusia saat bernapas

Kemudian, untuk mengetahui kapasitas paru-paru seseorang, kalian dapat melakukan rubrik *Percobaan* berikut secara kelompok.

Percobaan

Mengukur Kapasitas Paru-Paru

A. Dasar Teori

Volume udara tidal adalah volume udara yang masuk saat inspirasi (menghirup udara dan ekspirasi (menghembuskan udara) normal dan santai. Volume udara yang dipaksakan keluar setelah ekspirasi normal disebut udara cadangan ekspirasi (udara suplementer) dan volume udara yang dapat dihirup paksa disebut udara komplementer.

Adanya fase inspirasi dan ekspirasi yang kuat, volume tidal ditambah udara suplementer ditambah lagi udara komplementer (dinamakan kapasitas vital total) dapat dikeluarkan.

B. Tujuan

Mengukur kapasitas dalam paru-paru.

C. Alat dan Bahan

1. Isolasi
2. Botol berukuran 1 galon/4 liter yang terbuat dari kaca atau plastik keras dengan penutup
3. Cangkir ukur 250 ml
4. Air
5. Spidol
6. Pewarna makanan
7. Baskom plastik besar
8. Selang akuarium atau lainnya sepanjang 60 cm
9. Sedotan



D. Langkah Percobaan

1. Tempelkan isolasi pada sisi botol dari atas ke bawah. Kemudian, gunakan cangkir ukur untuk menambahkan 16 cangkir (4 L) air ke dalam botol, secangkir demi secangkir. Gunakan spidol untuk membuat garis pada isolasi untuk menunjukkan ketinggian air setiap kalian menambah secangkir air
2. Tambahkan 20 tetes atau lebih pewarna makanan ke dalam air. Pasang tutup botol dan kocoklah untuk mencampur air dan pewarna makanan.
3. Isi baskom dengan air hingga setengahnya. Lantas, letakkan botol tersebut dalam keadaan terbalik di baskom dan bukalah tutupnya. **Catatan:** jangan ada gelembung udara yang masuk ke dalam botol.
4. Masukkan sekitar 10 cm ujung selang ke dalam mulut botol. Sisipkan sedotan ke ujung selang yang bebas untuk membuat bagian mulut kalian nantinya bersih.
5. Ambil napas secara normal dan hembuskan melalui sedotan selang.
6. Gunakan skala pada botol untuk menentukan volume/jumlah ruang yang terpakai untuk napas yang kalian hembuskan dalam cangkir. Perkirakan volume antara tanda-tanda sampai mendekati seperempat cangkir (0,63 mL) terdekat. Catat ukuran ini sebagai volume udara tidal pada tabel.
7. Selanjutnya, kosongkan botol dan baskom. Setelah itu, ulangi kembali langkah 2 sampai 6.
8. Ambil napas normal, hembuskan seluruh udara dalam paru-paru melalui sedotan ke dalam selang. Catat ukuran ini sebagai sebagai volume udara tidal ditambah udara suplementer. Kurangi dengan volume udara tidal dan catat hasilnya sebagai udara suplementer.
9. Ulangi langkah 7, ambil napas dalam-dalam dan keluarkan seluruh udara dari paru-paru sebisamu. Catat ukuran ini sebagai kapasitas vital. Kurangi kapasitas vital dengan udara suplementer untuk memperoleh udara komplementer, dan masukkan hasilnya ke dalam tabel.

Data Kapasitas Paru-Paru

Kapasitas Paru-Paru	Ukuran
Volume udara tidal	...
Vol. udara tidal + udara suplementer	...
Udara suplementer	...
Udara komplementer	...
Kapasitas vital	...

10. Kalian dapat mengukur kapasitas paru-paru bergantian di antara anggota kelompok.

E. Pembahasan

1. Berapakah volume udara tidal, udara suplementer, udara komplementer, dan kapasitas vital paru-paru kalian?
2. Apakah yang memengaruhi kapasitas paru-paru kalian?
3. Presentasikan hasilnya di depan kelompok lainnya. Selanjutnya, kumpulkan hasilnya pada guru.

5. Kelainan dan Penyakit pada Sistem Pernapasan Manusia

Kadangkala organ saluran pernapasan kita dapat mengalami gangguan atau kelainan, sementara bagi sebagian kecil orang mengalaminya sebagai penyakit. Nah, uraian berikut akan menelisik lebih jauh mengenai beberapa gangguan atau penyakit yang terjadi pada sistem pernapasan manusia. Sebelum kalian membahasnya, coba kalian lakukan rubrik *Diskusi* berikut.

Diskusi

Kemungkinan kalian tahu berbagai kebiasaan buruk yang dilakukan oleh sebagian orang. Kebiasaan itu misalnya merokok, minum-minuman beralkohol, atau juga menggunakan obat-obatan terlarang. Menurut kalian, apakah berbagai kebiasaan buruk tersebut dapat memengaruhi sistem pernapasan seseorang? Coba kalian jelaskan. Selanjutnya, apakah penyakit yang dapat ditimbulkan oleh berbagai kebiasaan buruk tersebut? Seberapa besarkah dampaknya?

Diskusikan pertanyaan tersebut secara kelompok. Kalian dapat mempresentasikan hasilnya di depan kelompok lain.

Untuk mengetahui lebih jelas berbagai kelainan dan penyakit pada sistem pernapasan manusia, coba kalian simak dan ikuti uraian berikut.

a. Asma

Asma merupakan gangguan pernapasan yang disebabkan oleh hipersensitivitas bronkiolus (atau disebut juga asma bronkiale). Penderita asma akan mengalami kesukaran saat bernapas. Kondisi ini terjadi karena adanya kontraksi kaku dari bronkiolus.

b. Asidosis

Asidosis adalah penyakit pernapasan yang disebabkan oleh adanya peningkatan kadar asam bikarbonat dan asam karbonat dalam darah.

c. Asfiksi (Asfiksia)

Akibat terganggunya fungsi berbagai organ seperti paru-paru, pembuluh darah ataupun jaringan tubuh, asfiksi dapat diderita oleh seseorang. Penyebabnya antara lain alveolus korban tenggelam yang terisi air, kemudian juga adanya pengikatan karbonmonoksida oleh hemoglobin dalam darah sehingga pengangkutan oksigen berkurang.

d. Emfisema Paru-paru

Emfisema paru-paru merupakan suatu penyakit yang diderita seseorang akibat jumlah udara yang berlebihan di dalam paru-paru, sehingga membuat daerah pertukaran gas berkurang. Berbagai penyebab emfisema misalnya infeksi kronis oleh rokok atau bahan-bahan lain yang mengiritasi bronkus, kemudian infeksi akibat kelebihan mukus karena peradangan dan edema epitel bronkiolus. Selain itu, penyakit ini disebabkan karena adanya gangguan saluran respirasi sehingga sulit untuk berespirasi, sehingga mengakibatkan udara terperangkap di dalam alveolus dan menyebabkan alveolus renggang.

e. Faringitis

Faringitis merupakan peradangan pada faring. Akibat yang ditimbulkan gangguan ini adalah rasa nyeri saat menelan makanan atau kerongkongan terasa kering. Penyebabnya yakni infeksi oleh bakteri atau virus, kemudian bisa pula karena terlalu banyak merokok.

f. Pneumonia

Pneumonia adalah peradangan paru-paru yang mengakibatkan alveolus berisi cairan dan eritrosit secara berlebihan. Sebagai contoh pneumonia adalah pneumonia bakteri. Infeksi ini disebarkan oleh bakteri *Diplococcus pneumoniae*, dari satu alveolus ke alveolus yang lain, sehingga dapat meluas ke seluruh lobus, bahkan ke seluruh paru-paru.

g. Tuberkulosis (TBC)

Tuberkulosis (TBC) merupakan penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Semua organ tubuh dapat diserang oleh bakteri ini, namun biasanya yang terserang adalah organ paru-paru dan tulang.

h. Bronkitis, Pleuritis, Laringitis, dan Tonsilitis

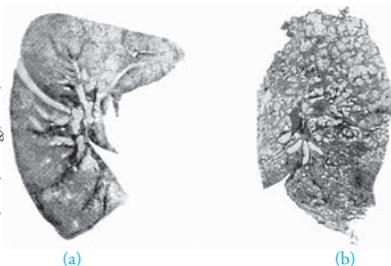
Bronkitis adalah penyakit yang disebabkan oleh adanya peradangan pada bronkus. **Pleuritis** adalah peradangan pada selaput rongga dada (pleura) sehingga mengalami penambahan cairan intrapleura. Akibatnya timbul rasa nyeri saat bernapas. **Laringitis** adalah peradangan pada laring. Sementara, **tonsilitis** adalah radang karena infeksi oleh bakteri tertentu pada tonsil. Gejala tonsilitis antara lain tenggorokan sakit, sulit menelan, suhu tubuh naik, demam, dan otot-otot terasa sakit.

Galeri

Merokok

Telah disampaikan oleh badan Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) bahwa rokok telah membunuh lebih dari 4 juta orang setiap tahun, 6 orang setiap menit, dan 1 orang setiap 8 detik. Jika kalian seorang perokok, sekarang juga berhentilah merokok.

Glenn, Susan Toole, *Understanding Biology*, 1999, hlm. 248



Gambar 7.9 a) Paru-paru normal
b) Paru-paru perokok

i. Kanker Paru-Paru

Kanker paru-paru adalah penyakit yang disebabkan oleh tumor ganas yang terbentuk di dalam epitel bronkiolus. Kanker paru-paru dapat memengaruhi pertukaran gas yang terjadi dalam paru-paru. Salah satu penyebabnya adalah kebiasaan buruk penderita yang sering merokok atau perokok aktif. Perokok pasif juga dapat terkena jenis kanker ini. Penyebab lainnya adalah seperti seringnya seseorang menghirup debu asbes, kromium, produk petrotelur, dan radiasi ionisasi.

Selain gangguan dan penyakit tersebut, sistem pernapasan juga dapat terganggu oleh beberapa penyakit seperti influenza, mimisan, emboli, dan lain sebagainya. Berikutnya, kalian dapat mencari informasi lainnya tentang gangguan atau penyakit pada sistem pernapasan melalui rubrik *Telisisik* berikut.

Telisisik

Bersama kelompok kalian, carilah informasi mengenai beberapa penyakit yang mengganggu sistem pernapasan manusia. Kalian bisa mencarinya lewat majalah, koran, internet ataupun instansi yang menangani kesehatan, seperti puskesmas atau rumah sakit. Cari tahu tentang penyebab penyakitnya, gejala yang timbulkan, dan penanganan/pencegahan yang dapat dilakukan. Kumpulkan hasil yang diperoleh kepada guru sebagai portofolio.

Selanjutnya, untuk menguji pemahaman yang diperoleh, kalian dapat menyelesaikan *Uji Kompetensi* berikut.

Uji Kompetensi

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

1. Sebutkan organ yang berperan dalam sistem pernapasan.
2. Jelaskan mekanisme pernapasan dada dan pernapasan perut pada manusia.
3. Bagaimanakah proses terjadinya pertukaran gas pada alveolus?
4. Apakah yang dimaksud dengan volume udara tidal, udara komplementer, udara suplementer, dan kapasitas vital paru-paru?
5. Sebutkan beberapa penyakit yang mengganggu sistem pernapasan.

Bernapas memang kebutuhan vital bagi setiap makhluk hidup. Seperti halnya manusia, makhluk hidup semisal hewan juga melakukan proses bernapas. Manfaat yang akan diperoleh juga sama yakni menunjang aktivitas metabolisme dalam tubuh. Namun demikian, apakah organ yang digunakan saat bernapas antara hewan dan manusia mempunyai kesamaan? Bagaimana pula dengan mekanisme pernapasannya? Ikuti bahasan pada subbab berikut.

B. Sistem Pernapasan pada Hewan

Pertukaran gas oksigen dan karbondioksida yang terjadi dalam setiap tubuh hewan kemungkinan dapat berbeda. Perbedaan tersebut terjadi karena adanya perbedaan organ yang digunakan dalam proses bernapas. Selain itu, habitat hewan tersebut juga turut membedakan mekanisme pernapasannya. Sebagai contoh, hewan yang hidup di perairan memiliki mekanisme pernapasan yang berbeda dengan hewan yang hidup di daratan.

Berikut ini akan di bahas beberapa sistem pernapasan hewan, baik invertebrata maupun vertebrata. Simak uraian berikut.

a. Sistem Pernapasan pada Protozoa

Hewan protozoa seperti *Amoeba* atau *Paramecium* bernapas menggunakan permukaan tubuhnya. Oksigen dan karbondioksida saling berdifusi melalui membran sel.

Saat *Amoeba* bernapas, konsentrasi oksigen dalam sel semakin berkurang (rendah), sedangkan sisa metabolisme yang berupa karbondioksida di dalam sel semakin tinggi konsentrasinya. Di sisi lain, konsentrasi oksigen dalam air lebih tinggi daripada di dalam sel, sementara konsentrasi oksigennya lebih rendah. Akibatnya, oksigen dari luar akan berdifusi ke dalam sel, sementara karbondioksida berdifusi keluar sel menuju air. Perhatikan Gambar 7.10.

Pertukaran gas tersebut akan terjadi pada seluruh luas permukaan tubuh protista. Selain itu, proses seperti ini terjadi juga pada organisme uniseluler lain dan beberapa hewan seperti spons, Cnidaria, dan cacing pipih.

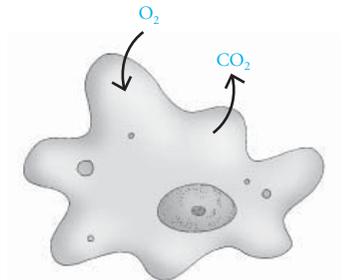
b. Sistem Pernapasan pada Cacing

Cacing senang hidup di daerah lembab. Hal ini dilakukan supaya kulit cacing selalu lembab. Bagi cacing, misalnya saja cacing tanah, kulitnya dijadikan sebagai organ pernapasan atau tepatnya sebagai tempat pertukaran gas. Melalui kulitnya, oksigen dari luar berdifusi ke dalam tubuh secara difusi. Hemoglobin yang terkandung dalam darah akan mengikat oksigen tersebut untuk dialirkan ke seluruh tubuh. Sementara, hasil metabolisme yang berupa karbon dioksida dikeluarkan melalui permukaan tubuh cacing. Pertukaran gas melewati permukaan tubuh pada cacing ini dinamakan juga **pernapasan integumenter**.

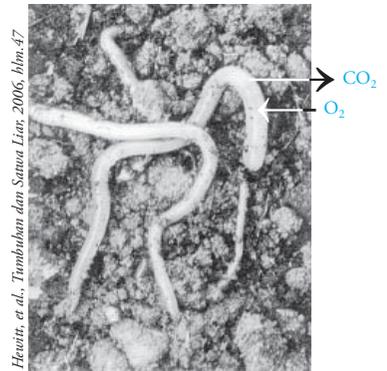
c. Sistem Pernapasan pada Serangga

Serangga memiliki organ pernapasan yang khas. Pertukaran oksigen dan karbon dioksida dilakukan melalui trakea. **Trakea** merupakan bagian tubuh serangga yang terbuat dari pipa/tabung udara. Jumlah trakea di dalam tubuh serangga sangat banyak. Oleh karena itu, sistem pernapasan serangga dinamakan **sistem trakea**. Perhatikan Gambar 7.12.

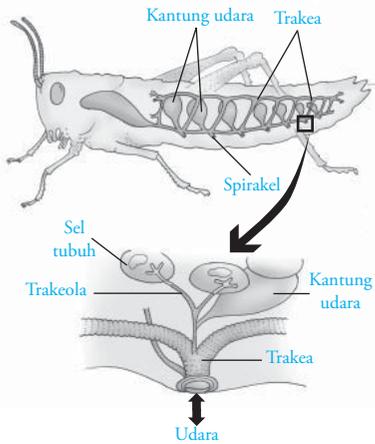
Saat serangga melakukan pernapasan, udara masuk trakea melalui bagian yang terletak pada permukaan tubuh. Bagian tersebut dinamakan **spirakel**. Spirakel dilindungi oleh bulu halus dengan fungsi sebagai



Gambar 7.10 Pertukaran gas pada *Amoeba*



Gambar 7.11 Pertukaran gas pada permukaan tubuh cacing



Gambar 7.12 Sistem trakea pada belalang

penyaring debu dan benda asing yang masuk menuju trakea. Setelah itu, udara tersebut akan melewati pipa kecil yang disebut **trakeola**. Trakeola juga ini akan terhubung dengan membran sel. Trakeola memiliki ujung kecil tertutup dan mengandung cairan dengan warna biru gelap. Oksigen akan berdifusi masuk ke dalam sel tubuh melalui trakeola, sedangkan karbondioksida akan berdifusi keluar. Setelah melewati trakeola, karbondioksida akan dikeluarkan ke lingkungan melewati trakea.

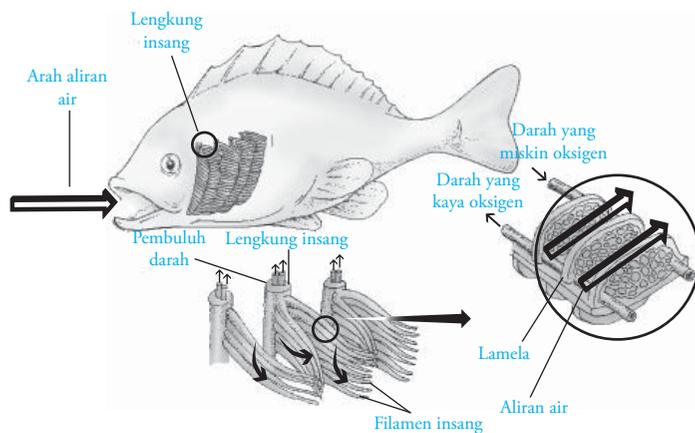
Apabila serangga sedang aktif dan menggunakan banyak oksigen, sebagian besar cairan yang berwarna biru akan ditarik ke dalam tubuh. Akibatnya, luas permukaan udara yang berkontak langsung dengan sel menjadi semakin luas. Seekor serangga yang sedang terbang mempunyai laju metabolisme lebih tinggi dibandingkan saat istirahat. Otot akan berkontraksi dan berelaksasi secara bergantian sehingga tubuh bisa memampat dan mengembang. Oleh karenanya udara akan secara cepat terpompa melalui sistem trakea.

Sebagian besar serangga hidup di daratan. Namun, ada juga serangga yang hidup pada perairan seperti larva capung.

d. Sistem Pernapasan pada Ikan

Sebagian besar ikan menggunakan alat pernapasan yang disebut **insang**. Pada ikan bertulang sejati, seperti ikan mas, insangnya memiliki tutup pelindung insang yang disebut **operkulum**. Namun, bagian ini tidak dimiliki ikan hiu.

Insang berada pada sisi sebelah kanan dan sisi sebelah kiri kepala ikan, tepatnya terletak di dalam rongga insang. Setiap sisinya terdapat lembar insang berjumlah 5-7 buah, Masing-masing insang ini dipisahkan oleh sebuah celah insang.



Gambar 7.13 Sistem pernapasan ikan

Insang ikan memiliki bagian-bagian penting seperti **lengkung insang** yang berasal dari tulang rawan, **rigi-rigi insang** yang berguna sebagai penyaring air saat bernapas, dan **filamen/lembaran insang** yang berwarna merah muda dengan bentuk seperti sisir. Warna merah

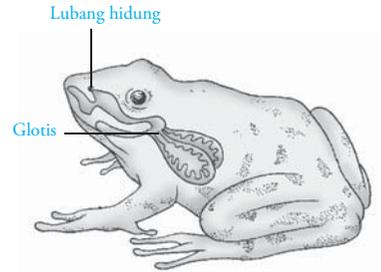
muda menunjukkan bahwa lembaran insang terdapat pembuluh kapiler darah. Sehingga, sangat wajar bila pertukaran oksigen dan karbon dioksida terjadi di daerah ini.

Ketika bernapas, ikan menggunakan dua fase pernapasan, yakni fase inspirasi dan fase ekspirasi. Fase inspirasi terjadi jika air masuk ke dalam rongga mulut ikan. Masuknya air karena dipengaruhi tekanan udara dalam rongga mulut yang lebih kecil daripada tekanan udara di air.

Sementara itu, fase ekspirasi terjadi saat rongga mulut ikan tertutup. Akibatnya, udara masuk ke insang secara difusi. Secara bersamaan operkulum terbuka. Akibatnya, air mengalir melalui celah insang dan menyentuh lembaran-lembaran insang. Secara otomatis, karbondioksida dilepaskan oleh darah dan sebaliknya oksigen diikat.

e. Sistem Pernapasan pada Katak

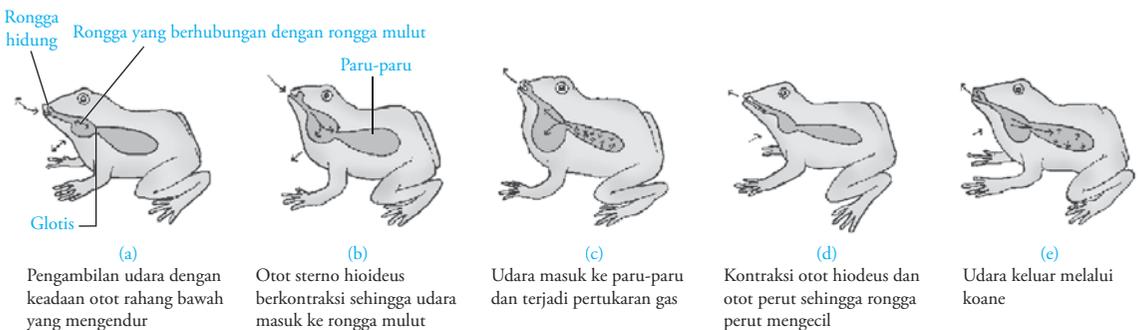
Mulai muda hingga dewasa, katak mempunyai alat pernapasan yang berbeda-beda. Saat masih berudu, insang digunakan katak untuk mengambil dan mengeluarkan oksigen. Kira-kira umur 12 hari, katak akan menggunakan insang dalam sebagai alat pernapasan. Sesudah dewasa, alat pernapasan insang akan diganti dengan paru-paru. Saat di air, katak tersebut bernapas menggunakan permukaan kulitnya. Selain itu, katak juga menggunakan alat pernapasan rongga mulut yang berupa **glotis**.



Gambar 7.14 Organ pernapasan katak

Pada tubuh katak, tulang rusuk dan sekat diafragma tidak dapat ditemui perannya dalam pernapasan. Akan tetapi, peran tersebut digantikan oleh otot rahang bawah, otot sterno hioideus, otot genio hioideus, dan otot perut.

Saat menggunakan paru-paru, mekanisme pernapasan katak berlangsung dalam dua fase, yaitu fase inspirasi dan fase ekspirasi. Masing-masing fase ini terjadi dalam keadaan mulut tertutup.



Gambar 7.15 Mekanisme pernapasan katak

Terjadinya fase inspirasi diawali dengan tertutupnya celah tekak dan mulut. Selanjutnya otot rahang bawah mengendur dan otot sterno hioideus berkontraksi, sehingga rongga mulut membesar. Keadaan tersebut membuat, udara dari luar masuk ke dalam rongga mulut dan

hulu tenggorokan melalui koane. Kemudian, sekat akan menutup koane. Oleh kontraksi otot rahang bawah dan otot genio hioideus, rongga mulut menjadi kecil. Akibatnya, tekanan di dalam rongga mulut menjadi besar. Adanya perbedaan tekanan udara, membuat udara masuk menuju celah-celah yang terbuka (faring) dan dilanjutkan menuju paru-paru. Oleh karenanya, pertukaran oksigen dan karbondioksida terjadi.

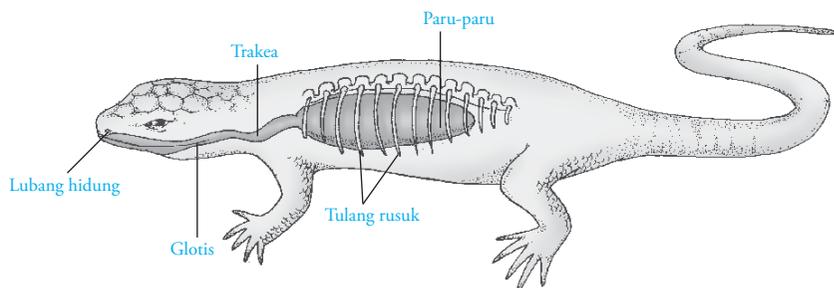
Fase ekspirasi akan terjadi bila otot rahang bawah mengendur, sementara otot sterno hioideus dan otot perut berkontraksi. Akibatnya, udara dalam paru-paru tertekan keluar. Udara tersebut akan masuk ke dalam rongga mulut. Berikutnya, celah tekak menutup dan koane membuka. Otot rahang bawah berkontraksi dan diikuti otot genio hioideus. Akibatnya, rongga mulut mengecil. Mengecilnya rongga mulut menjadikan karbon dioksida keluar dari tubuh katak. Cermati Gambar 7.15 di depan.

f. Sistem Pernapasan pada Reptilia

Berbeda dengan organ pernapasan serangga, organ yang digunakan pada pernapasan reptilia adalah paru-paru. Sebab, sebagian besar reptilia hidup di daratan atau habitat yang kering. Untuk mengimbangnya, kulit reptilia bersisik dan kering, supaya cairan dalam tubuhnya tidak mudah hilang. Kulit bersisik pada reptilia merupakan suatu adaptasi hidup dalam udara kering, dan bukan sebagai alat pertukaran gas.

Walau begitu, ada pula mekanisme pernapasan reptilia yang dibantu oleh permukaan epitelium lembab di sekitar kloaka. Reptilia demikian misalnya kura-kura dan penyu. Hal ini dilakukan karena tubuh kura-kura dan penyu terdapat tempurung yang kaku. Tempurung ini menyebabkan gerak pernapasan kedua hewan tersebut terbatas.

Mekanisme pernapasan reptilia terjadi dalam dua fase, yaitu fase inspirasi dan fase ekspirasi. Saat tulang rusuk mengembang, volume rongga dada akan meningkat. Selanjutnya udara (oksigen) akan masuk ke dalam paru-paru, sehingga terjadi fase inspirasi. Sedangkan, fase ekspirasi akan terjadi, jika tulang rusuk merapat, sehingga udara (karbon dioksida) dan uap air keluar dari paru-paru.



Gambar 7.16 Sistem pernapasan kadal

Coba kalian amati burung merpati atau yang lainnya saat terbang. Bagaimanakah perilaku burung tersebut? Apakah gerakan yang dilakukan tidak mengganggu sistem pernapasannya? Bagaimana pula perilaku burung merpati saat istirahat?

Diskusikan pertanyaan tersebut, kemudian hasilnya presentasikan di dalam kelas.

g. Sistem Pernapasan pada Burung

Burung merupakan salah satu hewan yang memiliki kekhasan pada sistem pernapasannya dibandingkan hewan lain. Sebelum kita membahasnya lebih detail, terlebih dahulu lakukan rubrik *Telisik* berikut.

Saat bernapas, burung menggunakan organ-organ pernapasan seperti lubang hidung, tekak, trakea, bronkus, dan paru-paru. Lihat Gambar 7.17.

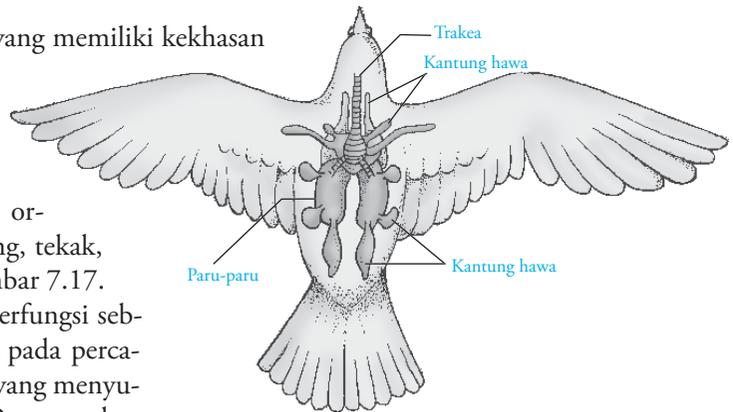
Trakea burung memiliki siring yang berfungsi sebagai sumber suara. Siring tersebut terletak pada percabangan trakea atau **bifurkasi trakea**. Otot yang menyusun siring disebut **otot stemotrakealis**. Otot tersebut menghubungkan tulang dada dan trakea. Antara siring dan dinding trakea sebelah dalam dihubungkan oleh suatu otot yang disebut **otot siringalis**.

Paru-paru burung relatif kecil bila dibandingkan besar tubuhnya. Paru-paru burung ini dibungkus oleh suatu selaput paru-paru yang disebut **pleura**. Paru-paru juga terhubung dengan beberapa kantung/pundi-pundi udara yang dinamakan **sakus pnematikus**. Masing-masing kantung udara terletak pada pangkal leher, ruang dada, antartulang karakoid, ketiak, di antara lipatan usus atau rongga perut, dan berhubungan dengan tulang-tulang panjang seperti tulang paha dan tulang lengan atas. Keseluruhan jumlah kantung udara ada sembilan buah. Namun, paru-paru burung tidak tersusun alveoli. Pada paru-parunya hanya ada pembuluh udara yang disebut **parabronki**.

Kantung udara burung memiliki fungsi penting, yakni membantu pernapasan saat burung terbang, membantu memperbesar siring sehingga suara menjadi keras, dan menyelubungi alat-alat dalam dengan rongga udara sehingga tidak kedinginan. Selain itu, kantung udara dapat mencegah hilangnya panas badan yang berlebihan dan memperbesar atau memperkecil berat jenis tubuh saat berenang yaitu dengan cara membesarkan dan mengecilkan kantung udara.

Burung yang terbang dengan burung yang istirahat mempunyai mekanisme pernapasan yang berbeda. Namun, secara umum kedua keadaan tersebut tidak terlepas dari dua fase pernapasan. Fase yang dimaksud yakni fase inspirasi dan fase ekspirasi.

Saat burung beristirahat, fase inspirasi terjadi sebagai berikut; perlekatan tulang-tulang rusuk pada tulang dada dan tulang belakang tidak melalui persendian, sehingga tulang-tulang rusuk masih dapat

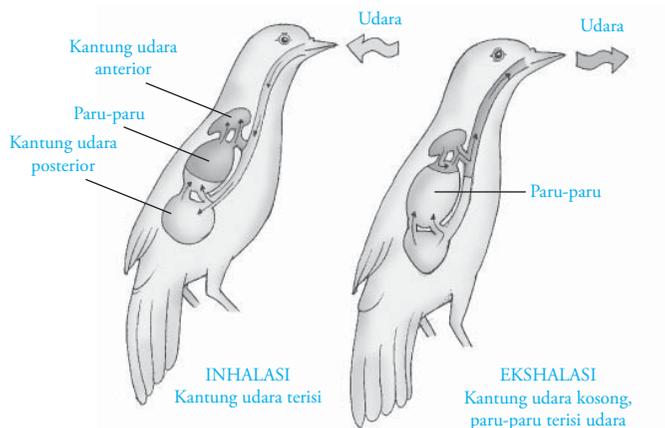


Gambar 7.17 Alat respirasi burung

bergerak sedikit. Tulang rusuk bergerak ke depan dan ke bawah, rongga dada membesar dan paru-paru mengembang, akibatnya udara dari luar masuk ke dalam paru-paru melalui saluran pernapasan. Pada waktu udara masuk ke dalam paru-paru, sebagian O_2 diambil, dan sebagian lainnya masuk ke dalam kantung-kantung udara.

Sementara itu, fase ekspirasi diawali dengan mengecilnya rongga dada. Keadaan ini mengakibatkan paru-paru mengecil dan udara dalam kantung-kantung udara dikeluarkan melalui paru-paru. Akibatnya, O_2 diikat oleh darah yang terdapat dalam pembuluh-pembuluh kapiler dinding paru-paru. Dengan demikian, pengambilan O_2 dapat terjadi baik bisa berlangsung pada fase inspirasi maupun ekspirasi.

Adapun mekanisme pernapasan saat burung terbang terjadi juga secara inspirasi dan ekspirasi. Kedua fase ini dilakukan oleh burung melalui kantung udara yang terdapat di antara tulang karakoid. Pada waktu sayap diangkat ke atas, kantung udara di antara tulang karakoid terjepit. Sementara pada saat yang sama kantung udara pada ketiak mengembang. Akibatnya, O_2 masuk/inspirasi ke kantung udara perut. Selanjutnya, O_2 ini akan dialirkan ke dalam paru-paru dan sebagian yang lain masuk ke dalam kantung udara.



Gambar 7.18 Mekanisme pernapasan pada burung

Sebaliknya, fase ekspirasi terjadi ketika sayap bergerak ke bawah, sehingga mengakibatkan kantung udara pada ketiak terjepit. Pada posisi seperti itu, kantung udara di antara karakoid akan mengembang. Alhasil, CO_2 keluar dari tubuh burung. Cermati Gambar 7.18.

Nah, berdasarkan bahasan tersebut, kalian sudah mempelajari mekanisme pernapasan burung, baik saat istirahat ataupun saat terbang. Berikutnya, coba kalian lakukan rubrik *Telisik* berikut.

Telisik

Bersama teman sebangku kalian, coba bedakan sistem pernapasan yang terjadi antara manusia dan burung. Kalian dapat membedakannya berdasarkan alat pernapasan yang digunakan dan mekanisme yang terjadi. Setelah itu, kumpulkan hasil yang kalian peroleh kepada Bapak/Ibu Guru.

Setelah menyelesaikan rubrik *Telisik*, selanjutnya selesaikan *Uji Kompetensi* berikut supaya pengetahuan kalian semakin mantap.

Uji Kompetensi

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

1. Bagaimanakah cara protozoa melakukan proses bernapas?
2. Sebutkan bagian-bagian insang dan fungsinya pada proses pernapasan.
3. Apakah organ yang digunakan cacing saat melakukan pernapasan?
4. Jelaskan mekanisme pernapasan yang terjadi pada katak.
5. Sebutkan alat pernapasan burung saat istirahat dan terbang.

I k h t i s a r

1. Pernapasan (*breathing*) adalah menghirup dan menghembuskan napas. Dengan demikian, bernapas merupakan proses memasukkan udara dari lingkungan luar ke dalam tubuh dan mengeluarkan udara sisa dari dalam tubuh ke lingkungan luar. Sementara, respirasi (*respiration*) berarti suatu proses pembakaran (oksidasi) senyawa organik (bahan makanan) di dalam sel guna memperoleh energi.
2. Alat pernapasan manusia terdiri atas rongga hidung, pangkal tenggorokan (laring), batang tenggorokan (trakea), cabang batang tenggorokan (bronkus), dan paru-paru (pulmo).
3. Proses terjadinya pertukaran oksigen dan karbondioksida terjadi pada alveolus.
4. Proses respirasi melalui 2 fase/tahap, yakni inspirasi dan ekspirasi. Inspirasi adalah proses menghirup udara atau proses pemasukan udara pernapasan, sedangkan ekspirasi merupakan proses mengeluarkan udara dari dalam tubuh keluar lingkungan.
5. Berdasarkan proses terjadinya pernapasan, manusia mempunyai dua tahap mekanisme pertukaran gas, yaitu secara eksternal dan internal. Proses pertukaran oksigen (O_2) dan karbon dioksida (CO_2) antara udara dan darah dalam paru-paru dinamakan pernapasan eksternal. Sedangkan terjadinya pertukaran gas pada pernapasan internal berlangsung di dalam jaringan tubuh.
6. Berdasarkan otot yang berperan dalam proses pernapasan, kegiatan bernapas pada manusia dibedakan menjadi dua, yakni pernapasan dada dan pernapasan perut. Pada keduanya terjadi fase inspirasi dan ekspirasi.
7. Kapasitas vital sama dengan penjumlahan volume tidal, udara komplementer, dan udara suplementer.
8. Frekuensi respirasi adalah jumlah bernapas (inspirasi-ekspirasi) dipengaruhi oleh umur, kelamin, suhu tubuh, posisi tubuh, aktifitas tubuh.
9. Gangguan dan penyakit yang terjadi pada sistem respirasi manusia, antara lain asma, asidosis, asfiksi, emfisema paru-paru, faringitis, pneumonia, tuberkulosis (TBC), bronkitis, pleuritis, laringitis, tonsilitis, dan kanker paru-paru.
10. Hewan protozoa seperti Amoeba atau Paramecium menggunakan permukaan tubuh (membran sel) untuk proses pernapasan secara difusi.

11. Sistem pernapasan cacing menggunakan pernapasan integumenter atau permukaan kulit secara difusi.
12. Sistem pernapasan serangga menggunakan sistem trakea.
13. Sistem pernapasan reptilia menggunakan paru-paru. Sementara, pada kura-kura dan penyu menggunakan kloaka dan paru-paru.
14. Sistem pernapasan ikan menggunakan insang dengan bagian-bagian seperti lengkung insang, rigi-rigi insang, dan lembaran insang.
15. Sistem pernapasan katak menggunakan insang saat berudu. Sedangkan saat dewasa menggunakan paru-paru, rongga mulut (glotis), dan permukaan kulit (secara difusi).
16. Saat terbang, burung bernapas menggunakan kantung udara. Sedangkan saat istirahat, burung bernapas menggunakan paru-paru.

Senarai kata

Ekstra Luar

Enzim anhidrase Suatu protein aktif mempercepat reaksi yang melibatkan senyawa air

Hemoglobin pigmen merah pada darah yang bisa mengikat O_2 dan CO_2

Infeksi kronis Masuknya kuman penyebab penyakit dalam tubuh dan menahun

Kapiler Pembuluh darah halus

Koane Lubang hidung pada katak

Konsentrasi Kandungan suatu zat

Kontraksi Memendek atau mengerutnya otot

Labirin Lipatan-lipatan alat respirasi yang terdapat di atas insang pada beberapa ikan

Larutan penyangga/buffer Larutan yang berfungsi sebagai penjaga kenormalan derajat keasaman

Mukosa Selaput lendir

Radiasi ionisasi Pemancaran kalor pada suatu benda/zat untuk menghasilkan ion

Tekanan parsial Suatu tekanan yang disebabkan oleh gas tertentu

Tidal Volume udara inspirasi dan ekspirasi normal setiap melakukan pernapasan

Tonsil Amandel

Tulang karakoid Tulang selangka

Ulangan Harian

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. Sistem yang berkaitan secara langsung dengan respirasi (pernapasan) adalah
 - a. otot
 - b. ekskresi
 - c. digesti
 - d. sirkulasi
 - e. regulasi

2. Sebagian kecil gas CO_2 hasil sampingan dari pembongkaran senyawa organik akan diangkut oleh darah ke paru-paru dalam bentuk
 - a. CO_2 larut dalam darah
 - b. CO dan CO_2 yang larut dalam Hb
 - c. senyawa karbohidrat oleh darah
 - d. oleh plasma darah
 - e. karboksihemoglobin

3. Alat-alat pernapasan pada manusia sebagai berikut
1. Bronkus
 2. Trakea
 3. Hidung
 4. Bronkiolus
 5. Alveolus
- Urutan yang benar dari alat-alat tersebut saat terjadi proses pernapasan adalah
- a. 3-2-1-5-4
 - b. 3-2-1-4-5
 - c. 3-5-1-2-4
 - d. 3-4-5-2-1
 - e. 3-2-1-4-5
4. Pada proses respirasi O_2 dapat masuk ke dalam darah karena
- a. diikat oleh hemoglobin
 - b. diisap oleh alveolus paru-paru yang mengembang
 - c. perbedaan tekanan O_2 pada rongga alveolus dengan tekanan O_2 di dalam darah
 - d. menggantikan kedudukan CO_2 yang keluar
 - e. konsentrasi CO_2 pada alveolus
5. Pembengkakan amandel mengganggu pernapasan karena
- a. menghambat proses difusi
 - b. menghambat difusi CO_2
 - c. menghambat proses kembang kempisnya paru-paru
 - d. mempersempit saluran pernapasan
 - e. menghambat pertukaran O_2 dan CO_2
6. Udara yang masih tertinggal di dalam paru-paru dan tidak dapat dikeluarkan disebut
- a. udara komplementer
 - b. kapasitas vital
 - c. volume cadangan ekspirasi
 - d. udara residu
 - e. volume cadangan respirasi
7. Pada penderita pneumonia, alveolus terinfeksi oleh
- a. cairan
 - b. karbonmonoksida
 - c. karbondioksida
 - d. karbohidrat
 - e. oksihemoglobin
8. Asfiksi adalah salah satu gangguan pernapasan pada manusia yang disebabkan oleh
- a. alveolus kemasukan air
 - b. terjadi gangguan pada difusi oksigen dan alveolus
 - c. radang pada selaput pembungkus paru-paru
 - d. melebarnya trakea karena otot polos berkontraksi terus menerus
 - e. radang pada bronkiolus
9. Oksigen meninggalkan alveolus dan masuk ke dalam pembuluh darah melalui proses
- a. transportasi aktif
 - b. osmosis
 - c. bernapas
 - d. respirasi
 - e. difusi
10. Paru-paru beradaptasi untuk mengambil oksigen dari udara, kemudian oksigen tersebut berdifusi ke dalam darah. Di bawah ini yang bukan ciri-ciri paru-paru untuk proses tersebut adalah
- a. permukaan yang luas
 - b. permukaan yang elastis
 - c. sekresi sel-sel mukus
 - d. kaya akan kapiler-kapiler darah
 - e. dinding alveolus yang tipis
11. Selama bernapas biasa, manusia memasukkan dan mengeluarkan udara lebih kurang
- a. 1.500 ml
 - b. 300 ml
 - c. 750 ml
 - d. 450 ml
 - e. 1.000 ml
12. Jika kita menahan napas maka keinginan untuk bernapas menjadi tidak terkendali, karena
- a. kekurangan O_2 dalam otak
 - b. kebanyakan CO_2 dalam darah
 - c. kebanyakan CO_2 dalam paru-paru
 - d. kekurangan O_2 dalam paru-paru
 - e. kekurangan O_2 dalam darah
13. Jika seseorang tenggelam, proses pernapasan terganggu. Hal itu terjadi akibat

- a. rendahnya kadar oksigen dan tingginya kadar CO₂ dalam paru-paru
 - b. darah tidak mengikat oksigen melainkan air
 - c. karbon dioksida di dalam paru-paru tidak bisa dikeluarkan
 - d. pertukaran gas terganggu karena paru-paru terisi air
 - e. oksigen tidak dapat masuk karena sesak napas
14. Alat pernapasan yang dimiliki belalang dan kecoak adalah
- a. paru-paru
 - b. trakea
 - c. insang dan trakea
 - d. paru-paru buku
 - e. kulit
15. Untuk mengatasi kebutuhan oksigen pada saat istirahat, burung mempunyai pelengkap pernapasan, yaitu
- a. labirin
 - b. mioglobin
 - c. kantung hawa/kantung udara
 - d. paru-paru
 - e. pleura
16. Rongga hidung meneruskan udara ke dalam paru-paru melawati
- a. esofagus
 - b. alveolus
 - c. laring
 - d. diafragma
 - e. pleura
17. Pertukaran udara pada permukaan kulit cacing tanah dilakukan dengan cara
- a. pergerakan diafragma
 - b. pergerakan tulang rusuk
 - c. gerakan silia
 - d. gerakan tubuh
 - e. difusi pada kulit
18. Kantung udara pada waktu burung terbang berfungsi untuk
- a. melindungi tubuh dari kedinginan
 - b. mencegah pengeluaran panas tubuh
 - c. meringankan tubuh
 - d. memperkeras suara
 - e. alat bantu pernapasan
19. Bagian insang ikan yang terjadi pertukaran gas adalah
- a. operkulum
 - b. rigi-rigi insang
 - c. lengkungan insang
 - d. filamen insang
 - e. gelembung renang
20. Rigi-rigi insang berfungsi untuk
- a. menyaring makanan
 - b. menutup kantung insang
 - c. menyerap oksigen
 - d. mengeluarkan karbon dioksida
 - e. mengeluarkan air

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

1. Mengapa katak selalu menjaga agar kulitnya dalam keadaan basah?
2. Jelaskan respirasi burung pada saat terbang dan pada saat tidak terbang?
3. Apakah perbedaan pernapasan eksternal dan pernapasan internal?
4. Bagaimana proses terjadinya inspirasi pada pernapasan dada pada manusia?
5. Jelaskan faktor-faktor yang memengaruhi frekuensi pernapasan.
6. Bagaimana oksigen diangkut ke seluruh tubuh?
7. Jelaskan fungsi laring, trakea, dan alveolus pada sistem respirasi?
8. Mengapa tubuh manusia memerlukan oksigen?
9. Sebutkan fungsi epiglottis?
10. Bagaimanakah cara umum yang digunakan untuk menangani mimisan?

B a b VIII

Sistem Ekskresi



Dok. PIM

Tiada satu pun manusia normal yang hidup tanpa mengeluarkan keringat. Umumnya, keringat keluar dari tubuh setelah kita banyak bergerak, setelah makan, atau mungkin akibat efek-efek psikologis semacam takut, grogi, dan sebagainya. Nah, saat keringat keluar, racun-racun yang ada di dalam tubuh juga ikut keluar. Karena itulah, tubuh yang mengeluarkan keringat pun menjadi sehat dan bugar. Lalu, tahukah kalian bagaimana proses keluarnya keringat tersebut? Tema tersebut akan menjadi salah satu bahasan kita kali ini.

Kata Kunci

- Ekskresi
- Ginjal
- Kulit
- Hati
- Metabolisme

Kilas

Pada bahasan struktur dan fungsi jaringan pada hewan, kita telah mengenal yang namanya sistem organ. Sistem ekskresi manusia dan hewan merupakan salah satu sistem organ pada makhluk hidup.

Pada bab berikut kita akan mengkaji struktur dan fungsi alat ekskresi manusia, termasuk juga proses yang terjadi di dalamnya. Kemudian, kita juga akan mengenali beberapa penyakit yang dapat terjadi pada sistem ekskresi manusia. Selain itu, beberapa sistem ekskresi hewan, seperti cacing, serangga, ikan dan lainnya juga akan kita pelajari.

Dengan mempelajari bab ini, kalian diharapkan mampu menjelaskan keterkaitan antara struktur, fungsi, dan proses yang terjadi pada sistem ekskresi manusia dan hewan. Di samping itu, kemampuan menjelaskan berbagai kelainan/penyakit yang terdapat pada sistem pernapasan manusia juga perlu kalian kuasai.

A. Sistem Ekskresi pada Manusia

Keringat merupakan salah satu cairan sisa metabolisme yang dikeluarkan tubuh. Selain keringat, tubuh kita bisa pula mengeluarkan beberapa zat sisa metabolisme, seperti urine, karbon dioksida (CO_2), dan empedu. Bila kadar zat-zat sisa tersebut di dalam tubuh berlebihan, maka bahaya pada tubuh dapat segera mengancam. Oleh sebab itu, zat-zat tersebut harus segera dikeluarkan. Proses pengeluaran zat-zat sisa merupakan hasil suatu proses di dalam tubuh yang dinamakan **ekskresi**. Pengeluaran zat ini juga merupakan salah satu ciri makhluk hidup.

Secara umum, proses pengeluaran zat-zat sisa dari dalam tubuh manusia dibedakan menjadi tiga macam, yakni defekasi, ekskresi, dan sekresi.

Defekasi merupakan proses pengeluaran sisa-sisa pencernaan makanan yang disebut feces melalui anus. Sisa pencernaan tidak pernah melewati proses metabolisme di dalam sel-sel jaringan tubuh. Sehingga, sisa pencernaan bukanlah sisa metabolisme. Zat yang dikeluarkan melalui anus tersebut terdiri atas bahan makanan yang tidak diserap oleh usus, sel-sel epitel usus yang rusak, dan mikrobia usus.

Proses pengeluaran zat sisa selanjutnya adalah ekskresi. **Ekskresi** merupakan pengeluaran zat-zat sisa metabolisme yang tidak dipakai lagi oleh sel dan darah, kemudian dikeluarkan bersama urine, keringat, dan udara pernapasan.

Sementara itu, **sekresi** merupakan proses pengeluaran getah oleh sel dan kelenjar. Getah tersebut biasanya mengandung enzim yang masih berguna untuk proses faal di dalam tubuh. Nah, di sini kita hanya akan mempelajari sistem ekskresi saja.

1. Alat-Alat Ekskresi pada Manusia

Manusia memiliki berbagai macam alat ekskresi dalam tubuhnya. Alat-alat ekskresi tersebut adalah ginjal (*ren*), paru-paru (*pulmo*), hati (*hepar*), dan kulit (*integumen*). Alat-alat tersebut sekaligus berfungsi untuk menjaga stabilitas suhu tubuh atau homeostatis. Sebelum mempelajari bahasan ini, coba lakukan tugas di rubrik *Telisik* berikut.

Bersama teman sebangku kalian, coba tunjukkan letak ginjal, paru-paru, hati dan kulit berdasarkan torso atau carta yang ada. Kalian dapat mendemonstrasikan dan mempresentasikan berbagai organ tersebut di dalam kelas.

Nah, berikutnya, mari kita simak dan pahami berbagai organ sistem ekskresi tersebut pada bahasan berikut.

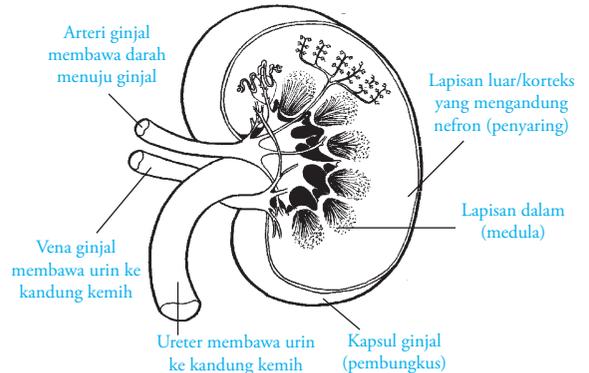
a. Ginjal

Manusia mempunyai sepasang ginjal. Ginjal manusia dewasa memiliki berat lebih kurang 200 gram dan panjang 10 cm. Ginjal berbentuk seperti kacang merah dan berwarna merah tua, karena mengandung banyak kapiler darah. Organ ini terletak di dalam rongga perut bagian belakang agak ke atas. Perhatikan Gambar 8.1.

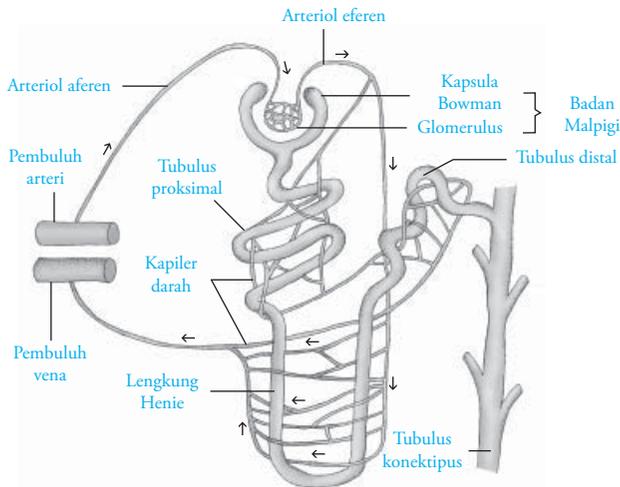
1) Struktur Ginjal

Ginjal manusia terbagi atas dua lapisan, yaitu korteks (luar) dan medula (dalam). Pada lapisan korteks ginjal, terdapat satuan struktural dan fungsional terkecil yang disebut **nefron**. Satu buah ginjal manusia mengandung kurang lebih 1 juta nefron.

Parker, 100 Pengetahuan Tentang Tubuh Manusia, 2004, hlm. 35



Gambar 8.1 Ginjal dan bagian-bagiannya



Gambar 8.2 Struktur nefron

Setiap nefron terdiri atas badan Malpighi (badan renalis) yang tersusun dari kapsul Bowman dan glomerulus. Struktur nefron dapat kalian lihat pada Gambar 8.2. Kapsul Bowman ber dinding rangkap dengan glomerulus di dalam cekungan kapsulnya. Glomerulus merupakan untaian pembuluh kapiler darah yang dindingnya bertaut menjadi satu dengan dinding kapsul Bowman.

Sementara itu, tubulus-tubulus yang menyusun nefron adalah tubulus proksimal, tubulus distal, dan tubulus pengumpul/

kolektipus yang dikelilingi oleh pembuluh darah kapiler. Pembuluh darah kapiler ini dinamakan **arteriol eferen** yang meninggalkan glomerulus menuju vasa rekta. Vasa rekta merupakan kapiler yang mengelilingi lengkung Henle. Adapun pembuluh darah kapiler yang menuju glomerulus dinamakan **arteriol aferen**. Arteriol ini banyak menyuplai darah bagi glomerulus.

Pada lapisan medula ginjal terdapat lengkung Henle. Lengkung Henle merupakan saluran ginjal atau tubulus yang menghubungkan antara tubulus distal pada daerah korteks dengan tubulus proksimal. Saluran lengkung Henle ini ada yang menurun dan menaik. Orang dewasa memiliki panjang seluruh tubulus lebih kurang 7,5-15 m. Pada lapisan medula juga terdapat tubulus kolektipus yang mengalirkan zat sisa metabolisme (urine) menuju ureter.

Ginjal mengendalikan potensial air darah yang melewatinya. Substansi yang menyebabkan ketidakseimbangan potensi air pada darah akan dipisahkan dari darah dan diekskresikan dalam bentuk **urine**. Sebagai contoh adalah sisa nitrogen hasil pemecahan asam amino dan asam nukleat.

2) Proses Pembentukan Urine

Urine yang kita keluarkan sebenarnya mengikuti serangkaian proses. Sebelum keluar dari tubuh, urine terbentuk dalam ginjal melalui proses tiga tahap, yaitu tahap filtrasi (penyaringan), tahap reabsorpsi (penyerapan kembali), dan tahap augmentasi (pengeluaran zat). Cermati Gambar 8.3. Masing-masing proses tersebut dapat kalian simak pada bahasan berikut.

a) Filtrasi (Penyaringan)

Darah yang masuk ke dalam ginjal akan dilakukan proses filtrasi. **Filtrasi** merupakan proses penyaringan darah dari zat-zat sisa metabolisme yang dapat meracuni tubuh. Proses ini terjadi pada badan Malpighi, tepatnya pada glomerulus yang dilingkupi kapsul Bowman.

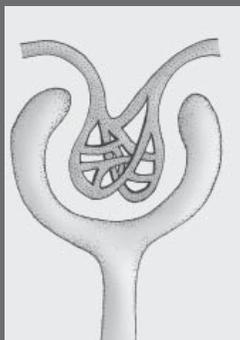
Awalnya, darah mengalir melalui pembuluh darah (arteri) ginjal. Kemudian melalui arteriol aferen, darah masuk ke glomerulus di dalam kapsul Bowman. Dalam setiap glomerulus berlangsung proses filtrasi. Hanya molekul kecil dan limbah nitrogen dari darah saja yang mengalami penyaringan. Sedangkan untuk molekul besar, seperti protein, lemak, zat-zat padat, dan plasma darah, dibiarkan bertahan dalam darah. Selanjutnya, darah meninggalkan glomerulus melalui arteriol eferen. Hasil filtrasi ini dinamakan **filtrat glomerulus** atau disebut juga **urine primer**. Urine ini akan dialirkan menuju tubulus-tubulus lewat arteriol aferen.

b) Reabsorpsi (Penyerapan Kembali)

Zat hasil filtrasi akan direabsorpsi oleh suatu bagian dalam ginjal. **Reabsorpsi** adalah proses penyerapan kembali

Galeri

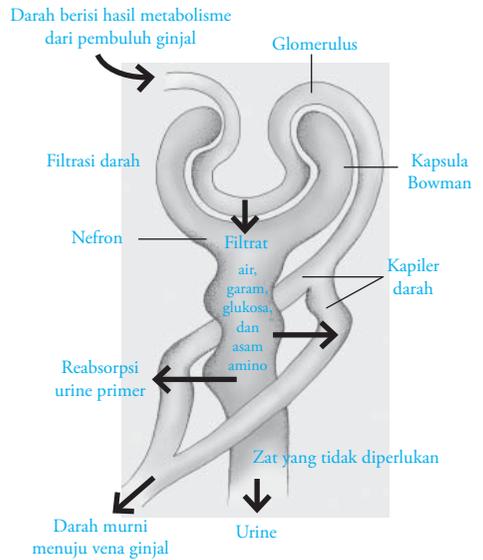
Malpighi



Badan Malpighi adalah bagian dari ginjal yang berfungsi dalam proses penyaringan darah. Nama Malpighi diberikan setelah seseorang berkebangsaan Italia, Malpighi, menemukannya pada suatu hari saat menggunakan mikroskop.

filtrat glomerulus yang masih bisa digunakan oleh tubuh. Bagian yang berperan dalam proses ini meliputi sel-sel epitelium pada tubulus proksimal, lengkung Henle, dan sebagian tubulus distal.

Setelah urine primer melalui arteriol aferen akan dialirkan menuju tubulus proksimal. Kandungan glukosa dan sebagian ion seperti Na^+ , Cl^- , dan air dalam urine primer akan direabsorpsi. Urine primer ini juga dialirkan dan diserap pada lengkung Henle. Setelah itu, urine dialirkan menuju tubulus distal. urine primer yang mengandung zat seperti ion Na^+ , ion HCO_3^- , dan air akan diserap pada tubulus distal tersebut. Sedangkan zat-zat seperti ion H^+ , ion NH_4^+ , urea, kreatinin, dan obat-obatan disekresikan pada urine oleh tubulus tersebut. Hasil reabsorpsi ini berupa **filtrat tubulus** atau **urine sekunder** yang akan dialirkan menuju tubulus kolektipus (pengumpul).



Gambar 8.3 Proses pembentukan urine

c) *Augmentasi (Pengumpulan)*

Augmentasi merupakan suatu proses pengeluaran zat sisa yang tidak diperlukan oleh tubuh dalam bentuk urine. Pada proses ini, urine sekunder dari tubulus distal menuju tubulus kolektipus. Selanjutnya, pada tubulus ini masih terjadi penyerapan ion Na^+ , Cl^- , dan urea. Sisanya merupakan bentuk urine yang sesungguhnya. Urine ini akan dibawa menuju pelvis renalis. Dari pelvis renalis, urine dialirkan melalui ureter hingga sampai pada vesika urinaria (kandung kemih). Sebagai tempat penyimpanan sementara urine, kandung kemih akan menyimpan urine sampai penuh. Apabila sudah penuh, urine akan dikeluarkan dari tubuh melalui uretra.

Secara normal, urine yang dikeluarkan tubuh mengandung berbagai zat, misalnya air, urea, amonia (NH_3), dan zat lainnya. Selain itu, warnanya lebih jernih transparan. Saat tertentu urine dapat berwarna kuning muda. Sebab, urine tersebut diwarnai oleh zat warna empedu yakni bilirubin dan biliverdin.

Berdasarkan proses ekskresinya, ada beberapa fungsi ginjal yang dapat kita ketahui, antara lain mengatur keseimbangan air dan garam dalam darah, memproses zat sisa metabolisme dan membuangnya dari tubuh, mencegah adanya zat-zat berbahaya dalam tubuh, mengatur tekanan darah dalam arteri, dan membuang bahan makanan tertentu yang berlebih seperti gula dan vitamin.

Meskipun setiap harinya ada sekitar 1.500 liter darah yang disaring ginjal, namun hanya sekitar 1-1,5 liter urine saja yang kita keluarkan dari ureter. Sebab, ada beberapa faktor yang berpengaruh terhadap banyaknya urine yang dikeluarkan, misalnya emosi, konsentrasi air yang tinggi dalam darah, suhu

rendah, dan pengaruh banyaknya konsumsi zat-zat deuretik. Orang mengeluarkan air seni secara berlebihan disebut **diuresis**.

Nah, setelah mengetahui proses pembentukan urine, berikutnya lakukanlah *Percobaan* berikut.

Percobaan

Menguji Kandungan Zat dalam Urine

A. Dasar Teori

Pembentukan urine dalam ginjal terjadi dalam tiga proses, yakni filtrasi (penyaringan), reabsorpsi (penyerapan kembali), dan augmentasi (pengumpulan). Setelah itu, urine akan dikeluarkan melalui saluran kencing.

Urine normal mengandung berbagai zat, misalnya air, urea, amonia (NH_3), dan zat lainnya. Selain itu, warnanya lebih jernih transparan. Saat tertentu urine dapat berwarna kuning muda. Sebab, urine terwarnai oleh zat warna empedu yakni bilirubin dan biliverdin.

B. Tujuan

Mengetahui kandungan pH, glukosa, protein, amonia, dan klorida dalam urine

C. Alat dan Bahan

1. Tabung reaksi 5 buah
2. Urine
3. Rak tabung
4. Kertas indikator universal
5. Penjepit tabung reaksi
6. Korek api
7. Larutan Biuret
8. Larutan Benedict/Fehling A dan Fehling B
9. Larutan AgNO_3
10. Pembakar spiritus

D. Langkah Percobaan

1. Uji pH
 - a. Siapkan urine 1 ml hingga 2 ml dalam tabung reaksi.
 - b. Masukkan kertas indikator universal ke dalam urine.
 - c. Amati perubahan warna yang terjadi.
 - d. Cocokkan warna dengan standar pH, kemudian catat pH dan artinya.
2. Uji glukosa
 - a. Sediakan 2 ml urine dan masukkan ke dalam tabung reaksi.
 - b. Tambahkan 5 tetes larutan Benedict atau larutan Fehling A dan Fehling B.
 - c. Jepit dengan penjepit, kemudian panaskan dengan lampu spiritus. Catat perubahan warna yang terjadi.
3. Uji protein
 - a. Sediakan 2 ml urine dan masukkan ke dalam tabung reaksi.
 - b. Tambahkan 5 tetes larutan Biuret, biarkan kira-kira 5 menit.
 - c. Amati perubahan warna yang terjadi dan catatlah.
4. Uji amonia
 - a. Siapkan 1 ml urine dan masukkan ke dalam tabung reaksi.
 - b. Jepitlah dengan penjepit tabung reaksi, panaskan dengan lampu spiritus.
 - c. Cium bau yang keluar (jangan terlalu dekat, cukup dengan mengibas-ngibaskan udara di atas tabung reaksi).

5. Uji klorida
 - a. Siapkan 2 ml urine dan masukkan ke dalam tabung reaksi.
 - b. Tambahkan 5 tetes larutan AgNO_3 5%.
 - c. Amati perubahan yang terjadi dan catatlah.

E. Pembahasan

1. Berapakah pH dari urine dan apakah arti angka tersebut?
2. Apa warna urine dalam tabung reaksi setelah diberi larutan Benedict dan dipanaskan? Apakah maksudnya?
3. Apa warna urine dalam tabung reaksi setelah ditambahkan larutan Biuret dan dipanaskan? Apakah maksudnya?
4. Bau apakah yang kalian rasakan saat urine dalam tabung reaksi dipanaskan?
5. Apakah perubahan yang terjadi pada urine saat ditambah larutan AgNO_3 5%?
6. Simpulkan percobaan di atas dalam bentuk tabel.
7. Kumpulkan hasil yang diperoleh kepada guru kalian.

b. Kulit

Bagian terbesar dari tubuh kita adalah kulit. Kulit membungkus hampir semua permukaan tubuh. Andai kita bisa melepaskan dan membentangkannya, kemungkinan kulit akan menutupi hampir keseluruhan tempat tidur satu orang. Karena setiap hari kita sering bergerak, membersihkan dan mengeringkan kulit, maka hampir setiap waktu kulit rusak dan mati. Namun demikian, hampir setiap saat pula kulit tumbuh. Proses peremajaan kulit ini kira-kira berlangsung selama 4 minggu.

Bagi tubuh, kulit memiliki banyak kegunaan. Kulit menjaga bagian dalam tubuh kita dari kerusakan-kerusakan fisik, seperti gesekan, benturan, pukulan, kotoran zat kimia, dan kuman. Kulit berperan melindungi bagian dalam tubuh dari kehilangan air. Kulit juga membantu menjaga suhu badan. Kulit juga sebagai tempat membuang zat sisa metabolisme berupa keringat. Kulit memberi kita sensor sentuhan dari luar. Selain itu, juga kulit membuat vitamin yang dibutuhkan tubuh.

Pada manusia dewasa, ketebalan kulit berkisar 0,01 cm hingga 0,5 cm. Kulit tertipis berada pada kelopak mata, sedangkan kulit tertebal pada telapak kaki.

Kita tahu bahwa zat yang diekskresikan adalah keringat. Jumlah keringat yang dikeluarkan ternyata dipengaruhi berbagai keadaan, seperti aktivitas tubuh, suhu lingkungan, makanan, kesehatan, dan keadaan emosi. Di dalamnya pun mengandung zat-zat tertentu, misalnya air, garam (NaCl), urea, asam dan sisa metabolisme.

1) Struktur Kulit

Secara struktural, kulit tersusun atas dua lapisan, yakni lapisan pelindung luar yang disebut **epidermis** dan lapisan pelindung dalam yang disebut **dermis**. Simak penjelasannya lebih lengkap sebagai berikut.

a) Epidermis

Epidermis kulit dinamakan pula **kulit ari**. Epidermis



Parker, *Tanya Jawab Tubuh Manusia*, 2005, hlm. 12

Gambar 8.4 Permukaan kulit tersusun atas jutaan serpihan yang sangat kecil

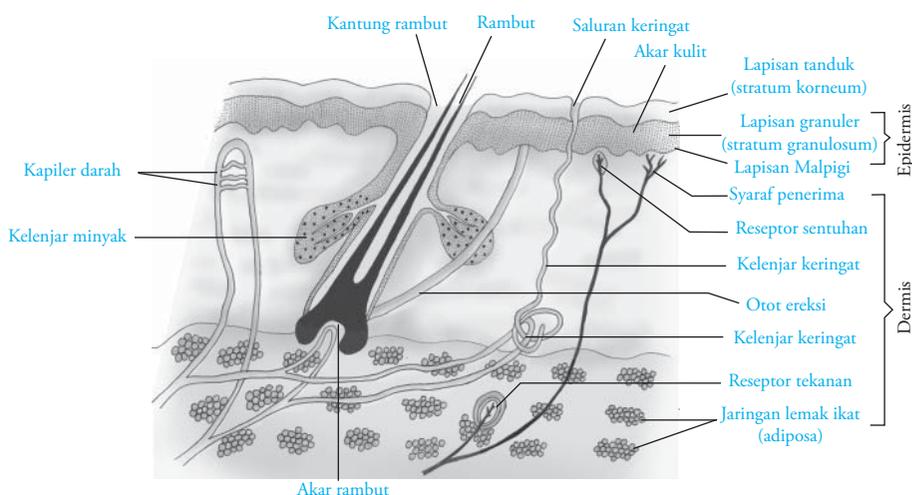
juga terbagi dalam berbagai bagian, yaitu bagian luar yang disebut **stratum korneum** (lapisan tanduk), bagian tengah yang disebut **stratum granulosum**, dan bagian dalam yang disebut **lapisan Malpighi**.

Stratum korneum merupakan jaringan yang mati, kering, dan tersusun dari berlapis-lapis jaringan epitelium pipih. Sel lapisan ini sering mengelupas dan digantikan oleh jaringan di bawahnya karena berisi protein **keratin**. Fungsi utamanya, antara lain melindungi sel-sel dan mencegah masuknya bibit penyakit. Sementara, stratum granulosum tersusun atas sel hidup yang dihasilkan oleh lapisan Malpighi.

Di dalam kulit terdapat sel-sel yang aktif membelah dan menghasilkan pigmen melanin. Sel ini berada pada lapisan Malpighi. **Melanin** merupakan zat yang berwarna hitam kecoklatan. Jumlah pigmen melanin yang berbeda menyebabkan warna kulit setiap orang berbeda pula. Seseorang yang kulit hitam disebabkan karena mengandung lebih banyak melanin. Sementara orang albino tidak memiliki melanin dalam kulitnya.

b) Dermis

Di bawah lapisan epidermis kulit terdapat lapisan pelindung dalam, yang disebut lapisan dermis. Dermis disebut juga **kulit jangat** atau **korium**. Dermis kulit tersebut berisi jaringan ikat berserat.



Gambar 8.5 Bagian-bagian kulit

Berbagai bagian yang ada dalam dermis meliputi pembuluh darah, rambut, ujung saraf, kelenjar keringat (*glandula sudorifora*), kelenjar minyak (*glandula sebacea*), dan jaringan lemak kulit.

(1) Pembuluh Darah

Sebagian besar pembuluh kapiler darah berada pada dermis. Pembuluh darah merupakan bagian yang membawa

darah berisi makanan dan oksigen pada lapisan dermis dan epidermis. Pembuluh darah juga berperan dalam menyuplai kelenjar keringat dan rambut akar. Selain itu, pembuluh darah berperan penting dalam proses pengaturan temperatur tubuh.

(2) *Rambut*

Meskipun rambut berada dalam lapisan dermis, namun proses produksinya berada pada lapisan epidermis. Lapisan Malpighi pada epidermis masuk ke dalam lapisan dermis membentuk sebuah pipa berlubang yang dinamakan **kantong rambut**. Rambut tumbuh bersebelahan dengan kantong rambut. Di bagian dasar kantong terdapat sekumpulan jaringan yang berisi kapiler darah dan saraf, yang dinamakan **akar rambut**. Akar rambut dilindungi oleh sel epidermis yang terus-menerus membelah dan mendorong sel baru ke atas. Sel ini akan segera mati dan mengeras membentuk rambut.

Pada kulit kepala, terdapat bagian yang melekat pada kantong rambut. Bagian tersebut dinamakan **otot penagak rambut**. Kontraksi otot ini menyebabkan rambut tetap berdiri. Apabila kulit di sekitar rambut kepala kita kurang dipelihara, akibatnya akan timbul ketombe.

(3) *Ujung Saraf*

Ujung saraf merupakan salah satu bagian sel saraf yang mengirimkan informasi dari lingkungan luar. Di dalamnya terdapat berbagai reseptor (penerima rangsangan), seperti reseptor sentuhan, reseptor tekanan, reseptor sakit, dan reseptor suhu.

(4) *Kelenjar Keringat*

Kelenjar keringat kulit memiliki bentuk pipa tergulung yang tumbuh memanjang dari epidermis hingga dermis. Pada pangkal kelenjarnya banyak dikelilingi oleh kapiler darah dan serabut saraf simpatik. Dari darah pada kapiler, keringat dikeluarkan melewati **saluran keringat** dan **pori-pori** pada permukaan kulit. Keringat yang dikeluarkan mengandung sebagian besar air dalam bentuk larutan garam anorganik (misalnya sodium klorida) dan sejumlah kecil materi organik seperti urea. Karena keringat mengandung sisa metabolisme, seperti urea, maka kulit tersebut disebut juga organ ekskresi.

(5) *Kelenjar Minyak*

Kelenjar minyak berada di samping kantong rambut. Kelenjar ini menghasilkan minyak yang disebut **sebum**. Sebum menahan air masuk ke dalam rambut dan epidermis. Selain menahan air, kelenjar minyak juga menjaga kelenturan epidermis dan melindunginya dari bakteri.

Galeri

Mengapa Kita Merinding?

Folikel rambut dihubungkan ke kulit oleh sebuah otot penagak. Udara dingin atau rasa takut menyebabkan otot berkontraksi, dan batang rambut yang biasanya rebah menjadi berdiri tegak. Kontraksi otot ini juga membengkakkan kulit di pangkal rambut sehingga muncullah bintik-bintik merah. Sebum, minyak yang dikeluarkan oleh kelenjar minyak, menyebar di kulit sehingga mengurangi hilangnya panas. Akibatnya, kulit menjadi merinding.

Anonim, *Hampanan Dunia Ilmu Time-Life: Tubuh Manusia*, 1996, hlm. 43

Galeri

Mengapa Orang Berkeringat?

Berkeringat atau berpeluh, menjaga tubuh supaya berada pada suhu tetap. Sebab, apabila suhu tubuh naik atau turun lebih dari beberapa derajat di atas atau di bawah suhu reratanya, yaitu 37 °C, tubuh dapat terancam bahaya.

Seperti halnya menggigit membantu tubuh tetap hangat, dengan berkeringat tubuh dapat mendinginkan diri sendiri. Kelenjar keringat menghasilkan air yang menguap di kulit; penguapan ini memindahkan panas dari pembuluh darah di kulit ke udara di sekitarnya. Selain perspirasi termal, begitulah namanya, keringat dapat disebabkan oleh rasa nyeri, emosi hebat, atau makan makanan pedas.

Anonim, *Hamparan Dunia Ilmu Time-Life: Tubuh Manusia*, 1996, hlm. 42-

(6) Jaringan Lemak Kulit

Di bawah dermis terdapat lapisan yang tersusun dari sel adiposa (jaringan adiposa) yang menyimpan lemak. Lemak digunakan sebagai lapisan pelindung. Karenanya, jaringan adiposa juga dikenal sebagai tempat penyimpanan lemak dan jaringan pelindung.

2) Mekanisme Pengeluaran Keringat

Setiap harinya manusia dewasa mengeluarkan keringat kira-kira 225 ml. Semua keringat yang dihasilkan berasal dari sekitar 2 juta kelenjar keringat yang tersebar pada seluruh lapisan dermis.

Proses pengeluaran keringat tersebut dipengaruhi oleh hipotalamus. Hipotalamus merupakan sistem saraf pusat pengatur suhu badan yang menghasilkan **enzim bradikinin**. Enzim bradikinin mempengaruhi kerja kelenjar keringat untuk mengeluarkan keringat. Selain dipengaruhi hipotalamus, kerja kelenjar keringat juga dipengaruhi oleh perubahan suhu lingkungan dan pembuluh darah.

Suhu pembuluh darah yang tinggi (karena suhu lingkungan tinggi) akan memberikan rangsangan terhadap hipotalamus. Oleh rangsangan tersebut, hipotalamus segera mempengaruhi kelenjar keringat untuk menyerap air, garam, urea, dan berbagai zat sisa metabolisme dari pembuluh kapiler darah. Berbagai zat ini dikeluarkan melalui saluran keringat dan pori-pori kelenjar keringat ke permukaan kulit dalam bentuk keringat. Keringat segera menguap dan suhu tubuh turun sehingga normal kembali.

Apabila keringat yang keluar terlalu berlebihan, kadar garam yang berada dalam darah bisa berkurang. Akibatnya, otot bisa mengalami kekejangan atau mungkin bisa pula pingsan. Selain itu karena pembuluh darah pada lapisan dermis mengembang, kulit wajah bisa menjadi merah. Keadaan ini dapat terjadi saat kita melakukan aktivitas fisik yang berat. Namun, sebaliknya kulit kita dapat memucat bila pembuluh darah pada dermis menyempit, misalnya saja saat kita ketakutan.

c. Hati (*hepar*)

Pada tubuh manusia, hati merupakan kelenjar besar yang memiliki peranan penting dalam sistem organ. Hati terletak pada bagian kanan di atas rongga perut (otot diafragma). Beratnya sekitar 1,5 kg atau 3-5% dari total berat tubuh kita.

Pada bagian luar hati terdapat suatu selaput tipis yang dinamakan **selaput hati** (kapsula hepatis). Darah disuplai ke dalam hati melalui dua pembuluh yaitu arteri hati dan vena porta hepatis. Arteri hati membawa darah dengan kandungan oksigen dari jantung. Sedangkan vena porta membawa darah yang mengandung sari makanan dari usus halus.

Selain berperan dalam proses pencernaan makanan, hati juga berfungsi sebagai alat ekskresi. Zat yang dikeluarkan dari hati adalah

cairan empedu. **Cairan empedu** merupakan cairan berwarna hijau kebiruan yang berfungsi dalam mencerna makanan berlemak. Cairan ini disimpan dalam suatu bagian yang disebut **kantung empedu**. Perhatikan Gambar 8.6. Zat-zat yang terkandung dalam cairan empedu yakni garam mineral, pigmen (bilirubin dan biliverdin), kolesterol, fosfolipid, dan air.

Di dalam hati terdapat sel yang berfungsi merombak sel darah merah yang sudah tua dan rusak. Sel yang demikian dinamakan **sel histiosit**. Sel darah merah yang tua dan rusak di dalam hati sekitar lebih dari 10 juta sel.

Dalam proses perombakannya, hemoglobin (Hb) dipecah menjadi zat besi (Fe), hemin, dan globin. Zat besi akan diambil dan disimpan dalam hati, yang selanjutnya dikembalikan ke sumsum tulang sehingga terbentuk eritrosit baru. Globin akan dibentuk menjadi Hb baru. Sementara hemin dipecah menjadi bilirubin dan biliverdin yang berwarna hijau biru. Zat warna empedu dikeluarkan ke usus 12 jari dan dioksidasi menjadi urobilin yang berwarna kuning coklat. Warna ini akan memberikan warna khas tersendiri pada feses dan urine yang kita keluarkan setiap harinya.

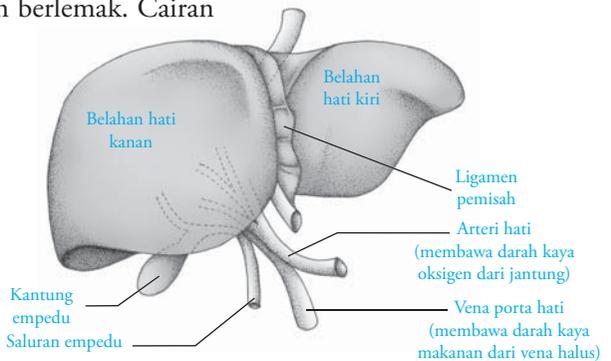
Apabila terjadi gangguan, pembuluh empedu dapat mengalami penyumbatan. Penyebabnya adalah adanya pengendapan kolesterol yang membentuk batu empedu. Akibatnya, feses yang keluar berwarna coklat abu-abu. Oleh karena pembuluh empedu mengalami penyumbatan, empedu akan masuk ke dalam peredaran darah, sehingga mengakibatkan darah berwarna kekuning-kuningan. Keadaan demikian lazim dinamakan **penyakit kuning**.

Organ hati dapat pula menghasilkan enzim arginase. **Enzim arginase** merupakan enzim yang berperan dalam proses penguraian asam amino. Prosesnya dinamakan **deaminasi**. Asam amino yang diuraikan yakni asam amino arginin menjadi ornitin dan urea. Ornitin akan mengikat amonia dan karbondioksida yang bersifat racun. Selanjutnya ornitin akan dinetralkan dalam hati. Adapun urea akan diserap ginjal untuk dikeluarkan bersama urine.

Dengan demikian, dari penjelasan di atas ada beberapa fungsi hati bagi tubuh manusia. Fungsi itu antara lain menyimpan lemak dalam bentuk glikogen, perombak dan pembentuk protein, penawar racun pada makanan, dan perombak sel darah merah.

d. Paru-Paru

Di dalam sistem ekskresi manusia, paru-paru menghasilkan karbondioksida (CO_2) dan uap air (H_2O) melalui proses pernapasan. Sebenarnya uraian proses pernapasan ini telah kita bahas pada bab sistem pernapasan. Sementara, untuk mengetahui mekanisme pengangkutan gas, kalian dapat menyelesaikan rubrik *Telisis* berikut.



Gambar 8.6 Hati manusia dan bagian-bagiannya

Coba kalian cari tahu, bagaimanakah mekanisme pengangkutan dan pertukaran gas yang terjadi pada paru-paru manusia? Kalian dapat mempelajarinya kembali pada bab sebelumnya. Presentasikan hasil yang kalian peroleh di dalam kelas.

Galeri

Biosensor

Konsentrasi zat seperti glukosa dalam urine atau darah dapat diukur oleh suatu alat yang disebut biosensor. Biosensor merupakan alat sensitif yang dapat mengukur konsentrasi rendah suatu zat. Adanya alat ini dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi gula dalam darah dan membantu penderita mengontrol gula darah yang dideritanya.

Kwan, Lam, *Biology*, 2000, hlm. 188

2. Gangguan dan Kelainan pada Sistem Ekskresi Manusia

Organ ekskresi manusia seperti ginjal, kulit, hati, dan paru-paru kadangkala dapat mengalami gangguan atau kelainan dari kondisi normalnya. Akibatnya, acapkali mengganggu mekanisme kerja sistem organ yang lain. Berikut akan dipelajari beberapa gangguan dan kelainan sistem ekskresi tersebut.

- a. **Albuminuria**, merupakan gangguan yang terjadi pada ginjal sehingga urine mengandung protein. Di dalam urine normal, sebenarnya tidak mengandung senyawa protein, asam amino, ataupun glukosa. Oleh karena itu, gangguan ini menunjukkan bila alat filtrasi pada ginjal telah rusak.
- b. **Nefritis** (radang ginjal), merupakan kerusakan pada ginjal akibat glomerulus terinfeksi bakteri *Streptococcus*. Glomerulus rusak mengakibatkan urea dan asam urat masuk lagi ke dalam darah. Akibatnya penderita akan mengalami **uremia**. Indikasi penyakit ini yakni adanya penimbunan air pada kaki atau **edema** yang terjadi karena proses penyerapan air terganggu.
- c. **Poliuria**, merupakan gangguan yang terjadi karena kemampuan rendah nefron melakukan reabsorpsi. Akibat gangguan ini, urine yang dikeluarkan oleh tubuh amat banyak dan encer.
- d. **Oligouria**, merupakan kerusakan ginjal yang menyebabkan penderita mengeluarkan urine dalam jumlah sangat sedikit atau bisa juga sama sekali tidak ada (anura).
- e. **Diabetes melitus** (kencing manis), merupakan gangguan yang disebabkan oleh adanya kandungan gula dalam urine. Kurangnya hormon insulin dari pankreas menjadikan kadar gula dalam darah sangat tinggi.
- f. **Diabetes insipidus**, merupakan gangguan ginjal yang menyebabkan penderita mengeluarkan banyak urine. Penyakit ini dapat terjadi karena penderita kekurangan hormon antidiuretika (ADH) yang disekresikan kelenjar hipofisis. Apabila hormon ADH seseorang berkurang, jumlah urine yang dihasilkan dapat naik 20-30 kali lipat.
- g. **Batu ginjal**, terbentuk dari adanya pengendapan garam kalsium di dalam rongga ginjal, saluran ginjal, atau kandung kemih. Bentuk batu ginjal seperti kristal yang tidak dapat larut. Kandungan zat yang ada di dalamnya adalah kalsium oksalat, asam urat, dan

kristal kalsium fosfat. Penyebab adanya endapan garam ini karena penderita terlalu banyak mengkonsumsi garam mineral, sedangkan air dikonsumsi hanya sedikit. Selain itu, dipengaruhi perilaku buruk penderita yang sering menahan buang air kecil.

- h. **Hematuria**, adalah peradangan atau iritasi gesekan batu ginjal pada organ urinaria sehingga menyebabkan urine mengandung darah.
- i. **Jerawat**, merupakan gangguan pada kulit karena kelenjar minyak memproduksi minyak secara berlebihan dan biasanya muncul pada masa puber.
- j. **Eksim** atau **dermatis**, gangguan kulit yang disebabkan iritasi, stres bawaan, atau juga alergi.
- k. **Panu** dan **kurap**, merupakan gangguan kulit yang menjadikan kulit kering kemerahan (pada kurap), putih (panu), gatal-gatal, dan bersisik.
- l. **Hepatitis**, merupakan peradangan sel-sel hati yang disebabkan oleh adanya virus hepatitis A, B, C, D, dan E. Penyakit ini dapat menjadi kronis, terutama hepatitis B dan C. Sedangkan hepatitis A dan E, umumnya bisa disembuhkan. Apabila kondisi dialami penderita hepatitis B semakin parah, penyakitnya dapat meningkat menjadi hepatitis D.

Gangguan dan kelainan pada sistem ekskresi tersebut, tentu ada yang dapat dilakukan pencegahan atau terapi. Untuk itu, coba kalian selesaikan rubrik *Telisik* berikut.

Telisik

Coba kalian cari dari surat kabar, majalah, tabloid, internet, atau instansi kesehatan setempat mengenai cara mencegah atau mengatasi berbagai penyakit yang terjadi pada sistem ekskresi pada manusia. Cari pula teknologi mutakhir yang dapat digunakan untuk mengatasi gangguan atau kelainan tersebut.

Nah, setelah kalian melakukan rubrik tersebut, selanjutnya selesaikan rubrik *Uji Kompetensi* berikut.

Uji Kompetensi

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

1. Sebutkan alat-alat tubuh yang berperan dalam sistem ekskresi pada manusia.
2. Sebutkan bagian-bagian ginjal yang berada pada lapisan korteks.
3. Apa yang dimaksud dengan sebum?
4. Mengapa warna feses dan urine kita berwarna kuning?
5. Apa yang menyebabkan seseorang mengalami penyakit kencing manis?

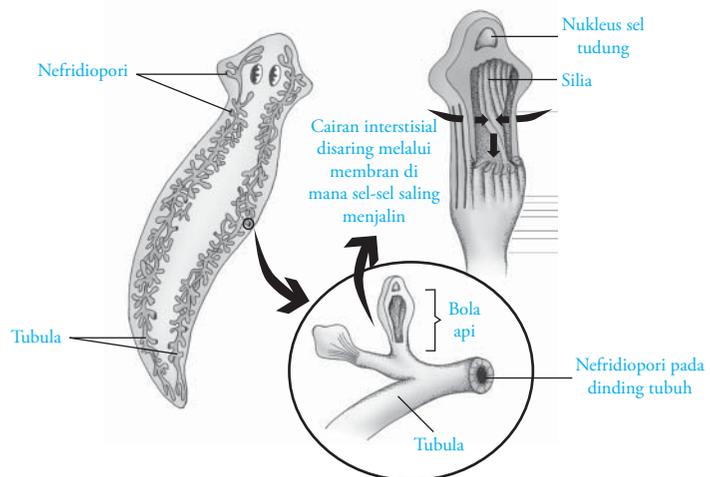
Proses metabolisme yang berlangsung dalam tubuh suatu makhluk hidup akan menghasilkan zat sisa. Zat sisa metabolisme tersebut akan dibuang melalui sistem ekskresi. Tidak berbeda dengan manusia, hewan juga mempunyai sistem ekskresi. Bagaimanakah hewan melakukan sistem ekskresi dari zat sisa hasil metabolismenya? Apakah organ ekskresinya juga sama seperti manusia? Untuk mengetahuinya simak dan pahami uraian berikut.

B. Sistem Ekskresi pada Hewan

Sistem ekskresi pada setiap hewan tidaklah sama. Sebab, setiap hewan memiliki organ ekskresi dan tingkat kehidupan yang berbeda. Bahasan berikut akan mengulas sistem ekskresi pada beberapa hewan, baik invertebrata maupun vertebrata.

1. Sistem Ekskresi pada Cacing Pipih

Cacing pipih (Filum Platyhelminthes) mempunyai alat ekskresi yang sangat sederhana. Misalnya saja Planaria. Planaria mempunyai alat ekskresi berupa **sel api** yang terdapat pada bagian kanan dan kiri tubuhnya. Setiap sel api yang berada pada tubuh makhluk ini memiliki rambut getar (silia). Saluran yang berperan dalam proses ekskresi Planaria dinamakan **protonefridium**. Lihat Gambar 8.7.



Gambar 8.7 Alat-alat ekskresi Planaria

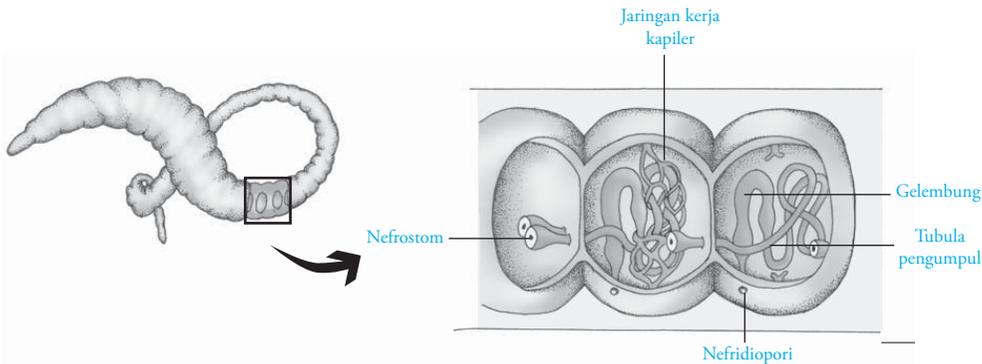
Pergerakan rambut getar akan menarik air dan zat terlarut ke dalam sel api untuk disaring. Getaran silia akan mendorong sisa metabolisme keluar tubuh melalui suatu lubang pengeluaran yang disebut **nefridiopori**.

2. Sistem Ekskresi Cacing Tanah

Sesama hewan invertebrata, ternyata cacing pipih dan cacing tanah (Filum Annelida) memiliki alat ekskresi yang berbeda. Cacing tanah memiliki alat ekskresi khusus yang terdapat pada setiap segmen tubuhnya. Alat ekskresi ini dinamakan **nefridium** (jamak: **nefridia**).

Pada setiap segmen tubuh cacing tanah terdapat sepasang nefridium. Hanya tiga segmen pertama dan segmen terakhir saja yang tidak terdapat alat ekskresi ini.

Nefridium dilengkapi corong bersilia dan terbuka yang terletak pada sekat pemisah antarsegmen tubuh. Alat ini disebut **nepfrostom**. Nefrostom berfungsi sebagai penarik cairan tubuh dari satu segmen ke segmen lainnya. Sementara, sisa metabolisme akan dikeluarkan melalui sebuah lubang yang disebut **nepfridiopori**. Perhatikan Gambar 8.9.



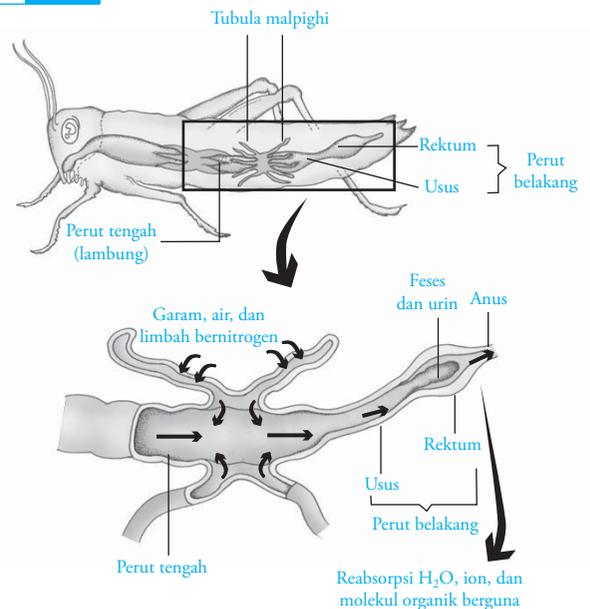
Gambar 8.9 Alat-alat ekskresi cacing tanah

Saat silia pada nefrostom bergetar, cairan tubuh dari segmen di sebelahnya akan mengalir ke dalam nefridium. Pada nefridium ini, zat berguna seperti glukosa dan ion-ion diserap oleh darah untuk dialirkan melalui pembuluh kapiler. Sedangkan zat sisa seperti air, senyawa nitrogen, dan garam yang tidak berguna oleh tubuh dikeluarkan melalui nefridiopori.

3. Sistem Ekskresi pada Serangga

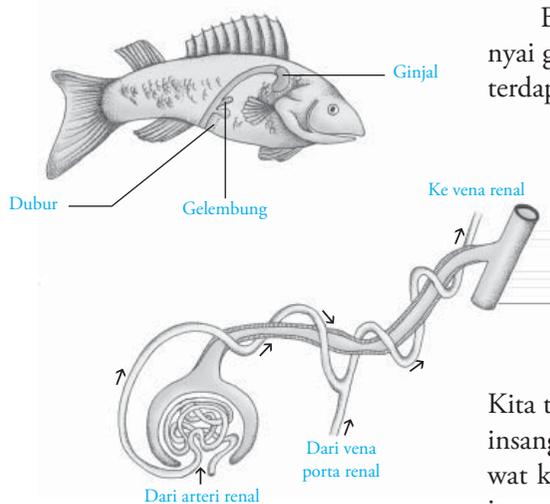
Serangga memiliki tingkatan hidup yang lebih tinggi daripada cacing pipih dan cacing tanah. Oleh karena itu, alat ekskresinya pun lebih sempurna. Alat ekskresi serangga dan Artropoda lainnya adalah tubula atau **pembuluh Malpighi**. Pembuluh Malpighi merupakan pelipatan saluran pencernaan yang berada pada homosol dan ujungnya tergenang dalam darah (hemolimfa). Tepatnya terletak di antara perut tengah dan usus.

Pembuluh Malpighi ini akan menyekresikan zat sisa berupa urea, limbah nitrogen, dan garam secara osmosis dari hemolimfa menuju lumen (rongga pembuluh). Sebagian besar zat-zat yang berguna diserap kembali (reabsorpsi) melewati jaringan epitelium pada rektum dan diedarkan ke seluruh tubuh oleh hemolimfa. Sebaliknya, limbah bernitrogen mengendap menjadi asam urat yang dikeluarkan bersama feses lewat anus. Cermati Gambar 8.10.



Gambar 8.10 Alat-alat ekskresi serangga (belalang)

4. Sistem Ekskresi pada Ikan



Gambar 8.11 Alat ekskresi ikan

Berbeda dengan invertebrata, seluruh vertebrata mempunyai ginjal sebagai alat ekskresi. Misalnya saja ikan. Pada ikan terdapat ginjal berjumlah sepasang dan berwarna kemerah-merahan. Beberapa jenis ikan memiliki suatu saluran yang merupakan gabungan saluran ginjal dan saluran kelamin. Saluran ini dinamakan **saluran urogenital**. Letak saluran urogenital berdekatan dengan anus. Namun, ada beberapa jenis ikan lainnya yang memiliki kloaka.

Sisa metabolisme seperti karbondioksida dan urine akan dikeluarkan melalui alat ekskresi ikan. Kita tahu bahwa ikan ada yang bernapas lewat paru-paru dan insang. Jenis ikan yang demikian mengeluarkan urinenya lewat kloaka. Sementara, karbon dioksida dikeluarkan melalui insangnya. Sementara ikan yang bernapas dengan paru-paru, karbondioksida dikeluarkan lewat paru-paru.

Ikan air tawar dan ikan air laut juga memiliki mekanisme ekskresi yang berbeda. Kandungan amonia pada urine dikeluarkan oleh ikan air tawar dalam jumlah banyak, sementara oksigen yang diperlukan sangat besar. Di pihak lain, ikan air laut berperilaku sebaliknya. Kandungan amonia dalam urine ikan air laut dikeluarkan dengan jumlah sedikit, sedangkan oksigen yang dibutuhkan dalam proses respirasi sangat sedikit.

Nah, dari berbagai sistem ekskresi hewan di atas, nampak bahwa setiap hewan memiliki sistem dan alat ekskresi yang berbeda. Untuk mengetahui lebih dalam, coba selesaikan rubrik *Telisik* berikut.

Telisik

Bersama kelompok kalian, coba cari perbedaan sistem ekskresi cacing pipih, cacing tanah, serangga, dan ikan. Kemudian, bandingkan pula dengan sistem ekskresi pada manusia. Kalian dapat melaporkan hasilnya kepada Bapak/Ibu Guru.

Berikutnya, setelah kalian melakukan rubrik *Telisik* tersebut, kalian dapat menyelesaikan *Uji Kompetensi* berikut.

Uji Kompetensi

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

1. Apakah perbedaan antara alat ekskresi pada cacing pipih dan cacing tanah?
2. Bagaimanakah sistem ekskresi yang terdapat pada serangga?
3. Adakah perbedaan sistem ekskresi ikan air tawar dan ikan air laut? Jelaskan.

Ikhtisar

1. Proses pengeluaran zat-zat sisa merupakan hasil suatu proses di dalam tubuh yang dinamakan ekskresi.
2. Alat pengeluaran yang penting dalam tubuh adalah ginjal (*ren*), paru-paru (*pulmo*), hati (*hepar*), dan kulit (*integumen*). Ekskresi ginjal berupa urine, ekskresi paru-paru meliputi karbon dioksida dan uap air, ekskresi hati berupa cairan empedu, dan ekskresi kulit berupa keringat.
3. Ginjal manusia terdiri atas dua lapisan yakni korteks (luar) dan medula (dalam). Bagian-bagian yang terdapat pada korteks meliputi nefron yang tersusun atas badan Mapighi, kapsula Bowman dan tubulus-tubulus. Sedangkan bagian medula meliputi lengkung Henle dan tubulus kolektipus.
4. Proses pembentukan urine dalam ginjal melalui tiga tahap, yaitu tahap filtrasi (penyaringan), tahap reabsorpsi (penyerapan kembali), dan tahap augmentasi (pengeluaran zat).
5. Kulit tersusun atas dua lapisan, yakni lapisan pelindung luar yang disebut epidermis dan lapisan pelindung dalam yang disebut dermis. Lapisan epidermis (kulit ari) terdapat stratum korneum, stratum granulosum, dan lapisan Malpighi. Lapisan dermis (kulit jangat) terdiri atas pembuluh darah, rambut, ujung saraf, kelenjar keringat (*glandula sudorifora*), kelenjar minyak (*glandula sebacea*), dan jaringan lemak kulit.
6. Hati mengekskresikan cairan yang disimpan dalam suatu bagian, yang disebut kantung empedu. Zat-zat yang terkandung dalam cairan empedu yakni garam mineral, pigmen (bilirubin dan biliverdin), kolesterol, fosfolipid, dan air.
7. Gangguan dan kelainan sistem ekskresi manusia antara lain albuminuria, nefritis (radang ginjal), poliuria, oligouria, diabetes mellitus (kencing manis), diabetes insipidus, batu ginjal, hematuria, jerawat, eksim, panu, kurap, penyakit kuning, hepatitis, dan lain-lain.
8. Cacing pipih memiliki alat ekskresi berupa sel api; alat ekskresi cacing tanah berupa nefridia, alat ekskresi serangga yakni pembuluh Malpighi; dan alat ekskresi ikan berupa ginjal dan insang.

Senarai kata

Albino Penyakit keturunan dengan penampakan kulit berwarna putih mirip bule

Deaminasi Proses pemisahan gugus amine (NH_3) dari suatu senyawa

Defekasi Proses pengeluaran sisa-sisa pencernaan makanan yang disebut feces dan dikeluarkan melalui anus

Hemolimfa Cairan tubuh yang berasal dari pembuluh darah terbuka

Homeostatis Proses penjagaan stabilitas suhu tubuh

Sekresi Proses pengeluaran getah oleh sel dan kelenjar

Sel histiosit Sel hati yang berperan dalam proses perombakan sel darah merah yang sudah tua dan rusak

Selaput hati Suatu selubung atau lapisan yang melindungi hati

Sisa metabolisme Zat sisa yang dihasilkan dari proses kimiawi dalam tubuh

Tubulus Pembuluh, pipa halus

Torso Tubuh selain kepala dan anggota badan

Ureter Pipa/saluran yang menyalurkan urine dari ginjal menuju kantung kemih

Uretra Saluran kencing yang menyalurkan urine menuju luar tubuh

Ulangan Harian

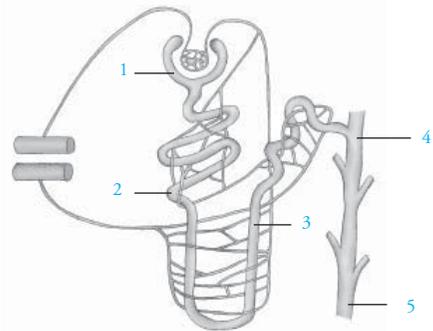
A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

- Proses pengeluaran zat-zat dari dalam tubuh manusia yang tidak mengalami metabolisme disebut
 - eliminasi
 - defekasi
 - ekskresi
 - sekresi
 - gutasi
- Di bawah ini yang termasuk peristiwa ekskresi adalah pengeluaran
 - air mata
 - air liur
 - feses
 - keringat
 - HCL pada lambung
- NH_3 sebagai hasil metabolisme protein, dan CO_2 sebagai hasil respirasi dapat membentuk urea yang kemudian dibersihkan. Pembentukan urea itu terjadi di dalam
 - hati
 - ginjal
 - kantong urine
 - usus besar
 - usus halus
- Volume air yang dikeluarkan dalam tubuh tergantung pada
 - jumlah garam yang dikonsumsi
 - kerja hormon pepsin
 - jumlah air dalam sel
 - jumlah hormon dalam tubuh
 - jumlah air di dalam jaringan
- Di bawah ini proses pembentukan urine dalam ginjal yang benar adalah
 - filtrasi → augmentasi → absorpsi
 - filtrasi → absorpsi → augmentasi
 - absorpsi → filtrasi → augmentasi
 - absorpsi → augmentasi → absorpsi
 - augmentasi → filtrasi → absorpsi
- Fungsi hati selain untuk menyimpan gula, perombakan protein dan perombakan darah merah, juga berfungsi untuk
 - memperlancar peredaran darah
 - menyimpan protein
 - membentuk asam belerang
 - mengangkut sari makanan
 - menawarkan racun
- Zat-zat di bawah ini yang direabsorpsi tubulus distal pada ginjal sehingga menghasilkan urine sekunder adalah
 - glukosa, garam-garaman, air, urea
 - glukosa, asam lemak, asam amino, urea
 - glukosa, karbonat, asam amino, urea
 - glukosa, disakarida, asam amino, urea
 - glukosa, urea, asam lemak, vitamin
- Terbentuknya urine sekunder adalah hasil proses
 - filtrasi
 - augmentasi
 - reabsorpsi
 - glomerulus
 - kapsula Bowman
- Apabila ada gejala keracunan dalam tubuh, organ yang paling bertanggung jawab untuk menawarkannya adalah
 - hati
 - jantung
 - paru-paru
 - ginjal
 - kelenjar endokrin
- Fungsi kulit pada manusia adalah sebagai
 - tempat cadangan makanan
 - benteng pertahanan mekanis
 - menentukan bentuk tubuh
 - tempat penimbunan protein
 - tempat penimbunan glikogen
- Lapisan kulit yang jaringannya selalu membentuk sel-sel baru adalah jaringan . . .
 - stratum lusidium
 - stratum korneum
 - stratum granulosum

- d. stratum germinativum
 - e. lapisan dermis
12. Pengeluaran keringat oleh tubuh kita dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti tersebut di bawah ini, **kecuali**
 - a. suhu lingkungan
 - b. guncangan emosi
 - c. kegiatan tubuh
 - d. umur dan jenis kelamin
 - e. rangsangan simpatik
 13. Gangguan ginjal karena adanya kegagalan nefron dalam melakukan reabsorpsi dapat menyebabkan
 - a. albuminuria
 - b. oligouria
 - c. nefritis
 - d. poliuria
 - e. diabetes mellitus
 14. Bila urine yang dikeluarkan seorang mengandung sel darah merah, hal ini menunjukkan adanya peradangan pada
 - a. korteks
 - b. glomerulus
 - c. medulla
 - d. pelvis renalis
 - e. vesica urinaria
 15. Pengeluaran urine secara berlebihan atau diabetes insipidus disebabkan karena
 - a. rusaknya alat korteks ginjal
 - b. peradangan bagian korteks ginjal
 - c. terlalu banyak minum air
 - d. kekurangan hormon insulin
 - e. kekurangan hormon antidiuretika
 16. Di bawah ini merupakan fungsi ginjal, **kecuali**
 - a. mengekskresikan zat-zat yang berlebih
 - b. membuang zat-zat yang berlebih
 - c. mempertahankan homeostasis
 - d. mempertahankan tubuh dari berbagai penyakit
 - e. mempertahankan keseimbangan asam dan basa
 17. Badan Malphigi ginjal terdiri atas
 - a. kapsul Bowman dan glomerulus
 - b. glomerulus dan tubulus

- c. lengkung Henley dan tubulus
- d. glomerulus dan lengkung Henley
- e. glomerulus dan nefron

18. Proses filtrasi pada bagian yang bernomor



- a. 5
 - b. 4
 - c. 3
 - d. 2
 - e. 1
19. Pernyataan berikut benar untuk filtrat yang merupakan hasil filtrasi pada ginjal adalah
 - a. mengandung zat yang berbahaya
 - b. kandungan zatnya sama dengan urine
 - c. kandungan zatnya sama dengan hasil reabsorpsi
 - d. mengandung zat sisa dan zat yang berguna
 - e. mengandung zat bermanfaat saja
 20. Diabetes mellitus terjadi karena kegagalan
 - a. glomerulus mengadakan filtrasi
 - b. hati menghasilkan enzim amilase
 - c. pankreas memproduksi insulin
 - d. pankreas memproduksi enzim amilase
 - e. kelebihan ADH di dalam darah

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

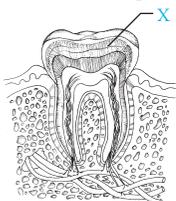
1. Dalam sistem pengeluaran ada istilah ekskresi, sekresi dan defekasi. Jelaskan istilah tersebut.
2. Bagian ginjal yang berperan sebagai pelak-sana dalam proses penyaringan darah adalah nefron. Sebutkan bagian-bagian nefron.

4. Sebutkan bagian-bagian yang menyusun dermis kulit.
 3. Di dalam ginjal terjadi rangkaian proses pembentukan urine yaitu filtrasi, reabsorpsi dan augmentasi. Jelaskan proses-proses tersebut.
 5. Fungsi alat ekskresi manusia yang berupa kulit adalah sebagai tempat pembuatan vitamin dan tempat menyimpan kelebihan lemak. Jelaskan fungsi tersebut.
6. Bagaimanakah mekanisme pengeluaran keringat?
 7. Apakah peran sel histiosit dalam hati?
 8. Sebutkan 5 gangguan sistem ekskresi pada manusia.
 9. Bagaimanakah proses terjadinya ekskresi pada Planaria?
 10. Apa yang menyebabkan perbedaan sistem ekskresi pada setiap hewan?

Latihan Ulangan Tengah Semester II

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

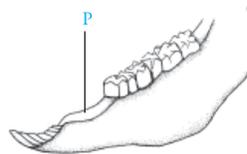
- Makanan yang mudah dicerna, higienis (bersih), gizi seimbang, dan mengandung cukup air adalah ciri makanan
 - bergizi
 - berkecukupan
 - sehat
 - higienis
 - sempurna
- Salah satu bentuk karbohidrat yang berjenis disakarida adalah
 - glukosa
 - fruktosa
 - galaktosa
 - manosa
 - sukrosa
- Perhatikan beberapa ciri lemak berikut.
 - Dapat disintesis dalam tubuh
 - Tidak dapat disintesis dalam tubuh
 - Terdapat pada lemak hewani
 - Berbentuk padatCiri asam lemak jenuh ditunjukkan oleh nomor
 - 1 dan 3 saja
 - 1 dan 4 saja
 - 1, 3, 4
 - 2, 3, 4
 - 2
- Protein di dalam tubuh berfungsi
 - membangun sel dan jaringan baru
 - sumber energi utama
 - mencegah tubuh kehilangan panas yang terlalu banyak
 - memelihara kesehatan mata, kulit, tulang, dan gigi
 - pembentukan eritrosit
- Perhatikan gambar berikut.



Bagian gigi yang berlabel X dinamakan ... dan berfungsi

- pulpa, sebagai pelindung gigi
- email, sebagai pelindung gigi
- dentin, mengalirkan darah ke seluruh bagian gigi

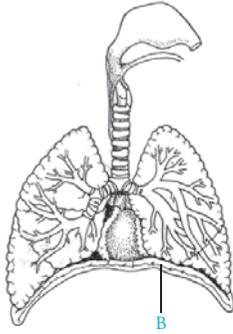
- gusi, pelindung gigi dari benturan benda keras
 - akar gigi, menancap di dalam gusi
- Setelah feses terkumpul pada rektum, feses akan dikeluarkan melewati anus dengan suatu proses yang dinamakan
 - netralisasi
 - osifikasi
 - transportasi
 - defikasi
 - ekskresi
 - Perhatikan gambar struktur rahang bawah hewan ruminansia berikut.



Pada gambar tersebut yang berlabel P berfungsi

- mengunyah makanan
 - menggigit makanan
 - memotong makanan
 - tempat penjurulan lidah
 - penjepit makanan
- Di dalam hidung terdapat mukus atau lendir yang berfungsi....
 - membasahi lapisan dalam hidung
 - menyaring udara kotor yang masuk
 - mengatur kelembaban udara
 - memberi aroma pada bau yang masuk ke dalam hidung
 - menyekresikan enzim tertentu
 - Proses pertukaran gas O_2 dan CO_2 saat kita bernapas sebenarnya terjadi di dalam
 - bronkus
 - bronkiolus
 - alveolus
 - pleura
 - pembuluh kapiler darah
 - Salah satu gangguan yang terjadi pada sistem pernapasan adalah
 - influenza
 - arterioskleriosis
 - arthritis
 - hipermetropi
 - pneumonia

11. Perhatikan gambar berikut.



Bagian berlabel B disebut

- trakea
- diafragma
- paru-paru
- esofagus
- bronkus

12. Udara yang kita hirup dan hembuskan dengan volume sebesar 500 cm^3 atau 500 cc adalah volume udara

- tidal
- komplementer
- suplementer
- residu
- normal

13. Alat yang digunakan serangga untuk melakukan pernapasan dinamakan

- paru-paru
- kulit
- trakea
- spirakel
- insang

14. Saat burung terbang bernapas menggunakan ..., sedangkan saat istirahat pernapasannya menggunakan

- glotis, paru-paru
- paru-paru, glotis
- kantung udara, glotis
- kantung udara, paru-paru
- paru-paru, kantung udara

15. Yang termasuk bagian dari ginjal adalah

- pleura
- kapsul Bowman
- filtrat glomerulus
- filtrat tubulus
- diuresis

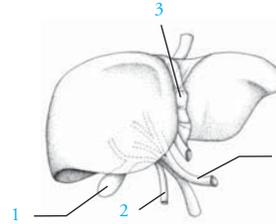
16. Lapisan dalam kulit disusun oleh bagian yang disebut

- kulit ari
- stratum korneum
- stratum granulosum
- badan Malpighi
- lapisan Malpighi

17. Kelenjar minyak pada kulit dapat menghasilkan minyak yang dinamakan dengan

- keratin
- sebum
- bradikinin
- empedu
- urine

18. Perhatikan gambar berikut.



Bagian hati yang menyimpan cairan hijau kebiruan ditunjukkan oleh nomor

- 5
- 4
- 3
- 2
- 1

19. Gangguan atau kelainan yang dapat terjadi pada sistem ekskresi manusia adalah

- arterioskleriosis
- arthritis
- hipermetropi
- pneumonia
- diabetes mellitus

20. Alat yang digunakan planaria untuk melakukan ekskresi sisa metabolisme dinamakan

- sel api
- protonefridium
- nefridiopori
- nefrostrom
- pembuluh Malpighi

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

- Sebutkan beberapa jenis makanan yang mengandung vitamin A.
- Sebutkan dan jelaskan enzim yang disekresikan dalam lambung saat berlangsung proses pencernaan makanan.
- Apakah perbedaan mekanisme inspirasi dan ekspirasi pada pernapasan manusia?
- Bagaimanakah proses yang terjadi pada pencernaan manusia?
- Bagaimanakah proses terjadinya pernapasan perut?
- Jelaskan sistem pernapasan yang terjadi pada protozoa.
- Sebutkan alat ekskresi dan zat yang diekskresikan dalam sistem ekskresi manusia.
- Bagaimanakah proses terjadinya pembentukan urine?
- Apakah fungsi kulit bagi tubuh?
- Apakah perbedaan mekanisme ekskresi ikan air laut dan ikan air tawar?

B a b IX

Sistem Regulasi pada Manusia



Dok. PIM

Apabila kalian mendengar suara halilintar yang menggelegar disertai sambaran kilat, apa yang kalian lakukan? Mungkin kalian akan berteriak keras sambil menutup telinga. Bahkan, mungkin kalian juga merasakan jantung berdegup lebih kencang. Padahal, dalam kondisi normal, kalian tidak mengalami keadaan tersebut. Mengapa hal itu dapat terjadi? Adakah sistem tertentu dalam tubuh yang mengatur hal itu? Dengan menyimak materi tentang sistem regulasi manusia, kalian akan menemukan jawabannya.

Kata Kunci

- Saraf
- Indra
- Endokrin
- Hormon
- Rangsangan

Kini kita akan mempelajari beberapa hal, yakni struktur dan fungsi sistem regulasi (seperti saraf, endokrin, dan indra). Kemudian, kita juga akan mempelajari proses regulasi yang bekerja sesuai rangsangan dan koordinasi secara mantap. Berikutnya, berbagai kelainan atau penyakit pada sistem regulasi perlu kita ketahui pula.

Dengan semua itu, kalian diharapkan mampu menjelaskan keterkaitan antara struktur, fungsi, dan proses pada sistem regulasi manusia. Selain itu, kalian juga diharapkan mampu mengidentifikasi berbagai gangguan pada sistem tersebut termasuk cara mengatasinya.

A. Sistem Saraf pada Manusia

Kita dapat merasakan makanan, memahami bacaan, melihat, dan melakukan berbagai aktivitas tidak terjadi secara sendirinya. Namun, Tuhan Yang Maha Esa telah memberikan mekanisme yang canggih untuk mengkoordinasi terjadinya segala aktivitas tersebut. Nah, adanya sistem saraf dalam tubuh menjadikan semua aktivitas yang kita lakukan berjalan dengan semestinya.

Untuk mempelajari sistem saraf secara mendalam, ada baiknya bila kalian lakukan terlebih dahulu rubrik *Diskusi* berikut.

Diskusi

Bersama kelompok kalian, coba diskusikan kejadian berikut.

1. Sewaktu kalian berjalan, tiba-tiba tersandung batu. Seketika kalian mengucapkan "Aduh!", dan kemungkinan kalian segera memegang kaki yang tersandung tersebut. Mengapa kalian tiba-tiba mengucapkan kata "Aduh" tersebut? Adakah kaitannya dengan sistem saraf yang kalian miliki?
2. Suatu kali, kalian membantu ibu memasak makanan di dapur. Setelah selesai, kalian mencoba rasa masakan tersebut. Seketika kalian mengatakan "Wah, lezat sekali...!". Apa yang menyebabkan kalian mengungkapkan rasa lezat masakan tersebut? Adakah juga kaitan dengan sistem saraf dalam tubuh kalian?

Rasa nikmat dan lezat dari setiap makanan yang dirasakan dipengaruhi oleh adanya rangsangan pada lidah. Ungkapan rasa sakit seperti mengucapkan kata "aduh" juga terkait rangsangan pada bagian tertentu tubuh kita. Oleh karena itu, **rangsangan (stimulus)** diartikan sebagai segala sesuatu yang menyebabkan perubahan pada tubuh atau bagian tubuh tertentu. Sedangkan alat tubuh yang menerima rangsangan tersebut dinamakan **indra (reseptor)**.

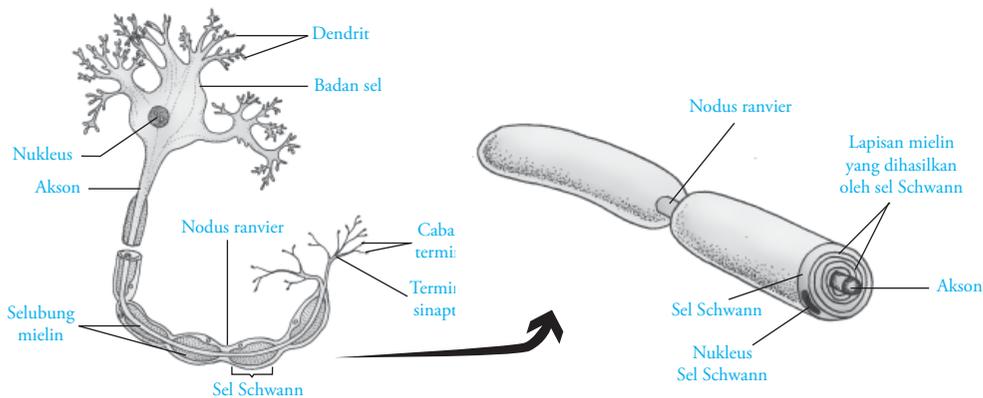
Adanya reseptor, memungkinkan rangsangan dihantarkan menuju sistem saraf pusat. Di dalam saraf pusat, rangsangan akan diolah untuk dikirim kembali menuju efektor, seperti otot dan tulang oleh suatu sel saraf sehingga terjadi tanggapan (*respons*).

Sementara itu, rangsangan yang menuju tubuh dapat berasal dari luar dan dalam tubuh. Rangsangan yang berasal dari luar tubuh misalnya bau, rasa (seperti pahit, manis, asam, dan asin), sentuhan, cahaya, suhu, tekanan, dan gaya berat. Rangsangan semacam ini akan diterima oleh indra penerima yang disebut **reseptor luar (eksteroseptor)**.

Sedangkan rangsangan yang berasal dari dalam tubuh misalnya rasa lapar, kenyang, nyeri, maupun kelelahan akan diterima oleh indra yang dinamakan **reseptor dalam (interoceptor)**. Tentu semua rangsangan ini dapat kita rasakan karena pada tubuh kita terdapat sel-sel reseptor. Untuk mengenal lebih dalam, mari kita simak bahasan tentang sel saraf.

1. Sel Saraf (Neuron)

Sistem saraf tersusun atas miliaran sel yang sangat khusus yang disebut **sel saraf (neuron)**. Setiap neuron tersusun atas badan sel, dendrit, dan akson (neurit). Lihat Gambar 9.1.



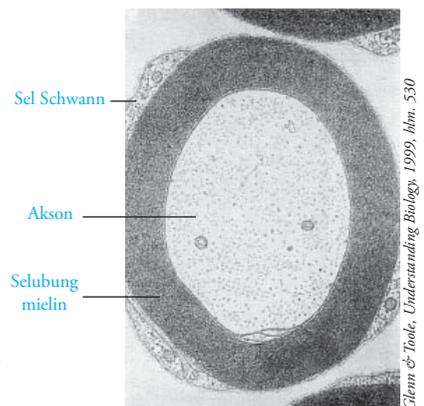
Gambar 9.1 Struktur sel saraf

Badan sel merupakan bagian sel saraf yang mengandung nukleus (inti sel) dan tersusun pula sitoplasma yang bergranuler dengan warna kelabu. Di dalamnya juga terdapat membran sel, nukleolus (anak inti sel), dan retikulum endoplasma. Retikulum endoplasma tersebut memiliki struktur berkelompok yang disebut **badan Nissl**.

Pada badan sel terdapat bagian yang berupa serabut dengan penjurulan pendek. Bagian ini disebut **dendrit**. Dendrit memiliki struktur yang bercabang-cabang (seperti pohon) dengan berbagai bentuk dan ukuran. Fungsi dendrit adalah menerima impuls (rangsang) yang datang dari reseptor. Kemudian impuls tersebut dibawa menuju ke badan sel saraf.

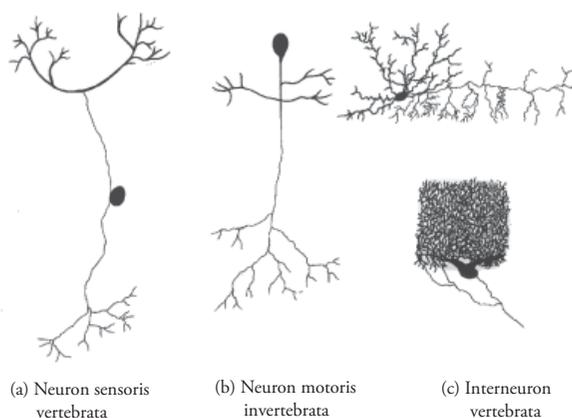
Selain itu, pada badan sel juga terdapat penjurulan panjang dan kebanyakan tidak bercabang. Namanya adalah **akson** atau **neurit**. Akson berperan dalam menghantarkan impuls dari badan sel menuju efektor, seperti otot dan kelenjar. Walaupun diameter akson hanya beberapa mikrometer, namun panjangnya bisa mencapai 1 hingga 2 meter.

Supaya informasi atau impuls yang dibawa tidak bocor (sebagai isolator), akson dilindungi oleh selubung lemak yang kemilau. Kita bisa menyebutnya **selubung mielin**. Selubung mielin dikelilingi oleh **sel-sel Schwann**. Selubung mielin tersebut dihasilkan oleh sel-sel pendukung yang disebut **oligodendrosit**. Sementara itu, pada akson terdapat bagian yang tidak terlindungi oleh selubung mielin. Bagian ini disebut **nodus Ranvier**, yang berfungsi memperbanyak impuls saraf atau mempercepat jalannya impuls.



Gambar 9.2 Selubung mielin

Berdasarkan struktur dan fungsinya, neuron dikelompokkan dalam tiga bagian, yaitu neuron sensorik, neuron motorik, dan interneuron. Cermati Gambar 9.3.

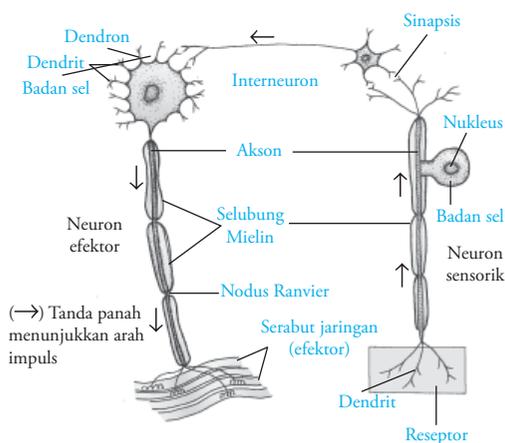


Gambar 9.3 Pengelompokan neuron berdasarkan struktur dan fungsi

Neuron sensorik merupakan neuron yang memiliki badan sel bergerombol membentuk **simpul saraf** atau **ganglion** (jamak = ganglia). Dendritnya berhubungan dengan neurit neuron lain, sedangkan neuritnya berkaitan dengan dendrit neuron lain. Fungsi neuron sensorik yakni meneruskan impuls (rangsangan) dari reseptor menuju sistem saraf pusat (otak dan sumsum tulang belakang). Oleh karena itu, neuron sensorik disebut pula **neuron indra**.

Sementara itu, **neuron motorik** merupakan neuron yang berperan meneruskan impuls dari sistem saraf pusat ke otot dan kelenjar yang akan melakukan respon tubuh. Karena perannya ini, neuron motorik disebut pula **neuron penggerak**. Dendrit neuron motorik berhubungan dengan neurit neuron lain, adapun neuritnya berkaitan dengan efektor (otot dan kelenjar).

Antara neuron sensorik dan neuron motorik dihubungkan oleh **interneuron** atau **neuron ajutor** dengan letak yang berada pada otak dan sumsum tulang belakang. Interneuron merupakan neuron yang membawa impuls dari sensorik atau interneuron lain. Karena itu, interneuron disebut pula **neuron konektor**.



Gambar 9.4 Hubungan antara neuron sensorik, neuron motorik, dan interneuron

2. Mekanisme Penghantaran Impuls Saraf

Seperti halnya jaringan komputer, sistem saraf mengirimkan sinyal-sinyal listrik yang sangat kecil dan bolak-balik, dengan membawa informasi dari satu bagian tubuh ke bagian tubuh yang lain. Sinyal listrik tersebut dinamakan **impuls (rangsangan)**. Ada dua cara yang dilakukan neuron sensorik untuk menghantarkan impuls tersebut, yakni melalui membran sel atau membran plasma dan sinapsis.

a. Penghantaran Impuls Saraf melalui Membran Plasma

Di dalam neuron, sebenarnya terdapat membran plasma yang sifatnya semipermeabel. Membran plasma neuron tersebut berfungsi melindungi cairan sitoplasma yang berada di dalamnya. Hanya ion-ion tertentu akan dapat bertransport aktif melewati membran plasma menuju membran plasma neuron lain.

Apabila tidak terdapat rangsangan atau neuron dalam keadaan istirahat, sitoplasma di dalam membran plasma bermuatan listrik negatif, sedangkan cairan di luar membran bermuatan positif. Keadaan yang demikian dinamakan **polarisasi** atau **potensial istirahat**. Perbedaan muatan ini terjadi karena adanya mekanisme transpor aktif yakni pompa natrium-kalium. Konsentrasi ion natrium (Na^+) di luar membran plasma dari suatu akson neuron lebih tinggi dibandingkan konsentrasi di dalamnya. Sebaliknya, konsentrasi ion kalium (K^+) di dalamnya lebih besar daripada di luar. Akibatnya, mekanisme transpor aktif terjadi pada membran plasma.

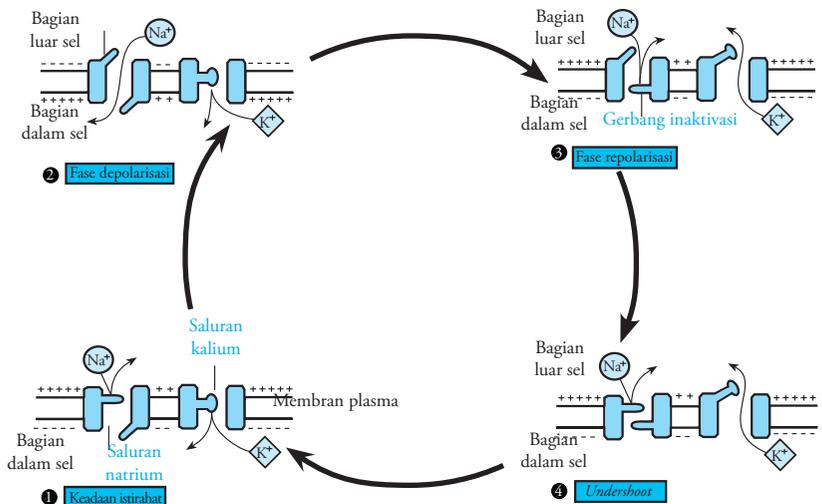
Kemudian, apabila neuron dirangsang dengan kuat, permeabilitas membran plasma terhadap ion Na^+ berubah meningkat. Peningkatan permeabilitas membran ini menjadikan ion Na^+ berdifusi ke dalam membran, sehingga muatan sitoplasma berubah menjadi positif. Fase seperti ini dinamakan **depolarisasi** atau **potensial aksi**.

Sementara itu, ion K^+ akan segera berdifusi keluar melewati membran plasma. Fase ini dinamakan **repolarisasi**. Perbedaan muatan pada bagian yang mengalami polarisasi dan depolarisasi akan menimbulkan arus listrik.

Galeri

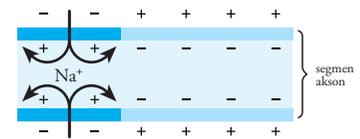
Potensial membran adalah voltase yang terukur saat melintasi membran. Voltase ini biasanya berkisar -50 sampai -100 mV. Neuron yang sedang istirahat mempunyai potensial membran -70 mV.

Campbell, Reece, Mitchell, *Biologi 3*, hlm. 204

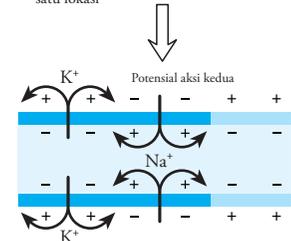


Gambar 9.5 Mekanisme penghantaran impuls melalui membran plasma neuron

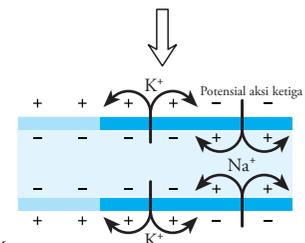
Nah, kondisi depolarisasi ini akan berlangsung secara terus-menerus, sehingga menyebabkan arus listrik. Dengan demikian, **impuls saraf** akan terhantar sepanjang akson. Setelah impuls terhantar, bagian yang mengalami depolarisasi akan mengalami fase istirahat kembali dan tidak



1 Potensial aksi dibangkitkan ketika ion natrium mengalir ke dalam melintasi membran pada satu lokasi



2 Depolarisasi potensial aksi pertama telah menyebar ke wilayah yang bersebelahan pada membran tersebut, mendepolarisasi wilayah itu dan memulai potensial aksi kedua. Pada lokasi potensial aksi pertama, membran mengalami repolarisasi ketika K^+ mengalir keluar.



Dok. PIM

ada impuls yang lewat. Waktu pemulihan ini dinamakan **fase refraktori** atau *undershoot*.

b. Penghantaran Impuls Saraf melalui Sinapsis

Selain melalui membran plasma, impuls juga dihantarkan melalui sinapsis. Sinapsis merupakan persambungan unik yang mengendalikan komunikasi antar satu neuron dengan sel-sel lain. Sinapsis dapat ditemukan antara dua neuron, antara reseptor sensorik dan neuron sensoris, antara neuron motoris dan sel otot yang dikontrolnya. Selain itu, sinapsis dapat ditemukan antara neuron dengan sel kelenjar.

1) Struktur Sinapsis

Pada setiap neuron, terminal aksonnya membengkak membentuk suatu tonjolan kecil yang disebut **tombol sinapsis**. Permukaan membran tombol sinapsis ini dinamakan **membran prasinapsis** yang menghantarkan impuls dari terminal sinapsis menuju dendrit atau badan sel berikutnya. Impuls tersebut akan diterima oleh permukaan membran dendrit atau badan sel yang dituju. Membran yang demikian dinamakan **membran pascasinapsis**. Di antara kedua membran ini dipisahkan oleh suatu celah yang disebut **celah sinapsis**.

Di dalam tombol sinapsis terdapat suatu zat kimia yang dapat menghantarkan impuls ke neuron berikutnya. Zat yang demikian dinamakan **neurotransmitter**. Saat menghantarkan implus, dalam sitoplasma neurotransmitter dibawa oleh banyak kantung dalam sitoplasma, yang disebut **vesikula sinapsis**. Ada berbagai macam jenis neurotransmitter, contohnya asetilkolin, dopamine, noradrenalin, dan serotonin. Asetilkolin berada pada seluruh sistem saraf; sementara noradrenalin berada pada sistem saraf simpatik; sementara dopamine dan serotonin terdapat pada otak. Asetilkolin dan noradrenalin merupakan salah dua neurotransmitter utama yang terdapat pada mammalia.

2) Mekanisme Kerja Sinapsis

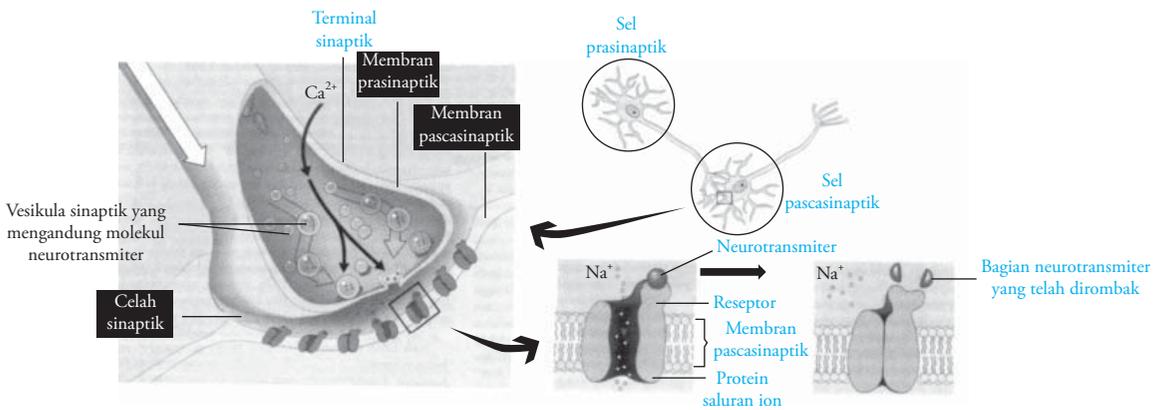
Apabila impuls sampai pada tombol sinapsis, segera neuron mengirimkan neurotransmitter. Selanjutnya, neurotransmitter dibawa oleh vesikula sinapsis menuju membran prasinapsis. Kedatangan impuls tersebut membuat permeabilitas membran prasinapsis terhadap ion Ca^{2+} meningkat (terjadi depolarisasi). Sehingga, ion Ca^{2+} masuk dan merangsang vesikula sinapsis untuk menyatu dengan membran prasinapsis. Bersama kejadian tersebut, neurotransmitter dilepaskan ke dalam celah sinapsis melalui eksositosis. Dari celah sinapsis, neurotransmitter ini berdifusi menuju membran pascasinapsis.

Setelah impuls dikirim, membran pascasinapsis akan mengeluarkan enzim untuk menghidrolisis neurotransmitter. Enzim tersebut misalnya senzim asetilkolinesterase yang menghidrolisis asetilkolin menjadi kolin dan asam etanoat. Oleh vesikula sinapsis,

Kilas

Pada bahasan transpor zat pada membran plasma, suatu zat dapat diangkut secara eksositosis. Eksositosis merupakan proses pengangkutan pengeluaran bahan-bahan tertentu seperti zat sisa metabolisme, hormon, atau zat lainnya melalui membran dengan pembentukan vesikula (gelembung).

hasil hidrolisis (kolin dan asam etanoat) akan disimpan sehingga sewaktu-waktu bisa digunakan kembali.



Gambar 9.6 Mekanisme penghantaran impuls melalui sinapsis

3. Mekanisme Terjadinya Gerak Refleks

Suatu waktu tanpa disengaja kita dapat melakukan gerak yang tidak disadari. Gerak yang demikian dinamakan **gerak refleks**. Sebelum kalian mempelajarinya, coba lakukan rubrik *Diskusi* berikut.

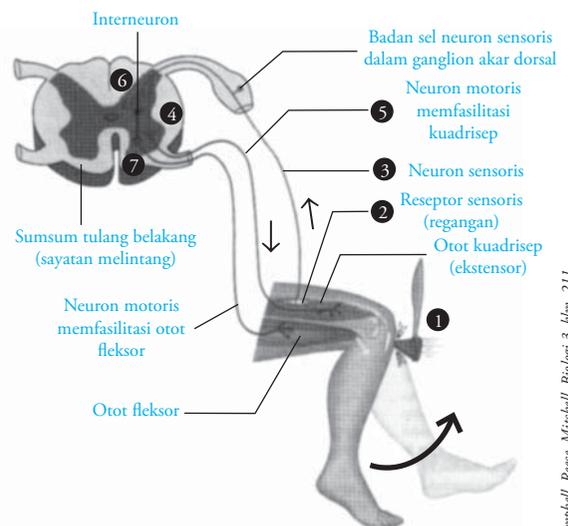
Diskusi

Lakukan diskusi untuk membahas beberapa pertanyaan berikut.

1. Apa yang akan kalian lakukan saat kaki menginjak puntung rokok?
2. Apa tindakan kalian bila hidung mencium bau enak makanan?
3. Apa yang akan diperbuat jika sewaktu berjalan tiba-tiba ada benda jatuh hampir mengenai kepala kalian?

Bersin, batuk, menguap, menggaruk bila gatal, kaget merupakan suatu aksi yang disebut refleks. Kita melakukan kegiatan tersebut tanpa melalui proses pada otak terlebih dahulu. Refleks merupakan cara tubuh kita untuk menjaga dan melindungi diri dengan cepat dan aman. Gerak ini terjadi pada bagian tubuh yang terlibat, sehingga bagian tubuh tersebut bergerak secara otomatis.

Perhatikan Gambar 9.7. Refleks sentakan lutut misalnya, merupakan respons sederhana. Satu ketukan pada lutut akan menyebabkan tarikan pada tendon yang berkaitan dengan otot paha (otot kuadrisep). Akibatnya, kaki bagian bawah ikut tertarik. Reseptor regangan yang merupakan reseptor sensorik menerima tarikan itu. Kemudian, reseptor sensorik mengirimkan informasi ke sinapsis dengan



Gambar 9.7 Gerak refleks pada lutut saat dipukul

neuron motorik pada sumsum tulang belakang. Selanjutnya, neuron motorik mengirimkan impuls/sinyal menuju otot kuadrisep untuk berkontraksi. Kontraksi ini menyebabkan kaki bagian bawah tersentak ke arah depan.

Sebenarnya, sentakan lutut hanya melibatkan dua neuron, yakni neuron sensorik dan neuron motorik. Namun, neuron sensorik pada kuadrisep berkomunikasi pula dengan interneuron pada sumsum tulang belakang. Interneuron ini menghambat neuron motorik yang mengirimkan sinyal ke otot fleksor (otot kaki yang berbeda), sehingga otot tersebut tidak berkontraksi.

Secara sederhana, mekanisme penghantaran sinyal/impuls pada gerak refleks dapat kalian lihat pada skema berikut.

Rangsangan → reseptor → neuron sensorik → sumsum tulang belakang → neuron motorik → efektor

4. Susunan Sistem Saraf

Secara umum, sistem saraf manusia tersusun atas dua jenis, yaitu sistem saraf sadar (somatik) dan sistem saraf tak sadar (otonom). Satu persatu sistem saraf tersebut akan kita pelajari pada uraian berikut.

a. Sistem Saraf Sadar

Di dalam tubuh ada berbagai susunan saraf yang termasuk dalam sistem saraf sadar. Sebelum mengetahuinya secara mendalam terlebih dahulu kalian lakukan rubrik *Diskusi* berikut.

Diskusi

Diskusikan bersama teman sebangku kalian pertanyaan berikut.

Kalian ingin melakukan sesuatu aktivitas, misalnya berjalan. Apakah gerakan dalam bentuk jalan tersebut dilakukan sesuai kehendak kalian? Kemudian, apakah jalan tersebut kalian lakukan secara sadar?

Presentasikan hasil yang kalian peroleh di depan kelompok lainnya.

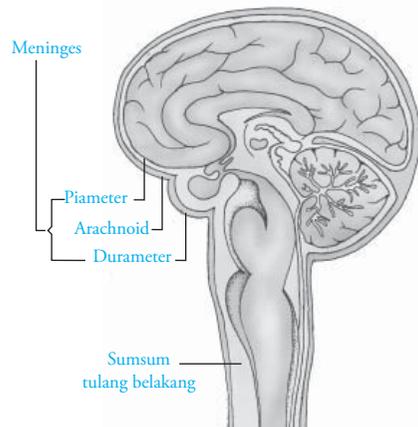
Kita ingin makan, menulis, membaca, berjalan, berlari, bertegur sapa, dan lainnya merupakan aktivitas yang melibatkan sistem saraf sadar. Semua kegiatan tersebut terjadi atas kehendak kita. Secara struktural, sistem saraf sadar terbagi atas dua bagian, meliputi sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi. Simak bahasan berikut.

1) Sistem Saraf Pusat

Tanpa sistem saraf pusat, kemungkinan kita menjadi makhluk yang tak berdaya dan tidak bisa melakukan apapun. Sebab, di dalam sistem saraf pusat tubuh kita terdiri atas otak dan sumsum tulang belakang. Dua bagian tubuh inilah yang menjadi sentral pusat koordinasi tubuh kita.

Pada manusia, otak dan sumsum tulang belakang dilindungi oleh suatu tulang. Tulang yang melindungi otak adalah tulang tengkorak, sedangkan sumsum tulang belakang dilindungi oleh ruas-ruas tulang belakang. Kedua organ penting ini juga dilindungi oleh suatu lapisan pembungkus yang tersusun dari jaringan pengikat. Lapisan ini disebut **meninges**.

Meninges terbagi menjadi tiga lapisan, meliputi lapisan dalam disebut **piameter**; lapisan tengah disebut **arachnoid**; dan lapisan dalam disebut **durameter**. Untuk mencermati ketiga lapisan meninges ini, perhatikan Gambar 9.8. Di antara piameter dan arachnoid terdapat ruangan yang berisi cairan, disebut **ruang sub-arachnoid**. Cairannya dinamakan **cairan serebrospinal**. Fungsi cairan ini adalah sebagai bantalan yang meredam guncangan saat terjadi benturan pada otak dan sumsum tulang belakang. Di dalam otak dapat terjadi benturan misalnya antara otak dengan tulang kepala. Sedangkan pada sumsum tulang belakang, benturan yang terjadi antara sumsum tulang belakang dengan tulang belakang.



Gambar 9.8 Meninges pada sistem saraf pusat

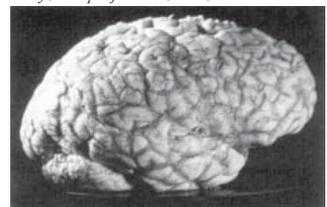
a) *Otak*

Otak merupakan benda lengket yang lunak, berminyak, dan kenyal. Jutaan saraf menghubungkannya dengan seluruh tubuh, syaraf tersebut membawa pesan baik menuju otak atau dari otak. Beratnya sekitar 1,6 kg pada laki-laki dan 1,45 kg pada perempuan. Perbedaan ini terjadi semata-mata karena bentuk otak laki-laki yang lebih besar dan berat. Sementara, berat ini tidak terkait dengan kecerdasan seseorang. Namun, banyaknya jumlah hubungan sel dalam otaklah yang menunjukkan kecerdasan.

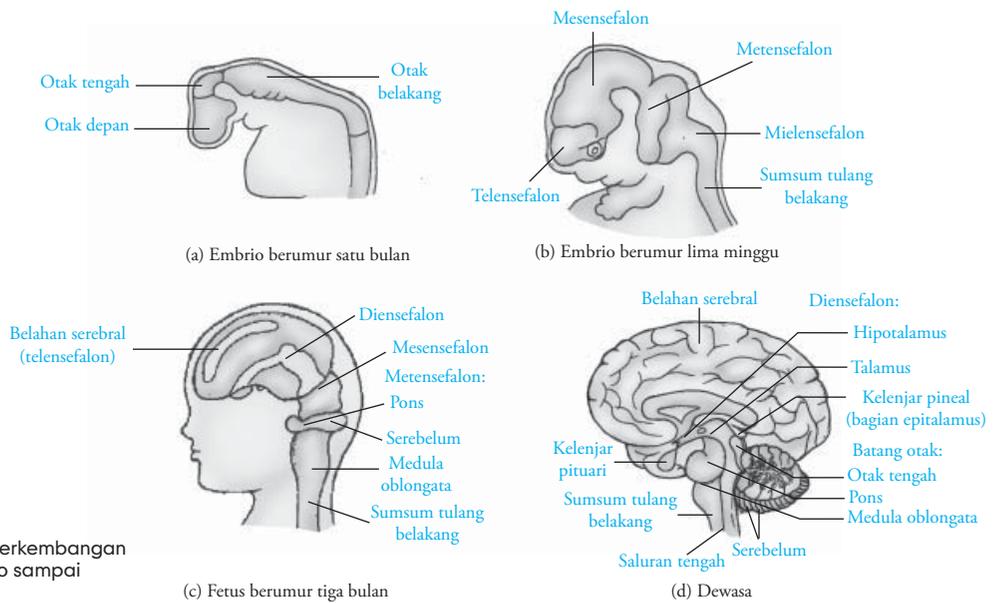
Otak manusia terdiri atas dua belahan (hemisfer) yang besar, yakni belahan kiri dan belahan kanan. Oleh karena terjadi pindah silang pada tali spinal, belahan otak kiri mengendalikan sistem bagian kanan tubuh, sebaliknya belahan kanan mengendalikan sistem bagian kiri tubuh. Tali spinal (sumsum tulang belakang) merupakan tali putih kemilau yang berasal dari dasar otak hingga tulang belakang.

Saat masih embrio, otak manusia terdapat tiga bagian yaitu otak depan, otak tengah, dan otak belakang. Setelah dewasa, otak depannya terbagi menjadi telensefalon dan diensefalon. Sementara, otak belakangnya terbagi menjadi metensefalon dan mielensefalon. Bagian dorsal metensefalon membentuk serebelum, sedangkan mielensefalon menjadi medula oblongata.

Treays, Mempelajari Otak, 2004, hlm. 2



Gambar 9.9 Otak sebagai organ pengendali dalam tubuh



Gambar 9.10 Perkembangan otak dari embrio sampai dewasa

Antara bagian tengah sumsum tulang belakang dan otak terdapat saluran yang saling berhubungan, yang disebut **ventrikel**. Ventrikel membagi otak menjadi empat ruangan. Di dalam ventrikel, terdapat cairan serebrospinal yang dapat bertukar bahan dengan darah dari pembuluh kapiler pada otak.

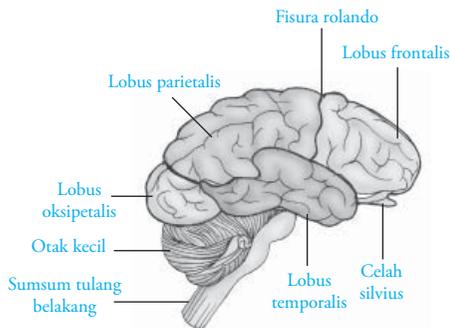
(1) Otak depan (Prosensefalon)

Pada bagian depan otak manusia terdapat bagian yang paling menonjol disebut **otak besar** atau **serebrum** (*cerebrum*). Serebrum ini terbagi menjadi belahan (hemisfer) serebrum kanan dan kiri. Permukaan luar serebrum (**korteks serebrum**) berwarna abu-abu karena mengandung banyak badan sel saraf. Selain itu, pada bagian dalam (medula) otak depan terdapat lapisan yang berwarna putih, karena mengandung dendrit dan akson.

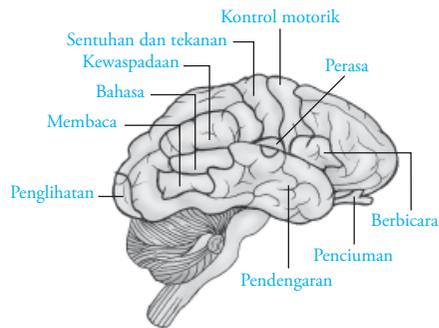
Korteks serebrum berkaitan dengan sinyal saraf ke dan dari berbagai bagian tubuh. Karenanya, pada korteks serebrum terdapat **area sensorik** yang menerima impuls dari reseptor pada indra. Di samping itu, bagian tersebut terdapat juga **area motorik** yang mengirimkan perintah pada efektor. Selain itu, terdapat **area asosiasi** yang menghubungkan area motorik dan sensorik serta berperan dalam berbagai aktivitas misalnya berpikir, menyimpan ingatan, dan membuat keputusan.

Otak depan manusia terbagi atas empat lobus (bagian), meliputi **lobus frontalis** (bagian depan), **lobus temporalis** (bagian samping), **lobus oksipitalis** (bagian belakang), dan **lobus parietalis** (bagian antara depan-belakang).

Pada bagian kepala manusia, lobus frontalis berada pada bagian dahi; lobus temporalis berada pada bagian pelipis; lobus oksipitalis berada pada bagian belakang kepala; dan lobus parietalis berada pada bagian ubun-ubun.



Gambar 9.11 Otak besar dan bagian-bagiannya



Gambar 9.12 Area asosiasi otak besar

Lobus-lobus ini memiliki fungsi yang beragam. Lobus frontalis berfungsi sebagai pusat berpikir; lobus temporalis sebagai pusat pendengaran dan berbahasa; lobus oksipitalis sebagai pusat penglihatan; dan lobus parietalis sebagai pusat sentuhan dan gerakan.

Otak depan juga mencakup bagian-bagian yang lain, seperti talamus, hipotalamus, kelenjar pituitari, dan kelenjar pineal.

Sebelum diterima area sensorik serebrum, semua rangsangan akan diproses terlebih dahulu oleh **talamus**. Hanya rangsangan penciuman saja yang tidak diterima oleh talamus tersebut. Sedangkan fungsi talamus yang lain misalnya mengatur suhu dan kandungan air dalam darah, kemudian juga mengkoordinasi aktivitas yang terkait emosi.

Hipotalamus merupakan bagian yang berfungsi mengatur suhu tubuh, selera makan, dan tingkah laku. Selain itu, hipotalamus juga mengontrol **kelenjar pituitari**, yakni kelenjar hormon yang berperan dalam mengontrol kelenjar-kelenjar hormon lainnya, seperti kelenjar tiroid, kelenjar adrenalin, dan pankreas.

(b) **Otak Tengah (Mesencefalon)**

Otak tengah manusia berbentuk kecil dan tidak terlalu mencolok. Di dalam otak tengah terdapat bagian-bagian seperti lobus optik yang mengatur gerak bola mata dan kolikulus inferior yang mengatur pendengaran. Otak tengah berfungsi menyampaikan impuls antara otak depan dan otak belakang, kemudian antara otak depan dan mata.

(c) **Otak Belakang (Rhombencefalon)**

Otak belakang manusia tersusun atas dua bagian utama yakni otak kecil (serebelum) dan medula oblongata. **Serebelum** adalah bagian yang berkerut di bagian belakang otak, dan terdiri atas dua

Galeri

Otak yang Tak Pernah Tidur

Otak memiliki gelombang otak yang setiap detik menerima, memisah-misahkan dan mengirim jutaan sinyal saraf. Gelombang EEG (*electro-encephalogram*) menunjukkan denyutan listrik otak yang berbentuk gelombang pada layar monitor. Ini membuktikan bahwa otak tidak pernah tidur.

Parker, 100 Pengetahuan Tentang Tubuh Manusia, 2004, hlm. 45

belahan yang berliku-liku sangat dalam. Fungsinya adalah sebagai pusat keseimbangan dalam tubuh, koordinasi motorik/gerakan otot, dan memantau kedudukan posisi tubuh. Adanya serebelum memungkinkan kita belajar gerakan yang terlatih dan saksama, seperti menulis atau bermain musik tanpa berpikir.

Di antara kedua belahan serebelum terdapat suatu bagian yang berisi serabut saraf. Bagian tersebut dinamakan **jembatan varol (pons varolii)**. Fungsinya ialah menghantarkan impuls dari bagian kiri dan kanan otak kecil. Selain itu, jembatan varol juga menghubungkan korteks otak besar dengan otak kecil, dan antara otak depan dengan sumsum tulang belakang.

Sementara itu, **medula oblongata (sumsum lanjutan)** tampak seperti ujung bengkok pada tali spinal. Letaknya di antara bagian tertentu otak dengan sumsum tulang belakang. Medula oblongata berfungsi saat terjadi proses pengaturan denyut jantung, tekanan darah, gerakan pernapasan, sekresi ludah, menelan, gerak peristaltik, batuk, dan bersin.

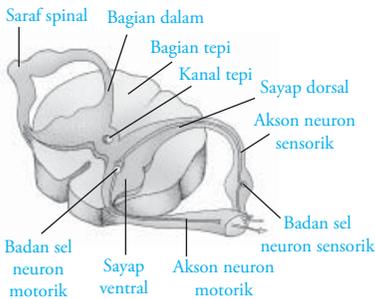
Serebelum, jembatan varol, dan medula oblongata membentuk **batang otak**. Batang otak merupakan bagian otak sebelah bawah yang berhubungan dengan sumsum tulang belakang. Batang otak berfungsi mengontrol berbagai proses penting bagi kehidupan, seperti bernapas, denyut jantung, mencerna makanan, dan membuang kotoran.

b) Sumsum Tulang Belakang

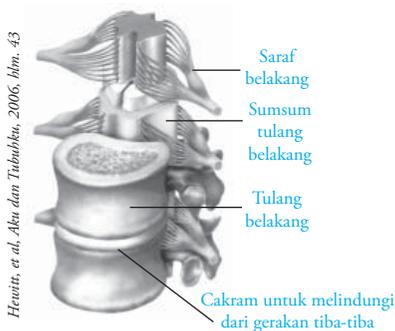
Sumsum tulang belakang atau **tali spinal** merupakan tali putih kemilau berbentuk tabung dari dasar otak menuju ke tulang belakang. Pada irisan melintangnya, tampak ada dua bagian, yakni bagian luar yang berpenampakan putih dan bagian dalam yang berpenampakan abu-abu dengan berbentuk kupu-kupu. Bagian luar sumsum tulang belakang berwarna putih, karena tersusun oleh akson dan dendrit yang berselubung mielin. Sedangkan bagian dalamnya berwarna abu-abu, tersusun oleh badan sel yang tak berselubung mielin dari interneuron dan neuron motorik.

Apabila sumsum tulang belakang diiris secara vertikal, bagian dalam berwarna abu-abu terdapat saluran tengah yang disebut ventrikel dan berisi cairan serebrospinal. Ventrikel ini berhubungan juga dengan ventrikel di dalam otak. Bagian dalamnya mempunyai dua akar saraf yaitu **akar dorsal** yang berisi saraf sensorik ke arah punggung, dan **akar ventral** yang berisi saraf motorik ke arah perut.

Sumsum tulang belakang memiliki fungsi penting dalam tubuh. Fungsi tersebut antara lain menghubungkan impuls dari saraf sensorik ke otak dan sebaliknya, menghubungkan impuls dari otak ke saraf motorik; memungkinkan menjadi jalur terpendek pada gerak refleks.



Gambar 9.13 Irisan melintang sumsum tulang belakang



Hewitt, et al. *Ata dan Tubuhku*, 2006, hlm. 43

Gambar 9.14 Sumsum tulang belakang

Mekanisme penghantaran impuls yang terjadi pada tulang belakang yakni sebagai berikut; rangsangan dari reseptor dibawa oleh neuron sensorik menuju sumsum tulang belakang melalui akar dorsal untuk diolah dan ditanggapi. Selanjutnya, impuls dibawa neuron motorik melalui akar ventral ke efektor untuk direspons.

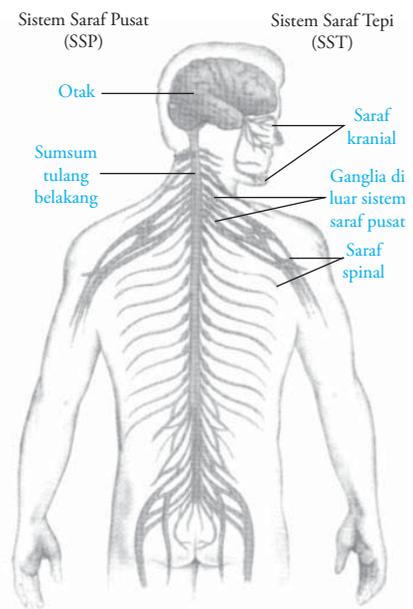
2) Sistem Saraf Tepi

Sistem saraf tepi dinamakan pula **sistem saraf perifer**.

Sistem saraf tepi merupakan bagian dari sistem saraf tubuh yang meneruskan rangsangan (impuls) menuju dan dari sistem saraf pusat. Karena itu, di dalamnya terdapat serabut saraf sensorik (saraf aferen) dan serabut saraf motorik (saraf eferen).

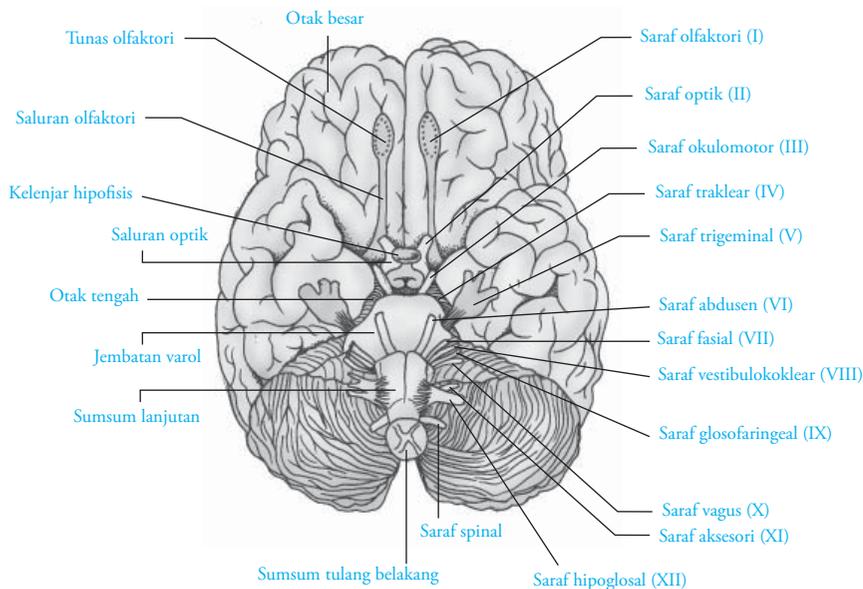
Serabut saraf sensorik adalah sekumpulan neuron yang menghantarkan impuls dari reseptor menuju sistem saraf pusat. Sedangkan **serabut saraf motorik** berperan dalam menghantarkan impuls dari sistem saraf pusat menuju efektor (otot dan kelenjar) untuk ditanggapi.

Berdasarkan asalnya, sistem saraf tepi terbagi atas saraf kranial dan saraf spinal yang masing-masing berpasangan, serta ganglia (tunggal: ganglion). **Saraf kranial** merupakan semua saraf yang keluar dari permukaan dorsal otak. **Saraf spinal** ialah semua saraf yang keluar dari kedua sisi tulang belakang. Masing-masing saraf ini mempunyai karakteristik fungsi dan jumlah saraf yang berbeda. Sementara itu, **ganglia** merupakan kumpulan badan sel saraf yang membentuk simpul-simpul saraf dan di luar sistem saraf pusat.



Gambar 9.15 Sistem saraf manusia

Campbell, Biologi 3, 2002, 218



Gambar 9.16 Saraf kranial pada otak

Saraf kranial berjumlah 12 pasang dan setiap pasangya diidentifikasi dengan penomoran Romawi. Pasangan saraf kranial terdiri atas tiga karakteristik fungsi, meliputi tiga pasang bersifat sensorik yakni saraf nomor I, II, dan VIII; lima pasang bersifat motorik yakni saraf nomor III, IV, VI, XI, dan XII; dan empat pasang bersifat sensorik dan motorik yakni saraf nomor V, VII, IX, dan X. Perhatikan Gambar 9.16, kemudian simak pula Tabel 9.1 berikut.

Tabel 9.1 Saraf Kranial dan Fungsinya

Nomor Saraf	Nama Saraf	Sifat Saraf	Asal Saraf	Fungsi
I	Olfaktori	Sensorik	Selaput lendir hidung	Penciuman
II	Optik	Sensorik	Retina	Penglihatan
III	Okulomotor	Motorik	Proprioseptor otot bola mata	Pergerakan otot mata ke kanan-kiri dan kelopak mata
IV	Troklear	Motorik	Proprioseptor otot bola mata	Pergerakan bola mata
V	Trigeminal	Sensorik-motorik	Gigi dan kulit kepala	Perasa (sensorik) dan penggerak lidah (motorik)
VI	Abdusen	Motorik	Proprioseptor otot bola mata	Pergerakan bola mata
VII	Fasial	Sensorik-motorik	Ujung pengecap dua pertiga bagian depan lidah	Pengecap (sensorik) dan pengatur mimik wajah (motorik)
VIII	Vestibulo koklear	Sensorik	Saluran semisirkular, utrikulus, sakulus (keseimbangan), koklea (pendengaran)	Pendengaran
IX	Glossofaringeal	Sensorik-motorik	Ujung pengecap sepertiga bagian belakang lidah, lapisan faring	Pengecap (sensorik) dan penggerak faring (motorik)
X	Vagus	Sensorik-motorik	Reseptor sejumlah organ dalam laring paru-paru, jantung, aorta, lambung	Pengatur suara (sensorik) dan perasa (motorik)
XI	Asesori	Motorik	Proprioseptor otot leher, pundak, faring, dan laring	Pergerakan leher dan pundak, pergerakan faring dan laring
XII	Hipoglosal	Motorik	Proprioseptor dalam lidah	Pergerakan otot lidah

Vilic, Walker, Barman, Zoologi Umum 1, 1984, hlm. 247

Adapun saraf spinal memiliki jumlah 31 pasang. Setiap pasang saraf spinal yang keluar dari tulang belakang merupakan gabungan dari neuron sensorik dan neuron motorik. Kedua neuron ini keluar dari sisi tulang belakang melalui dua akar, yakni **akar dorsal** dan **akar ventral**. Neuron sensorik membawa impuls dari reseptor menuju sumsum tulang belakang melewati akar dorsal. Adapun neuron motorik meneruskan impuls yang diproses dalam sumsum tulang belakang menuju efektor melewati akar ventral.

b. Sistem Saraf Tak Sadar

Sistem saraf tak sadar merupakan sekumpulan saraf yang mengatur aktivitas yang tidak kita pikirkan terlebih dahulu. Misalnya saja, pergerakan paru-paru dan jantung. Kita tidak pernah berkehendak supaya aktivitas gerakan paru-paru dan jantung terjadi dengan koordinasi oleh sistem saraf pusat. Oleh karena itu, sistem saraf sadar disebut juga **sistem saraf otonom**. Organ yang beraktivitas dan dikontrol oleh sistem saraf sadar, meliputi kelenjar keringat, otot perut, pembuluh darah, dan alat-alat reproduksi.

Menurut karakteristik kerjanya, sistem saraf sadar terbagi atas dua saraf, meliputi **saraf simpatik** dan **saraf parasimpatik**. Masing-masing saraf ini dapat bekerja pada organ yang sama, namun kerja yang dilakukan saling berlawanan (antagonis). Sebagai contoh, saat saraf simpatik memengaruhi sebuah organ untuk meningkatkan aktivitas organ tertentu, justru saraf parasimpatik malah menurunkannya. Perbedaan ini terjadi karena neurotransmitter yang dihasilkan kedua saraf tersebut berbeda. Noradrenalin merupakan neurotransmitter saraf simpatik, sedangkan asetilkolin ialah neurotransmitter saraf parasimpatik.

Pada saraf simpatik dan saraf parasimpatik terdapat penghubung antara sistem saraf pusat dan efektor, yang dinamakan **ganglion**. Ganglion saraf simpatik berada dekat sumsum tulang belakang. Serabut praganglion saraf simpatik berukuran pendek, sementara serabut pascaganglionnya berukuran panjang. Sebaliknya, saraf parasimpatik memiliki serabut praganglion yang berukuran panjang dan serabut pascaganglion yang pendek.

Untuk mengetahui fungsi saraf simpatik dan saraf parasimpatik beberapa organ tubuh kalian dapat menyimak uraiannya pada Tabel 9.2 berikut.

Tabel 9.2 Fungsi Saraf Simpatik dan Parasimpatik Beberapa Organ Tubuh

Organ tubuh	Fungsi	
	Saraf simpatik	Saraf parasimpatik
Pupil	Membesarkan pupil	Mengecilkan pupil
Arteri	Memperkecil diameter pembuluh	Memperbesar diameter pembuluh
Bronkus	Memperluas bronkus	Mempersempit bronkus
Jantung	Mempercepat detak jantung	Memperlambat detak jantung
Pencernakan makanan	Memperlambat pencernaan makanan	Mempercepat pencernaan makanan
Kandung kemih	Mengembangkan kandung kemih	Mengkerutkan kandung kemih

Sekarang, kalian sudah mengetahui sistem saraf manusia. Selanjutnya, lakukan tugas di rubrik *Telisik* berikut.

Telisik

Bersama kelompok kalian, buatlah charta struktur dan fungsi saraf manusia berdasarkan bahasan pada bab sistem saraf di atas. Kumpulkan hasilnya kepada guru kalian.

5. Gangguan atau Kelainan yang Terjadi pada Sistem Saraf

Ada beberapa gangguan atau kelainan sistem saraf yang dapat dialami oleh manusia. Berbagai gangguan itu antara lain:

- a. **Stroke**, merupakan penyakit yang timbul karena pembuluh darah di otak tersumbat atau pecah sehingga otak menjadi rusak. Penyebab penyumbatan ini ialah adanya penyempitan pembuluh darah (arteriosklerosis). Selain itu, bisa juga karena penyumbatan oleh suatu emboli. Ciri yang tampak dari penderita stroke misalnya wajah yang tak simetris.
- b. **Neuritis**, merupakan gangguan sistem saraf yang disebabkan tekanan, pukulan, patah tulang, dan keracunan/kekurangan vitamin B. Adanya penyakit ini menjadikan penderita sering kesemutan.
- c. **Amnesia**, merupakan gangguan yang terjadi pada otak karena disebabkan guncangan batin atau cedera. Ciri gangguan ini yakni hilangnya kemampuan seseorang mengenali dan mengingat kejadian masa lampau dalam kurun waktu tertentu.
- d. **Transeksi**, merupakan gangguan pada sistem saraf terutama medula spinalis karena jatuh atau tertembak. Akibat yang timbul yakni penderita akan kehilangan segala rasa (mati rasa).
- e. **Parkinson**, merupakan penyakit yang terjadi karena kekurangan neurotransmitter dopamine pada dasar ganglion. Secara fisik, penderita ini memiliki ciri tangan gemeteran saat istirahat, gerak susah, mata sulit berkedip, dan otot kaku sehingga salah satu cirinya adalah langkah kaki menjadi kaku.
- f. **Epilepsi**, merupakan penyakit yang disebabkan oleh adanya luka, infeksi, tumor, atau lainnya terutama pada jaringan-jaringan otak, sehingga terjadi letusan-letusan listrik (impuls) pada neuron-neuron di otak.
- g. **Poliomielitis**, ialah penyakit yang menyerang neuron-neuron motorik sistem saraf pusat terutama otak dan medula spinalis oleh infeksi virus. Penderitanya mengalami berbagai gejala seperti panas, sakit kepala, kaki duduk, sakit otot, dan kelumpuhan.

Setelah mengetahui beberapa gangguan atau kelainan sistem saraf, coba kalian lakukan rubrik *Telisik* berikut.

T e l i s i k

Bersama kelompok kalian, selesaikanlah beberapa tugas berikut.

1. Seseorang dapat mengalami gangguan atau kelainan pada sistem sarafnya. Sekarang, coba kalian cari cara mengatasi/mencegah berbagai gangguan tersebut.
2. Salah satu penyebab gangguan pada sistem saraf adalah akibat penggunaan narkoba. Apa saja-gangguan yang dapat terjadi pada sistem saraf akibat narkoba?

Kalian dapat mencari jawabannya melalui media massa (koran, tabloid, majalah), internet, atau instansi kesehatan seperti rumah sakit dan puskesmas. Presentasikan hasil yang kalian peroleh di depan kelas. Selanjutnya, kumpulkan hasil tersebut kepada Bapak/Ibu Guru.



Gambar 9.17 Muhammad Ali, salah satu penderita penyakit parkinson.

Setelah menyelesaikan rubrik, berikutnya selesaikan *Uji Kompetensi* berikut secara mandiri.

Uji Kompetensi

Selesaikan soal berikut dengan tepat.

1. Sebutkan dan jelaskan bagian-bagian sel saraf.
2. Apakah yang dimaksud dengan neuron sensorik dan neuron motorik?
3. Sebutkan tahapan-tahapan penghantaran impuls melalui membran plasma?
4. Apakah fungsi talamus dan hipotalamus bagi tubuh?
5. Secara struktural, saraf tepi terbagi atas dua jenis. Sebutkan dan jelaskan.

Selain sistem saraf, aktivitas tubuh manusia diatur pula oleh sistem hormon. Sistem hormon tersebut akan bekerja sama dengan sistem saraf sehingga membentuk sistem koordinasi. Nah, apakah sebenarnya sistem hormon itu? Samakah dengan sistem saraf? Simak dan pahami bahasan berikut.

B. Sistem Hormon pada Manusia

Sehabis berolahraga, tenggorokan kita akan terasa kering dan kehausan. Ini terjadi karena tubuh banyak mengeluarkan keringat, sehingga air dalam tubuh juga banyak yang keluar. Keadaan demikian membuat tubuh segera mengeluarkan zat yang menghentikan pengeluaran cairan tersebut. Zat yang dimaksud dinamakan **hormon**. Apabila kita minum air, segera hormon yang dikeluarkan tubuh tersebut akan berhenti.

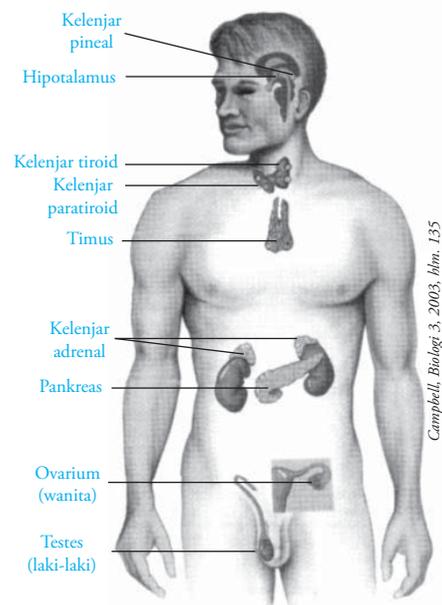
Asal kata hormon dari bahasa Yunani yakni *hormaen* yang berarti menggerakkan. Hormon merupakan suatu zat yang dihasilkan oleh suatu bagian dalam tubuh. Organ yang berperan dalam sekresi hormon dinamakan **kelenjar endokrin**. Disebut demikian karena hormon yang disekresikan diedarkan ke seluruh tubuh oleh darah dan tanpa melewati saluran khusus. Di pihak lain, terdapat pula **kelenjar eksokrin** yang mengedarkan hasil sekresinya melalui saluran khusus.

Walaupun jumlah yang diperlukan sedikit, namun keberadaan hormon dalam tubuh sangatlah penting. Ini dapat diketahui dari fungsinya yang berperan antara lain dalam proses pertumbuhan dan perkembangan tubuh, proses reproduksi, metabolisme zat, dan lain sebagainya.

Hormon akan dikeluarkan oleh kelenjar endokrin bila ada rangsangan (stimulus). Hormon tersebut akan diangkut oleh darah menuju kelenjar yang sesuai. Akibatnya, bagian tubuh tertentu yang sesuai akan meresponnya. Sebagai contoh, hormon insulin disekresikan pankreas saat ada rangsangan gula darah yang tinggi, hormon adrenalin disekresikan medula adrenal oleh stimulasi saraf simpatik, dan lain-lain.



Gambar 9.18 Hormon menjadikan keringat tidak keluar kembali setelah berolahraga



Gambar 9.19 Kelenjar endokrin manusia

Di dalam tubuh manusia ada beberapa jenis kelenjar endokrin, yakni kelenjar hipofisis, tiroid, paratiroid, timus, pankreas, adrenal, ovarium, testis, dan kelenjar pencernaan. Simak dan pahami uraian berikut.

1. Kelenjar Hipofisis (Pituitari)

Kelenjar hipofisis terletak pada dasar otak dan di bawah kendali hipotalamus. Di dalam tubuh, ukurannya lebih kurang sebesar kacang ercis. Kelenjar ini seringkali disebut pula sebagai *master of gland*, sebab hormon yang dihasilkan dapat memengaruhi fungsi endokrin yang lain.

Berdasarkan strukturnya, kelenjar hipofisis terdiri atas tiga bagian, yaitu bagian depan (*lobus anterior*), bagian tengah (*intermediet*), dan bagian belakang (*posterior*). Bagian tengahnya hanya dimiliki oleh bayi, sementara pada orang dewasa telah hilang atau tinggal sisanya saja. Oleh karena itu, pada orang dewasa, kelenjar hipofisis hanya tersusun dua bagian saja yakni bagian depan dan bagian belakang. Berikut dibahas dua bagian kelenjar hipofisis tersebut.

a. Kelenjar Hipofisis Anterior

Kelenjar hipofisis anterior berkembang dari lipatan langit-langit mulut yang tubuh ke arah otak. Lipatan tersebut akhirnya kehilangan persambungan dengan saluran pencernaan. Bagian depan kelenjar hipofisis ini menghasilkan banyak hormon. Selain itu, berpengaruh juga terhadap berbagai macam organ. Perhatikan dan pahami Tabel 9.3 berikut.

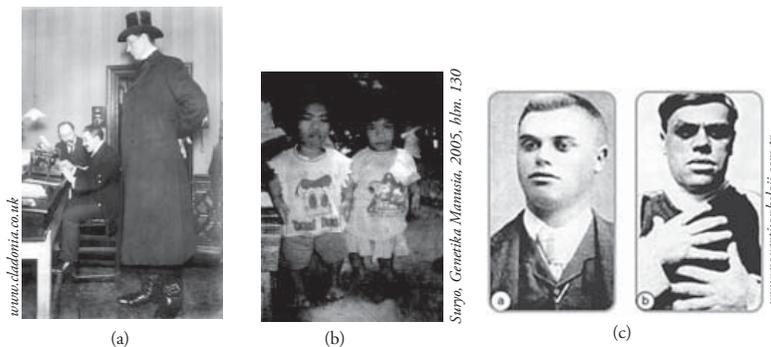
Tabel 9.3 Hormon yang Disekresikan Kelenjar Hipofisis Anterior dan Fungsinya

Hormon yang disekresikan	Bentuk senyawa organik	Fungsi	Diatur oleh
Hormon pertumbuhan (<i>somatotrop hormone</i> = STH)	Protein	Merangsang pertumbuhan tulang dan fungsi metabolisme	Hormon hipotalamus
Prolaktin (<i>luteotrophic hormone</i> = LTH)	Protein	Merangsang kelenjar susu mengekskresikan susu	Hormon hipotalamus
Hormon perangsang folikel (<i>follicle stimulating hormone</i> = FSH)	Glikoprotein	Merangsang pertumbuhan dan pematangan folikel pada ovarium Memulai pembentukan sperma pada testis	Hormon hipotalamus
<i>Luteinizing hormone</i> (LH)	Glikoprotein	Menyebabkan folikel yang sudah matang pecah, sehingga ovum keluar (ovulasi) Merangsang sekresi tetosteron dari testis	Hormon hipotalamus
Hormon perangsang tiroid = hormon theotrop (<i>Thyroid stimulating hormone</i> = TSH)	Glikoprotein	Merangsang sekresi kelenjar tiroid	Tiroksin dalam darah, hormon hipotalamus

Hormon adrenokortikotropik (<i>adrenocorticotrophic hormone</i>)	Peptida	Merangsang dan mengendalikan sekresi kelenjar korteks adrenal	Glukokortikoid, hormon hipotalamus
--	---------	---	------------------------------------

Campbell, *Biologi 3*, 2003, hlm. 136

Di dalam tubuh, berbagai hormon yang disekresikan kelenjar hipofisis anterior ini hanya digunakan dengan jumlah tertentu saja. Apabila terlalu berlebihan atau justru kekurangan dapat memberikan dampak yang tidak baik bagi tubuh. Misalnya saja, kelebihan hormon somatotrof (hormon pertumbuhan) dapat menyebabkan pertumbuhan raksasa (**gigantisme**). Selanjutnya, bila kelebihan tersebut terjadi pada waktu dewasa dapat menyebabkan pertumbuhan yang tidak seimbang (**akromegali**), seperti tulang muka, jari-jari tangan, dan kaki yang membesar. Sebaliknya, bila sekresi hormon pertumbuhan kurang, akibatnya adalah pertumbuhan terhambat atau kekerdilan (**kretinisme**).



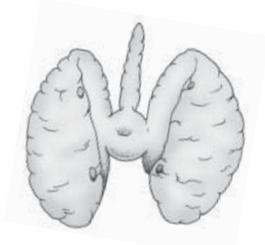
Gambar 9.20 a) Gigantisme, b) kretinisme, dan c) akromegali

b. Kelenjar Hipofisis Posterior

Kelenjar hipofisis posterior merupakan hasil dari perluasan otak. Tepatnya berasal dari perkembangan tonjolan hipotalamus ke arah bawah, ke arah lipatan mulut yang membentuk bagian anterior hipofisis. Hormon yang dihasilkan kelenjar ini ada tiga, yakni vasopresin (*antidiuretic hormone* = ADH), pretesin, dan oksitosin. **Vasopresin** dan **pretesin** berfungsi mengurangi jumlah air yang hilang dari ginjal saat keluar sebagai urine. Selain itu, kedua hormon tersebut berfungsi menaikkan tekanan darah dengan mengecilkan arterioli. Sementara, **ok-sitosin** berperan dalam membantu proses kelahiran dengan kontraksi uterus. Oksitosin juga membantu sekresi susu dari payudara ibu.

2. Kelenjar Tiroid (Kelenjar Gondok)

Kelenjar tiroid merupakan kelenjar yang terletak pada leher, tepatnya pada laring. Kelenjar ini terdiri atas dua lobus yakni sebelah kanan dan kiri laring. Beratnya sekitar 25 g dan kaya akan darah. Hormon terpenting yang disekresikan kelenjar tiroid adalah tiroksin. Hormon **tiroksin** terbentuk dari asam amino yang mengandung **yodium**. Bagi tubuh, hormon ini berpengaruh dalam proses metabolisme sel. Selain itu, hormon tersebut juga memengaruhi pertumbuhan, perkembangan, dan diferensiasi jaringan tubuh.



Gambar 9.21 Kelenjar tiroid manusia



Villa, Zoologi Umum, 1984, hlm. 294

Gambar 9.22 Penyakit gondok

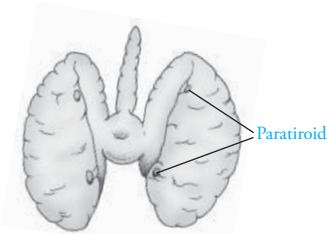
Beberapa penyakit manusia ada yang disebabkan oleh kelenjar tiroid. Kondisi kelebihan hormon tiroid (hipertiroid) dapat menimbulkan gejala **hipermetabolisme** (*morbus basedowi*), dengan tanda-tanda meningkatnya detak jantung sehingga muncul gugup, napas cepat dan tidak teratur, mulut menganga, dan mata melebar. Sementara itu, apabila seseorang sebelum dewasa kekurangan hormon tiroid (hipotiroid), tubuhnya dapat mengalami **kretinisme** (kerdil). Kretinisme ditandai dengan fisik dan mental penderita yang tumbuh tidak normal.

Pada orang dewasa, kondisi hipotiroid dapat menyebabkan **miksedema**. Gejala penyakit ini, adalah laju metabolisme rendah, berat badan bertambah, bentuk badan menjadi besar, kulit kasar, dan rambut mudah rontok. Selain penyakit-penyakit tersebut, seseorang juga dapat mengalami pembengkakan kelenjar tiroid karena kekurangan makanan yang mengandung yodium. Penyakit pembengkakan demikian dinamakan gondok.

3. Kelenjar Paratiroid (Anak Gondok)

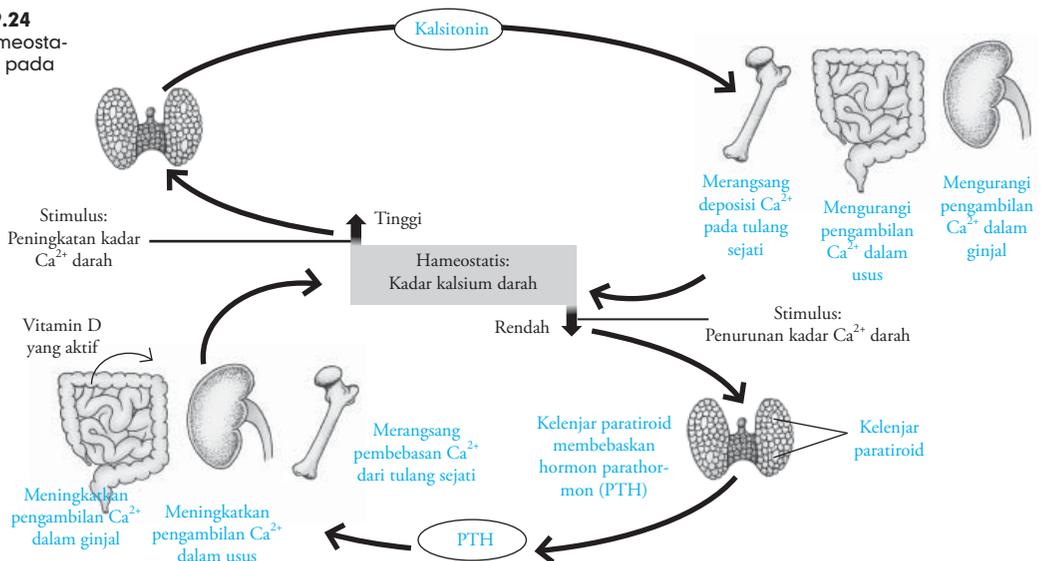
Kelenjar paratiroid terdiri atas empat struktur kecil yang terdapat pada permukaan kelenjar tiroid. Hormon yang disekresikan kelenjar ini disebut **parathormon** (PTH). Hormon parathormon berperan dalam pengaturan pemakaian ion kalsium (Ca^{2+}) dan fosfat (PO_4^{3+}) pada jaringan.

Manusia jarang mengalami hipoparathormon (kondisi kekurangan hormon parathormon). Walaupun mengalaminya, seseorang dapat kejang otot atau **tetani**. Sedangkan hiperparathormon (kondisi kelebihan hormon parathormon) dapat menimbulkan berbagai gejala seperti tulang menjadi rapuh, lemah, dan berbentuk abnormal. Selain itu, kadar ion Ca^{2+} yang berlebihan dalam darah dapat masuk ke air seni dan mengendap bersama ion fosfat. Endapan ini dapat membentuk batu ginjal sehingga menyumbat saluran air seni.



Gambar 9.23 Kelenjar paratiroid

Gambar 9.24 Kontrol homeostasis kalsium pada manusia



4. Kelenjar Timus

Kelenjar timus merupakan kelenjar hasil penimbunan hormon somatotrof atau hormon pertumbuhan. Pada orang dewasa, kelenjar ini tidak digunakan kembali.

5. Kelenjar Adrenal (Anak Ginjal)

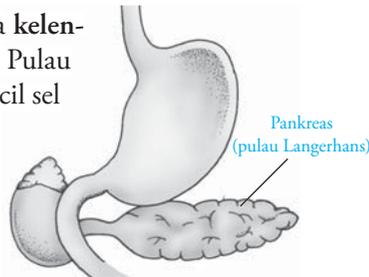
Kelenjar adrenal (*glandula adrenal*) pada manusia berbentuk sepasang struktur kecil yang terletak di ujung anterior ginjal dan kaya akan darah. Masing-masing struktur kelenjar ini memiliki dua bagian, yakni bagian luar (korteks) dan bagian dalam (medula).

Bagian korteks kelenjar adrenal menghasilkan **hormon adrenalin** (*epinefrin*) yang berpengaruh dalam penyempitan pembuluh darah sehingga tekanan darah dan denyut jantung meningkat. Hormon ini juga berperan mengubah glikogen (gula otot) menjadi glukosa (gula darah). Selain itu, hormon adrenalin bersama hormon insulin memengaruhi proses pengaturan kadar gula dalam darah.

Sementara itu, bagian korteks (bagian luar) adrenal mengeluarkan **hormon kortin** yang tersusun atas **kortison** dan **deoksikortison**. Hormon kortin dapat memudahkan perubahan protein menjadi karbohidrat, kemudian juga mengatur metabolisme garam dan air. Penyakit manusia yang disebabkan oleh kurangnya sekresi hormon ini adalah **penyakit Addison**. Gejala yang timbul pada penderita penyakit ini antara lain tekanan darah rendah, kelemahan otot, gangguan pencernaan, peningkatan retensi kalium dalam cairan tubuh dan sel, kulit kecoklatan, dan nafsu makan hilang. Penderitanya dapat diobati dengan pemberian hormon kortin melalui mulut atau intramuskular.

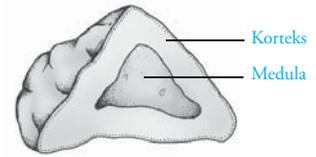
6. Kelenjar Pankreas

Kelenjar pankreas dinamakan juga **kelenjar Langerhans** atau pulau Langerhans. Pulau Langerhans merupakan sekelompok kecil sel yang tersebar di seluruh pankreas. Sel-sel pulau Langerhans tak terkait dengan saluran pembawa getah pankreas yang menuju duodenum. Namun, sel-sel kelenjar ini sangat kaya akan pembuluh darah.



Gambar 9.26 Kelenjar pankreas

Sekresi yang dihasilkan dari kelenjar Langerhans yakni **hormon insulin**, sebuah hormon berbentuk protein yang ditemukan oleh **Dr. Frederick Banting** pada tahun 1922. Hormon insulin berperan saat proses pengubahan gula darah (glukosa) menjadi gula otot (glikogen) di dalam hati. Sehingga, oleh hormon tersebut, kadar gula darah menjadi turun. Kekurangan hormon insulin pada seseorang dapat menyebabkan penyakit **diabetes melitus** atau penyakit kencing manis. Gejala penyakit kencing manis ditandai dengan tingginya glukosa dalam darah yang tinggi. Glukosa yang ada dalam tubuh penderita tidak diubah menjadi



Gambar 9.25 Kelenjar adrenal

Galeri

Penyakit Addison



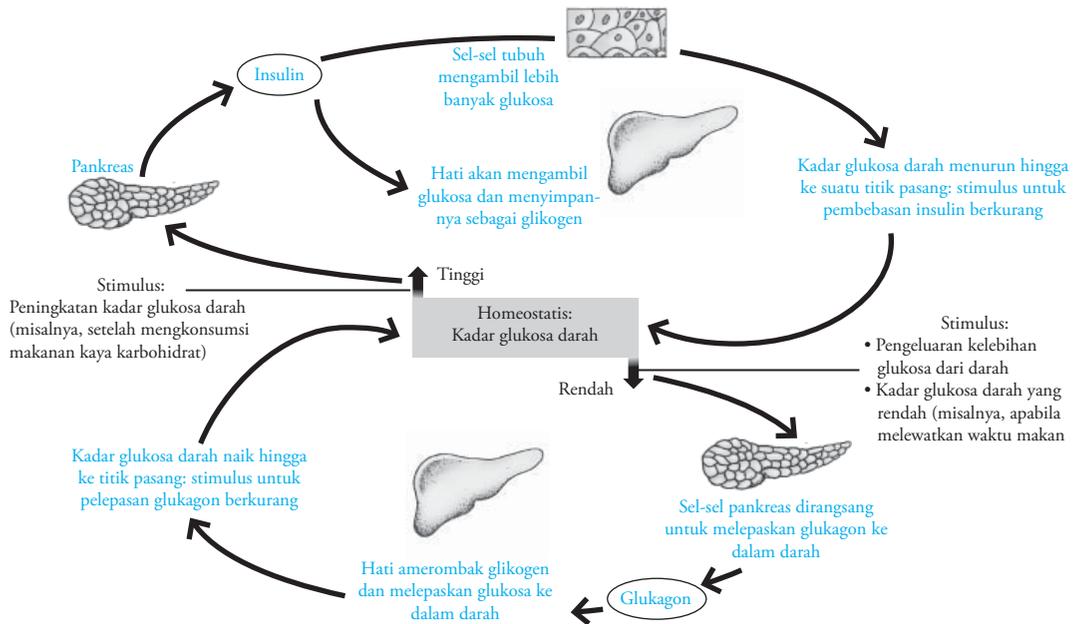
Penyakit Addison pertama kali ditemukan pada tahun 1855 oleh seorang dokter dan fisikawan Inggris bernama Thomas Addison (1793-1860). Addison menjelaskan gejala yang diperoleh dari degenerasi korteks atau lapisan luar dari kelenjar adrenal. Ia juga memimpin penelitian penting pada penyakit tuberkulosis, anemia yang merusak, pneumonia, dan berbagai penyakit kulit.

Lahir di Longbenton, Inggris, Addison belajar di fakultas kedokteran Universitas Edinburg di Skotlandia, dan memperoleh gelar sarjana kedokteran tahun 1815. Setelah mengabdikan di Rumah Sakit Lock di London sebagai ahli bedah, ia menjadi asisten ilmu fisika. Kemudian ia juga pemberi kuliah di Rumah Sakit Guy Landon, setelah menjadi seorang staf fisika di sana pada tahun 1837.

Microsoft Encarta Premium 2006

glikogen dan lemak, justru sebaliknya glikogen dan lemak yang diubah menjadi glukosa.

Selain hormon insulin, kelenjar Langerhans juga memproduksi **hormon glukagon**. Hormon glukagon hormon yang berperan dalam mengubah glikogen menjadi glukosa.



Gambar 9.27 Homeostasis oleh insulin dan glukagon

7. Kelenjar Kelamin

Kelenjar kelamin disebut pula dengan **gonad**. Meskipun fungsi utamanya adalah memproduksi sel-sel kelamin, namun kelenjar kelamin juga memproduksi hormon. Kelenjar kelamin laki-laki terdapat pada testis, sementara kelenjar kelamin perempuan berada pada ovarium.

Di dalam testis terdapat sel Leydig yang menghasilkan **hormon testosteron** atau **androgen**. Hormon testosteron sangat berpengaruh terhadap proses spermatogenesis (proses pembentukan sperma) dan pertumbuhan sekunder pada laki-laki. Pertumbuhan sekunder pada anak laki-laki ditandai dengan suara menjadi besar, bahu dan dada bertambah bidang, dan tumbuh rambut pada bagian tubuh tertentu misalnya kumis, janggut, cambang, ketiak, dan sekitar kemaluan.

Sementara itu, **hormon estrogen** dan **progesteron** disekresikan oleh ovarium. Estrogen dihasilkan oleh folikel de Graaf dan dirangsang oleh hormon FSH. Hormon estrogen berfungsi saat pembentukan kelamin sekunder wanita, seperti bahu mulai berisi, tumbuhnya payudara, pinggul menjadi lebar, dan rambut mulai tumbuh di ketiak dan kemaluan. Di samping itu, hormon estrogen juga membantu dalam pembentukan lapisan endometrium.

Bagi wanita, hormon progesteron berfungsi menjaga penebalan endometrium, menghambat produksi hormon FSH, dan memperlan-

car produksi laktogen (susu). Hormon ini dihasilkan oleh korpus luteum dan dirangsang oleh LH.

8. Kelenjar Pencernaan

Kelenjar pencernaan merupakan kelenjar yang terdapat pada saluran pencernaan. Misalnya saja kelenjar pada lambung dan usus. Pada lambung, kelenjar mensekresikan **hormon gastrin**, yaitu hormon yang berperan dalam sekresi getah lambung. Sementara **hormon sekretin** dan **hormon kolsistokinin** disekresikan oleh kelenjar pada usus. Masing-masing fungsi hormon ini adalah merangsang sekresi getah pankreas dan getah empedu.

Nah, setelah kalian mengetahui berbagai jenis kelenjar endokrin pada tubuh manusia, selanjutnya kalian selesaikan rubrik *Telisisik* berikut.

Telisisik

Bersama kelompok kalian, carilah berbagai kelainan atau gangguan yang dapat terjadi pada sistem hormon. Kemudian, cari pula cara mencegah/mengatasi berbagai gangguan dan kelainan tersebut. Kalian dapat mencarinya melalui koran, majalah, tabloid, atau internet. Presentasikan dan diskusikan hasil yang didapatkan, kemudian kumpulkan kepada guru kalian.

Berikutnya, untuk mengasah kemampuan sekaligus menguji pemahaman mengenai sistem hormon, kalian dapat menyelesaikan *Uji Kompetensi* berikut secara mandiri.

Uji Kompetensi

Selesaikan soal berikut dengan tepat.

1. Apakah yang dimaksud dengan hormon?
2. Sebutkan dan jelaskan dua jenis hormon yang dihasilkan kelenjar hipofisis.
3. Apa yang menyebabkan seseorang menderita penyakit gondok?
4. Apakah fungsi hormon adrenalin bagi tubuh?
5. Sebutkan fungsi hormon estrogen dan progesteron pada wanita.

Selain sistem saraf dan sistem hormon, pada tubuh manusia terdapat pula sistem indra. Sistem indra koordinasi dengan sistem saraf pada manusia untuk melakukan tugasnya. Apakah yang dimaksud sistem indra pada bahasan ini? Simak dan ikuti uraiannya pada subbab berikut.

C. Sistem Indra pada Manusia

Sistem indra merupakan salah satu bagian penting yang dimiliki tubuh kita. Tanpa sistem ini, kita tidak dapat menikmati atau merasakan berbagai rangsangan yang datang dari luar. Sebelum mengetahui lebih lanjut bahasan sistem indra, terlebih dahulu ikuti rubrik *Diskusi* berikut.

Bersama teman sebangku kalian, coba identifikasi berbagai organ yang kalian gunakan saat melakukan aktivitas berikut.

1. Menonton televisi, membaca, dan menikmati pemandangan alam.
2. Mendengarkan alunan musik.
3. Mencium bau farfum yang harum.
4. Merasakan masakan yang lezat dan enak.
5. Menyentuh kain sutera yang halus.

Setelah kalian memperoleh hasilnya, coba kalian sebutkan contoh yang lain. Presentasikan dan diskusikan hasil yang kalian peroleh di dalam kelas.

Kita bisa melihat, mendengar, merasakan, menyentuh, mencium bau, karena adanya rangsangan dari luar yang diterima oleh reseptor pada tubuh. Reseptor yang demikian dinamakan **eksoreseptor**. Kita sering menyebutnya dengan istilah alat indra. Tuhan Yang Maha Esa telah menganugerahkan kepada makhluk-Nya terutama manusia salah satu karunia yakni **alat indra**. Sewajarnya kita patut bersyukur dengan nikmat yang diberikan-Nya ini.

Alat indra yang dimiliki manusia ada 5 macam, meliputi indra penglihat, peraba dan perasa, pencium, dan pengecap. Untuk mengetahui lebih lanjut, simak dan pahami bahasan berikut.

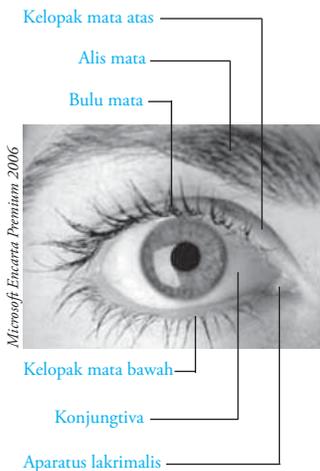
1. Indra Penglihat

Pemandangan yang indah, acara televisi yang menarik, gambar yang berwarna warni, dapat kita nikmati karena adanya indra penglihatan yaitu mata. Mata merupakan salah satu organ tubuh yang strukturnya begitu kompleks. Organ ini memiliki reseptor khusus yang menangkap cahaya dari luar. Reseptor ini dinamakan **fotoreseptor**.

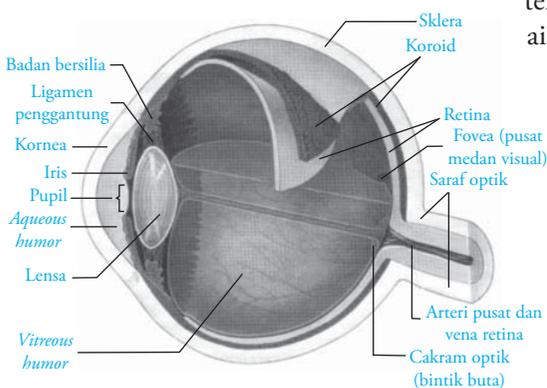
Pada bagian luar mata manusia terdapat bagian yang berfungsi sebagai penjaga dan pelindung dalam aktivitas sehari-hari. Bagian yang dimaksud, meliputi alis mata, kelopak mata, dan bulu mata yang bertugas sebagai pelindung mata dari keringat atau debu. Pada mata juga terdapat kelenjar air mata yang berfungsi menghasilkan air mata berenzim **lisozim**. Lihat Gambar 9.28.

Setiap mata yang kita miliki merupakan sebuah bola dengan diameter 2,5 sentimeter. Secara struktural, ada beberapa lapisan yang menyusunnya, yakni lapisan luar, lapisan tengah, dan lapisan dalam. Perhatikan struktur mata pada Gambar 9.29.

Lapisan luar bola mata manusia tersusun atas jaringan ikat berwarna putih, keras dan serat berlapis yang dinamakan **sklera**. Bila dilihat dari depan, sklera tampak sebagai mata putih. Sklera membentuk rentetan lapisan pelindung pada bola mata



Gambar 9.28 Bagian luar mata manusia



Campbell, Reece, Mitchell, Biologi 3, 2004, hlm. 240

Gambar 9.29 Struktur bola mata manusia

dan membentangi menjadi **kornea** transparan pada bagian depannya. Oleh karena transparan, kornea dapat melewatkan cahaya ke dalam mata dan berperan sebagai lensa tetap. Adanya kornea menyebabkan cahaya dari luar berbelok.

Sementara pada lapisan tengahnya, bola mata manusia tersusun oleh **lapisan koroid**. Di dalam lapisan ini terdapat pembuluh kapiler darah yang menyuplai makanan pada mata. Pigmentnya amat tipis dan berwarna hitam. Fungsi lapisan koroid yakni menjaga pembelokan cahaya.

Di depan koroid, terdapat bagian yang berbentuk donat dan berwarna, yang disebut **iris**. Bagian tengah iris memiliki sebuah lubang sebagai tempat masuknya cahaya yang disebut **pupil**. Jumlah cahaya yang masuk ke dalam pupil dapat diatur dengan mengubah ukuran iris.

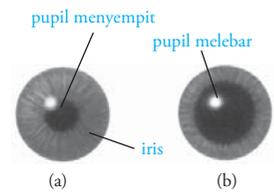
Di belakang iris terdapat **lensa mata**. Lensa mata melekat pada otot-otot bersilia dan ditahan oleh ligamen suspensori. Adanya otot-otot bersilia menjadikan lensa mampu berubah bentuk baik rata ataupun hampir bulat. Kemampuan mata demikian disebut **akomodasi**.

Selain itu, lensa mata membagi mata menjadi dua rongga, yakni *aqueous humor* dan *vitreous humor*. *Aqueous humor* merupakan rongga mata berisi cairan bening yang berada pada bagian depan lensa. Penyumbatan pada saluran *aqueous humor* dapat menyebabkan **glukoma**. Keadaan ini terjadi karena sumbatan menaikkan tekanan pada retina sehingga menjadikan kebutaan. Sementara, *vitreous humor* merupakan bagian belakang lensa yang berisi cairan transparan seperti jeli.

Pada bagian belakang mata, tepatnya bagian dalam koroid mata terdapat sel-sel fotoreseptor. Bagian ini disebut **retina**. Pada bagian luar bawah retina terdapat **cakram optik** (bintik buta), yang menghubungkan saraf optik dengan mata. Apabila impuls dari luar jatuh pada bagian ini, cahaya yang masuk tidak dapat terdeteksi. Penyebabnya adalah bintik hitam yang tidak memiliki sel-sel fotoreseptor.

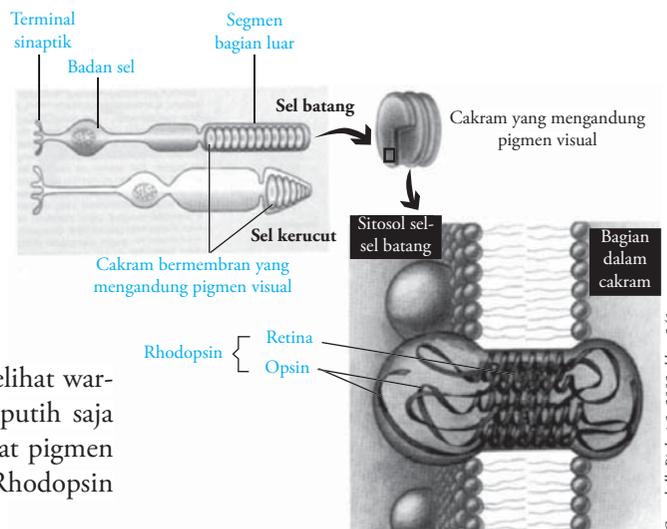
Sesuai bentuknya, di dalam retina terdapat dua sel fotoreseptor yang peka terhadap cahaya, yakni **sel batang (basi-lus)** dan **sel kerucut (konus)**.

Sel batang berjumlah 125 juta, berbentuk tinggi dan ramping. Sel ini mendeteksi bayangan cahaya dan bekerja dengan baik dalam cahaya remang (malam hari). Namun, sel batang tidak mampu melihat warna. Dengan kata lain, hanya warna hitam putih saja yang diterima. Di dalam sel batang terdapat pigmen peka cahaya yang disebut **rhodopsin**. Rhodopsin merupakan senyawa yang terbentuk dari vitamin A dan mudah terurai bila terkena



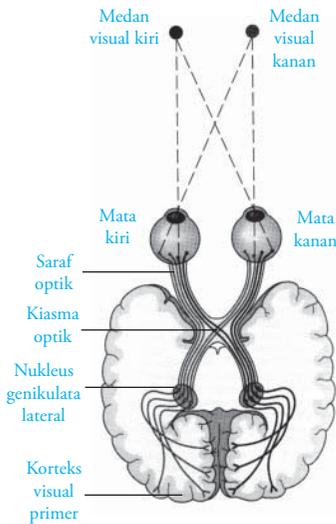
Hewitt, et al, *Aku dan Tubuhku*, 2006, hlm. 48

Gambar 2.30 Ukuran pupil dalam cahaya terang (a) dan cahaya remang (b)



Campbell, *Biologi* 3, 2002, hlm. 241

Gambar 9.31 Sel batang dan sel kerucut pada retina



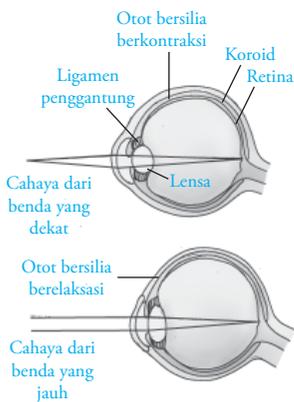
Gambar 9.32 Proses penglihatan pada mata

sinar terang. Setelah sinar terang berganti dengan sinar gelap, pigmen rhodopsin akan terbentuk kembali. Proses pembentukan pigmen rhodopsin ini dinamakan waktu adaptasi rhodopsin. Apabila kekurangan pigmen ini, seseorang dapat mengalami rabun senja.

Adapun sejumlah 6,5 juta sel kerucut berbentuk lebih pendek dan lebar. Selain itu, sel kerucut berkumpul di bagian belakang, tepatnya bintik kuning atau **fovea**. Fovea berfungsi sebagai tempat jatuhnya bayangan pada retina.

Sel kerucut yang banyak ini mampu melihat warna dan rincian halus dalam cahaya terang. Pigmen yang terdapat dalam sel kerucut adalah **iodopsin**. Iodopsin merupakan senyawa antara pigmen penyerap cahaya yakni **retinin** dan protein membran turunan vitamin A yang disebut **opsin**. Sel kerucut peka terhadap rangsang warna merah, biru, dan hijau. Akibatnya, kita dapat melihat seluruh spektrum warna dari ungu hingga merah atau kombinasi dari ketiga warna (merah, biru, dan hijau) tersebut.

Sel kerucut dapat rusak, sehingga seseorang yang mengalaminya tidak bisa membedakan warna suatu benda atau buta warna, baik warna merah, biru, ataupun kuning. Sebagai contoh, penderita dikromat dan monokromat. Pada penderita dikromat, sel kerucut yang dimiliki hanya dua. Sehingga, warna yang dilihatnya tidak sempurna, bisa dua warna atau kombinasinya. Penderita semacam ini dinamakan **penderita buta warna sebagian**. Sementara pada penderita monokromatik, tidak ada satu pun di antara ketiga warna tersebut yang dapat dilihat, hanya hitam, putih atau kelabu saja yang dapat dilihat. Orang yang mengalaminya disebut **penderita buta total**.



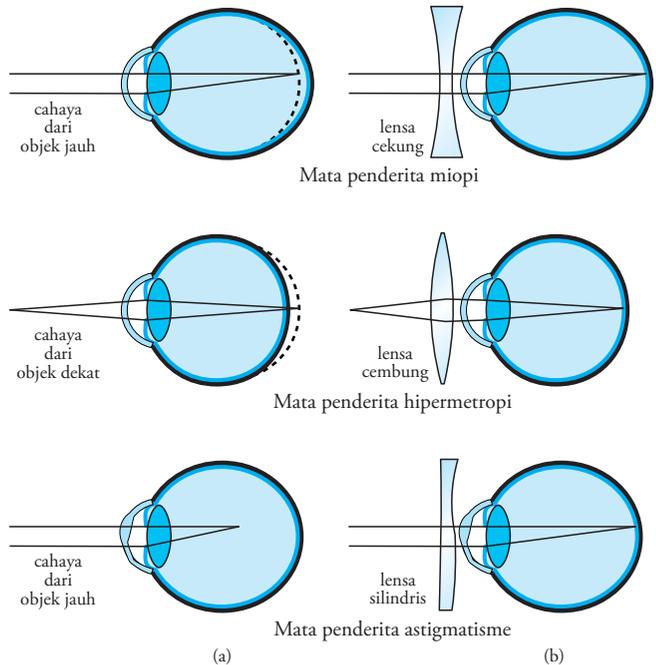
Gambar 9.33 Proses akomodasi mata

Adanya pantulan cahaya benda menjadikan mata kita dapat melihat. Cahaya yang masuk ke mata akan diteruskan menuju kornea dan melewati *aqueous humor*. Oleh iris, cahaya yang melewati pupil diatur jumlah intensitasnya. Kemudian, cahaya diteruskan menuju lensa dan diubah bentuknya sehingga fokus pada retina. Sebelum menuju retina, terlebih dahulu cahaya melewati *vitreous humor*. Bayangan yang terbentuk pada retina adalah nyata, terbalik, dan lebih kecil dari ukuran sebenarnya. Sementara, rangsangan yang dibawa cahaya akan diterima oleh sel fotoreseptor. Melalui saraf optik, impuls ini dibawa menuju bagian oksipital otak. Oleh otak, bayangan diterjemahkan sesuai bentuk benda yang asli, baik dari ukuran, warna, ataupun jaraknya.

Jarak suatu benda dapat dilihat mata karena dipengaruhi kontraksi dan relaksasi otot siliaris. Untuk melihat benda yang dekat, otot siliaris mata akan berkontraksi. Kontraksi otot ini menjadikan lensa menebal sehingga cahaya pantulan objek menjadi fokus pada retina. Sebaliknya, benda jauh dapat dilihat mata, bila otot siliaris berelaksasi. Sehingga, lensa memipih dan objek fokus pada retina.

Seperti organ tubuh kita yang lain, organ indra penglihatan juga dapat mengalami gangguan atau kelainan. Selain yang telah disebutkan sebelumnya, kelainan atau gangguan indra penglihatan antara lain:

- a. **Mata hipermetropi** atau **rabun dekat**, ialah kelainan mata akibat berlensa terlalu pipih atau bola mata yang berukuran pendek. Pada penderita hipermetropi, bayangan benda berjarak dekat dan jatuh di belakang retina, sehingga bayangan menjadi kabur. Penderitanya dibantu dengan kacamata berlensa cembung atau positif.
- b. **Mata miopi** atau **rabun jauh**, merupakan kebalikan dari rabun dekat. Pada mata miopi, lensa bola mata terlalu cembung atau ukuran bola mata terlalu panjang. Bayangan benda yang jauh, jatuh di depan retina mata penderita, sehingga bayangan menjadi kabur. Kacamata yang digunakan berlensa cekung atau negatif.
- c. **Mata presbiopi**, yakni mata yang kurang daya akomodasinya akibat mata tua. Baik benda berjarak dekat maupun jauh, semuanya tidak dapat dilihat penderita. Umumnya, gangguan mata ini diderita oleh orang yang sudah tua. Oleh karena itu, presbiopi disebut dengan **rabun tua**. Untuk membantu penglihatan, biasanya penderita menggunakan kacamata berlensa positif dan negatif (lensa rangkap).
- d. **Mata astigmatisme**, adalah kelainan yang terjadi akibat permukaan kornea mata melengkung atau berlensa tidak rata. Secara bersamaan, garis tegak dan horisontal tidak dapat dilihat penderita. Sehingga, cara yang digunakan agar penglihatan menjadi normal yakni dengan menggunakan kacamata berlensa silindris.



Gambar 9.34 Gangguan mata hipermetropi, miopi, dan astigmatisme; a) sebelum menggunakan lensa, b) setelah menggunakan lensa

2. Indra Peraba dan Perasa

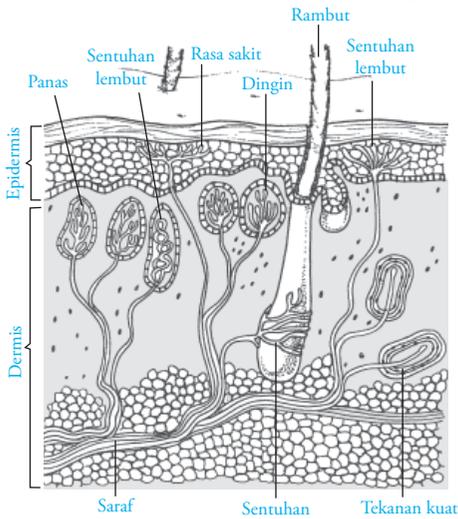
Permukaan meja yang kasar, permukaan kulit yang halus, rasa panas pada api dapat kita rasakan karena adanya suatu indra. Indra yang berperan ialah kulit. Kulit merupakan bagian tubuh yang sangat peka terhadap rangsangan. Rangsangan yang datang menuju kulit akan diterima oleh suatu reseptor khusus. Rangsangan itu bisa berupa sentuhan, tekanan lemah, tekanan keras, panas, dingin, rasa sakit, gerakan, maupun getaran.

Sentuhan, tekanan lemah, getaran, dan gerakan diterima oleh reseptor khusus yang disebut **mekanoreseptor**. Rasa sakit dapat kita rasakan karena adanya **noiseptor**. Sedangkan suhu panas dan dingin direspon oleh **termoreseptor**. Termoreseptor juga berperan mengatur fungsi suhu tubuh dengan cara mendeteksi suhu permukaan, yang bagian dalam tubuh.

Kilas

Pada bahasan organ ekskresi terutama kulit, disebutkan bahwa kulit manusia tersusun oleh dua lapisan utama, yaitu epidermis dan dermis.

Mekanoreseptor dan noiseptor terletak pada lapisan epidermis. Sementara, rangsangan yang berupa panas, dingin, dan tekanan kuat direspons oleh lapisan dermis. Ada juga reseptor yang berada pada otot rangka dan tendon dan disebut **proprioseptor**. Lihat Gambar 9.35.



Gambar 9.35 Berbagai reseptor pada kulit

Adapun saraf-saraf yang berperan merespon berbagai rangsangan dan terletak pada bagian epidermis dan dermis kulit meliputi: *korpuskula Pacini*, merupakan ujung saraf perespon tekanan kuat; *korpuskula Ruffini* merupakan ujung saraf sekeliling rambut sebagai penerima respon berupa rabaan; *korpuskula Meissner* dan lempeng (*diskus*) Merkel, sebagai ujung saraf sentuhan dan tekanan ringan; *korpuskula Krause*, yakni penerima respons rangsangan dingin; dan rasa nyeri yang direspons oleh ujung saraf selaput.

Berbagai saraf ini berperan sebagai saraf sensorik yang akan menghantarkan impuls menuju sistem saraf pusat. Letak berbagai saraf ini juga tidak tersebar merata pada seluruh bagian kulit kita. Oleh karenanya, kemungkinan bagian tubuh yang satu kemungkinan akan lebih peka terhadap rangsangan tertentu dibandingkan bagian lainnya. Semisal, ujung jari kita akan lebih peka terhadap sentuhan daripada kulit lutut.

Nah, supaya kalian lebih paham dengan bahasan indra peraba dan perasa, kalian dapat melakukan rubrik *Percobaan* berikut secara kelompok.

Percobaan

Menguji Kepekaan Indra Peraba dan Perasa

A. Dasar Teori

Pada kulit manusia terdapat reseptor yang sangat khusus. Reseptor kulit tersebut ada tiga macam yakni mekanoreseptor, noiseptor, dan termoreseptor. Mekanoesseptor amat peka terhadap tekanan lemah, sentuhan, getaran, dan gerakan; noiseptor peka pada rasa sakit; sedangkan termoreseptor peka terhadap suhu panas dan dingin.

Setiap bagian kulit tubuh kita memiliki kepekaan yang berbeda. Bagian ujung jari, misalnya, lebih peka dibandingkan bagian tubuh yang lain. Ini terjadi karena banyaknya jumlah reseptor pada setiap bagian kulit tubuh memiliki jumlah yang berlainan.

B. Tujuan

Mengetahui bagian kulit yang peka terhadap rangsangan

C. Alat dan Bahan

1. Pencil yang berujung runcing
2. Es batu yang dibungkus plastik
3. Air hangat yang dibungkus plastik

D. Langkah Percobaan

1. Ambil sebatang pencil yang runcing, sentuhkan dan tekankan sedikit ujungnya pada bagian tubuh teman kalian misalnya saja pada ujung jari, telapak tangan, atau bagian tubuh yang lain.
2. Apabila terasa sakit, tandai bagian tubuh yang terasa sakit tersebut dengan tanda (+) pada tabel dan tidak dengan tanda (-).

3. Setelah selesai, ulangi kegiatan tersebut menggunakan es batu dan air hangat untuk bagian tubuh tertentu.
4. Catat pula hasilnya pada tabel.

Tabel hasil pengamatan uji kepekaan indra peraba dan perasa

Bagian tubuh yang diamati	Rasa		
	Sakit	Hangat	Dingin
....
....
....
....
....

Perhatian: Saat melakukan tusukan ke bagian tubuh teman kalian, jangan sampai terlalu keras. Dikhawatirkan akan melukai bagian tubuh tersebut. Begitu pula, saat menempelkan bagian tubuh dengan air hangat dan air dingin. Bila dirasa sudah cukup terdeteksi kondisi hangat atau dinginnya pada kulit, hentikanlah perlakuan tersebut.

E. Pembahasan

1. Manakah bagian tubuh yang mempunyai kepekaan rasa sakit paling tinggi?
2. Manakah bagian tubuh yang memiliki kepekaan suhu paling tinggi?
3. Menurut kalian, bagian kulit manakah yang memiliki kepekaan tinggi? Mengapa demikian?
4. Presentasikan dan diskusikan hasil yang kalian peroleh di depan kelompok lainnya. Kemudian, kumpulkan hasil tersebut kepada guru kalian.

3. Indra Pendengar

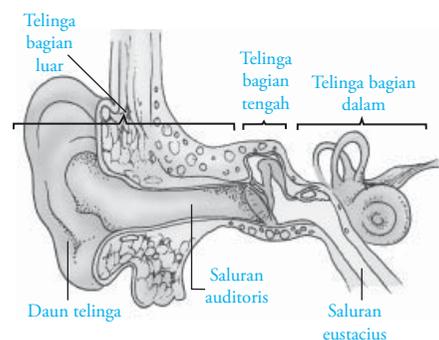
Suara musik dan penyanyi yang merdu, suara pesawat yang bising, hingga suara jangkrik yang menghiasi malam dapat kita dengarkan karena ada organ tertentu pada tubuh yang berperan. Organ yang berperan yakni telinga. Gelombang suara yang merambat melalui udara dan masuk ke telinga membuat suara tersebut terdengar. Di dalam telinga, gelombang suara akan diubah menjadi getaran yang selanjutnya diterima oleh **fonoreseptor**. Berikut akan disampaikan struktur, fungsi dan mekanisme penghantaran impuls pada telinga.

a. Struktur Telinga

Secara struktural, telinga manusia terbagi menjadi tiga bagian, meliputi telinga bagian luar, telinga bagian tengah, dan telinga bagian dalam. Lihat Gambar 9.36.

Telinga bagian luar terdiri atas daun telinga, liang telinga, dan gendang telinga (membran timpani).

Daun telinga berfungsi menangkap gelombang/getaran suara supaya dapat masuk ke dalam telinga. Selanjutnya, getaran suara disalurkan menuju **liang telinga** atau **saluran auditori**. Di dalam liang telinga terdapat bulu-bulu halus dan kelenjar yang menghasilkan zat be-



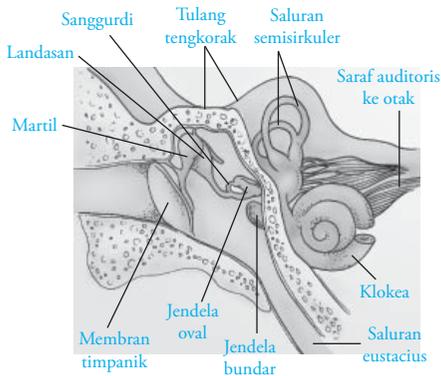
Gambar 9.36 Telinga dan bagian-bagiannya

rasa pahit. Bulu-bulu halus berperan dalam proses penyaringan debu-debu atau kotoran yang masuk ke dalam telinga. Sementara, zat yang disekresikan oleh kelenjar tersebut berfungsi untuk menghalangi dan membunuh binatang yang masuk menuju telinga.

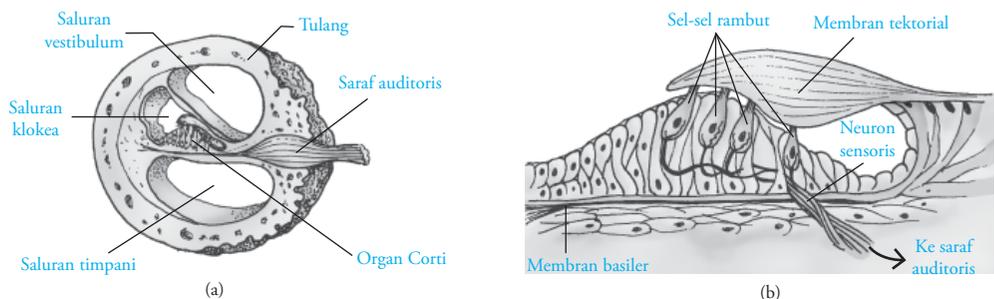
Dari liang telinga, getaran suara akan ditangkap oleh **gendang telinga** atau **membran timpani**. Adanya membran timpani membuat getaran suara tersebut mengalami resonansi atau vibrasi (getaran). Apabila membran timpani rusak, getaran tidak dapat diterima dengan baik. Akibatnya, suara yang didengar kacau atau sama sekali tak terdengar.

Setelah melewati membran timpani, selanjutnya getaran suara masuk menuju telinga bagian tengah. Pada bagian tengah, telinga tersusun atas tiga tulang kecil (osikula) yakni **tulang martil** (*maleus*), **tulang landasan** (*incus*), dan **tulang sanggurdi** (*stapes*). Secara berurutan, getaran akan melewati ketiga tulang tersebut. Kemudian, getaran masuk ke telinga bagian dalam melalui **jendela oval**. Oleh **pembuluh Eustachius**, rongga telinga bagian tengah ini dihubungkan dengan rongga mulut. Pembuluh ini berperan dalam menjaga keseimbangan tekanan udara antara telinga bagian luar dengan telinga bagian dalam. Keseimbangan tekanan udara di antara dua bagian tersebut menjadikan membran timpani terjaga keutuhan atau tidak rusak.

Selanjutnya, dari telinga bagian tengah, getaran akan diteruskan menuju **telinga bagian dalam**. Pada bagian dalam, telinga manusia terdiri atas labirin tulang dan labirin selaput. **Labirin tulang** tersusun oleh beberapa bagian, yaitu **serambi** (*vestibulum*), **saluran setengah lingkaran** (*kanal semisirkularis*), dan **rumah siput** (*koklea*). Serambi dan saluran setengah lingkaran berperan dalam proses keseimbangan, sedangkan koklea berperan dalam pendengaran. Lihat Gambar 9.37.



Gambar 9.37 Struktur telinga bagian tengah dan bagian dalam.



Gambar 9.38 (a) struktur koklea, (b) struktur organ Corti

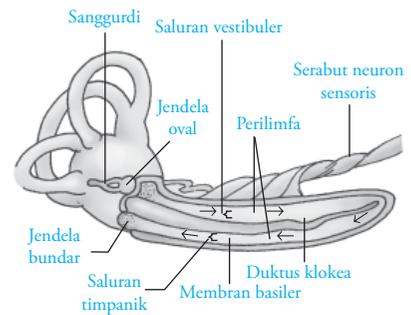
Koklea terbagi menjadi dua ruangan, yakni bagian atas terdapat **saluran vestibulum** dan bagian bawah terdapat **saluran koklea**. Di antara kedua saluran ini dipisahkan oleh saluran berukuran kecil yang dinamakan **saluran timpani**. Saluran vestibulum berhubungan dengan jendela oval, sementara saluran timpani terkait dengan **jendela**

bundar yang menghubungkan telinga tengah. Di dalam saluran vestibulum dan saluran timpani terisi oleh cairan yang dinamakan **perilimfa**, dan saluran koklea terisi dengan **cairan endolimfa**. Selain berisi cairan, selaput dasar saluran koklea (membran basiler) terdapat **organ Corti** yang mengandung sel-sel rambut. Adanya organ Corti menjadikan getaran dapat direspons oleh saraf auditori dan selanjutnya dikirim menuju sistem saraf pusat (otak) dalam bentuk impuls saraf. Perhatikan Gambar 9.38.

b. Mekanisme Pendengaran pada Telinga

Semua suara atau bunyi dari luar tubuh dapat kita dengarkan karena masuk dalam bentuk gelombang suara yang melalui medium udara. Sebelum telinga kita mendengar bunyi, terlebih dahulu daun telinga akan menangkap dan mengumpulkan gelombang suara. Selanjutnya, gelombang suara masuk ke dalam liang telinga (saluran pendengaran) dan ditangkap gendang telinga (membran timpani). Akibatnya, gelombang suara tersebut terjadi vibrasi (getaran). Getaran ini akan diteruskan menuju telinga tengah melalui tiga tulang kecil (osikula) yakni tulang martil (*malleus*), tulang landasan (*inkus*), dan tulang sanggurdi (*stapes*).

Dari tulang sanggurdi, getaran diteruskan melalui jendela oval menuju koklea yang berisi cairan. Selanjutnya, getaran diteruskan menuju jendela bundar dengan arah gerak yang berlawanan. Setelah itu, getaran akan diterima oleh sel-sel rambut (fonoreseptor) di dalam organ Corti. Getaran dalam cairan koklea akan menggetarkan membran basiler, dan getaran ini juga akan menyebabkan membran tektorial ikut bergetar. Getaran akan diubah menjadi impuls saraf, yang selanjutnya dihantarkan saraf auditori menuju otak. Otak akan memberikan tanggapan, sehingga kita dapat mendengar suara.



Gambar 9.39 Pergerakan getaran suara

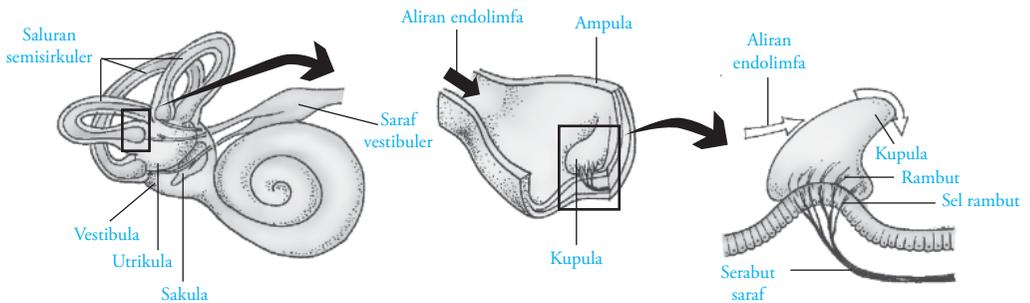
c. Mekanisme Keseimbangan dalam Telinga

Ketika kita berjalan di atas balok titian, mekanisme keseimbangan tubuh akan berusaha dijaga. Bagian tertentu dalam telinga turut menjaga mekanisme keseimbangan dalam tubuh tersebut. Dengan demikian, selain berperan dalam pengolahan gelombang suara, telinga juga berfungsi sebagai alat keseimbangan tubuh saat melakukan gerakan dan perubahan gravitasi.

Bagian telinga yang berfungsi sebagai keseimbangan terletak di atas koklea yakni **tiga saluran setengah lingkaran** (saluran semisirkuler) dan **serambi** (vestibulum). Seperti yang telah dijelaskan sedikit di depan, kedua bagian ini berisi cairan limfa.

Pada bagian dasar saluran semisirkuler terdapat bagian membesar yang disebut **ampula**. Di dalam ampula tersusun banyak sel rambut kecil bersilia. Sel rambut berfungsi sebagai reseptor dan dinamakan **krista**. Krista terbenam dalam suatu zat seperti gelatin yang disebut **kupula**. Apabila kepala kita melakukan gerakan menggeleng, cairan

perilimfa akan bergoyang dan menstimulasi sel-sel rambut untuk mengirimkan impuls saraf ke otak. Bagian inilah yang berperan dalam kesetimbangan gerakan.



Gambar 9.40 Alat kesetimbangan pada telinga

Sementara itu, vestibulum berperan saat terjadi kesetimbangan gravitasi. Vestibulum tersusun atas dua bagian berbentuk kantung dan berlapis sel-sel rambut dan silia. Dua bagian ini meliputi **sakula** dan **utrrikula**, yang di dalamnya berisi cairan endolimfa. Pada bagian dinding sakula dan utrikula terdapat bagian yang tersusun dari zat kapur. Bagian yang dimaksud disebut **otolit**. Adanya perubahan gravitasi saat kepala menunduk atau menggeleng (tubuh bergerak), dapat menyebabkan otolit bergerak. Perubahan posisi otolit tersebut mengakibatkan silia melengkung, sehingga menstimulasi impuls saraf untuk dikirim menuju otak. Informasi dari otak menjadikan posisi kepala dapat diketahui.

Untuk mengetahui mekanisme kesetimbangan tubuh, ada baiknya kalian lakukan tugas rubrik *Telisik* berikut secara mandiri.

T e l i s i k

Lakukan gerakan berputar dengan cepat pada tubuh kalian sebanyak 5 kali atau lebih dengan cepat. Setelah itu, berhenti dan duduklah. Apa yang kalian rasakan pada kepala setelah berhenti berputar? Adakah kaitannya dengan mekanisme kesetimbangan tubuh? Presentasikan dan diskusikan hasil yang kalian peroleh di depan kelas.

d. Gangguan atau Kelainan pada Indra Pendengaran

Indra pendengaran dapat mengalami gangguan atau kelainan yang disebut **tuli**. Menurut asal penyebabnya, penyakit tuli terdiri atas dua macam yakni tuli konduksi dan tuli saraf. **Tuli konduksi** terjadi karena gangguan saluran pendengaran seperti penyumbatan oleh kotoran, pengapuran pada tulang telinga, dan pecahnya membran timpani. Sedangkan **tuli saraf**, yakni gangguan yang terjadi karena organ Corti rusak. Orang yang mengalami tuli saraf badannya sudah lanjut usia.

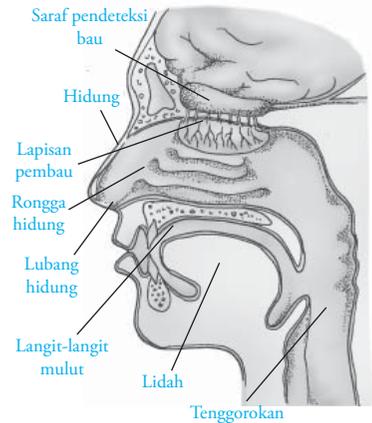
Nah, setelah mengetahui bahasan indra pendengaran, selanjutnya kalian selesaikan rubrik *Telisik* berikut.

Bersama teman kelompok, carilah berbagai gangguan atau kelainan pada indra pendengaran manusia. Cari pula cara untuk mencegah atau mengatasinya. Kalian dapat mencari informasi tersebut melalui surat kabar, tabloid, majalah, internet ataupun instansi kesehatan seperti puskesmas dan rumah sakit. Presentasikan dan diskusikan hasil yang diperoleh, kemudian kumpulkan kepada guru.

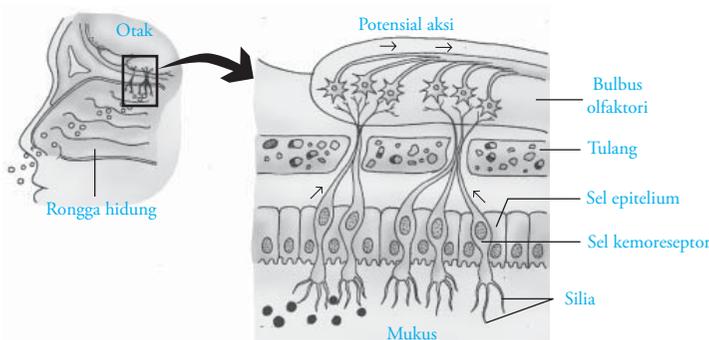
4. Indra Pembau

Bau farfum yang harum dan bau masakan yang nikmat dapat kita rasakan karena adanya indra pembau. Organ yang berperan sebagai indra pembau ialah hidung. Hidung memiliki reseptor khusus yang disebut **kemoreseptor**. Bagian yang berperan sebagai kemoreseptor pada hidung yakni **sel olfaktori** yang terletak pada jaringan epitel olfaktori di langit-langit rongga hidung.

Setiap epitel olfaktori pada kedua rongga hidung mempunyai ukuran luas kurang lebih 250 mm^2 . Udara yang masuk ke dalam rongga hidung tentu akan melaluinya. Di dalam sel-sel olfaktori terdapat sekumpulan rambut mikro atau silia. Silia akan mendeteksi partikel-partikel pembawa bau tertentu dari udara, yang melewati hidung sehingga mendarat pada silia. Partikel-partikel ini larut dalam lapisan mukus. Silia berhubungan dengan sel saraf olfaktori yang membawa impuls saraf menuju otak. Cermati Gambar 9.42.



Gambar 9.41 Hidung dan bagian-bagiannya



Gambar 9.42 Epitel olfaktori

Berdasarkan strukturnya, sel reseptor pada epitel olfaktori memiliki dua jenis sel. Namun, berdasarkan fungsinya, sel-sel reseptor tersebut terbagi atas tujuh macam sel. Bau-bauan yang kita rasakan, sebenarnya gabungan dari berbagai macam bahan kimia kompleks. Bau-bauan primer yang dapat kita rasakan misalnya bunga, kamper, *peppermint*, bau menusuk, dan bau tengik.

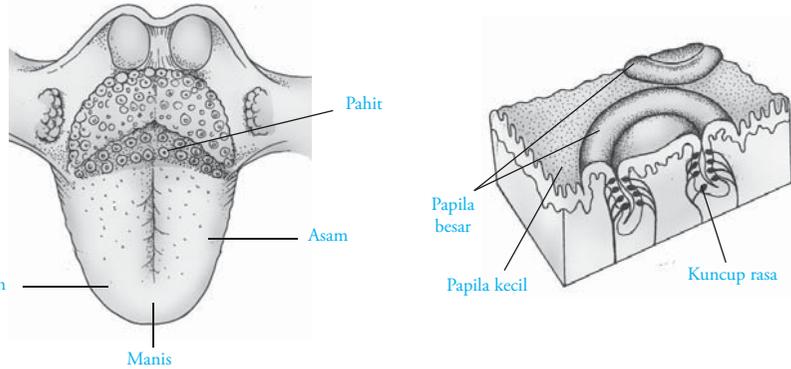
5. Indra Pengecap

Kita bisa mengatakan bahwa gula berasa manis, sedangkan obat terasa pahit. Kemudian, kita juga bisa mengatakan bahwa makanan itu enak atau sebaliknya. Ini dapat kita ketahui karena di rongga mulut kita terdapat organ pengecap. Organ demikian disebut **lidah**.



Dok. PIM

Gambar 9.43 Kelezatan makanan dapat terasa oleh lidah



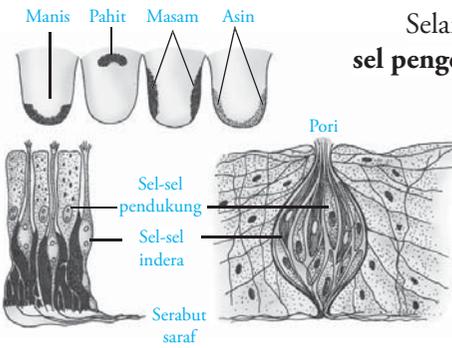
Gambar 9.44 Lidah dan bagian-bagiannya

Sebagian besar kuncup rasa berada pada permukaan lidah. Sementara yang lainnya, terletak pada langit-langit lunak tinggi di belakang mulut. Secara struktural, kuncup rasa terletak pada epitel lidah dan bersanding dengan tonjolan-tonjolan kecil yang dinamakan papila. Pada lidah, papila memiliki jumlah yang amat banyak, yakni sekitar 2.000 buah. Bentuk papila ada yang besar dan kecil.

Selain ciri tersebut, kuncup rasa tersusun atas **sel pendukung** dan **sel pengecap**. Pada bagian permukaan sel pengecap terdapat **mikrovilius** yang merespon rangsangan berbagai rasa. Selanjutnya, sel pengecap ini berhubungan dengan banyak sel saraf yang akan mengirimkan impuls menuju otak untuk ditanggapi.

Ada ratusan rasa yang berbeda. Namun, semuanya merupakan campuran dari empat rasa pengecap dasar, yakni manis, asam, asin, dan pahit. Berbagai rasa ini dapat dikecap oleh bagian lidah yang berbeda. Bagian depan lidah digunakan mengecap rasa manis; bagian samping depannya berfungsi mengecap rasa asin; bagian samping belakang pada kedua sisi lidah digunakan sebagai pengecap rasa asam; dan bagian pangkal lidah sebagai pengecap rasa pahit. Perhatikan Gambar 9.44.

Ketika kita mengunyah makanan, kemungkinan uap keluar melalui faring mulut menuju rongga hidung. Uap ini akan terdeteksi oleh reseptor bau, sehingga menambah cita rasa makanan tersebut. Selain bau, terdapat pula faktor yang lain sehingga makanan dapat memiliki cita rasa yakni suhu dan sentuhan. Oleh karena itu, ketiga indra yaitu pengecap, pembau, dan peraba saling memiliki kaitan di dalam otak.



Gambar 9.45 Struktur kuncup rasa

Untuk membuktikan berbagai rasa yang dapat diidentifikasi in-dra pengecap, kalian dapat melakukan rubrik *Percobaan* berikut secara kelompok.

Percobaan

Menguji Rasa pada Indra Pengecap

A. Dasar Teori

Pada dasarnya indera pengecap atau lidah memiliki struktur yang sangat peka terhadap rangsangan kimiawi dari makanan. Bagian yang berperan sebagai kemoreseptor ialah kuncup rasa atau tunas rasa. Berbagai rasa pengecap dasar pada lidah meliputi manis, asam, asin, dan pahit.

Pada bagian depan lidah digunakan mengecap rasa manis; bagian samping depannya berfungsi mengecap rasa asin; bagian samping belakang pada kedua sisi lidah digunakan sebagai pengecap rasa asam; dan bagian pangkal lidah sebagai pengecap rasa pahit.

B. Tujuan

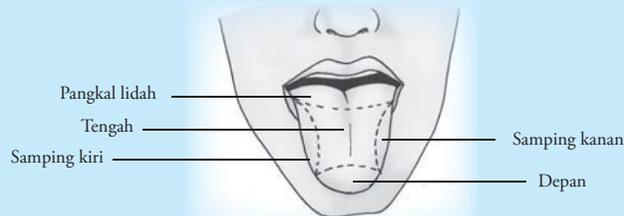
Mengetahui pembagian daerah pengecap pada lidah

C. Alat dan Bahan

1. Empat buah kuas atau *cutton bud*
2. Larutan gula
3. Larutan garam
4. Larutan kina
5. Larutan asam

D. Langkah Percobaan

1. Ambil kuas atau *cutton bud*, selanjutnya celupkan ke dalam larutan rasa manis.
2. Mintalah tolong kepada salah satu teman untuk menjulurkan lidahnya. Kemudian, oleskan kuas atau *cutton bud* tersebut pada bagian-bagian permukaan lidah berikut.



3. Catat hasil yang dirasakan teman kalian pada tabel dengan menggunakan tanda positif (+) dan negatif (-). Selanjutnya, minta teman kalian untuk berkumur.
4. Lakukan langkah 1 sampai 3 di atas untuk larutan garam, larutan kina, dan larutan asam.

Tabel Hasil Pengamatan Uji Indra Pengecap

Rasa	Bagian lidah			
	Depan	Samping kanan-kiri	Tengah	Pangkal
Manis				
Asam				
Pahit				
Asin				

E. Pembahasan

1. Apakah setiap bagian lidah mempunyai reseptor terhadap rasa yang berbeda?
2. Sebutkan bagian lidah yang peka terhadap rasa manis, asin, asam, dan pahit.

3. Apabila percobaan ini dilakukan kepada teman kalian yang lain, apakah akan mendapatkan hasil yang sama?
4. Presentasikan dan diskusikan hasil yang diperoleh di depan kelompok lain. Setelah selesai, kumpulkan hasilnya kepada Bapak/Ibu Guru.

Bahasan seluruh subbab sistem indra kalian pelajari, untuk menguji pemahaman kalian tersebut, selesaikan *Uji Kompetensi* berikut.

Uji Kompetensi

Selesaikan soal berikut dengan tepat.

1. Apa yang dimaksud dengan alat indra?
2. Sebutkan bagian dalam yang dimiliki bola mata.
3. Mengapa seseorang bisa mengalami gangguan miopi?
4. Bagaimanakah mekanisme kesetimbangan gerakan dapat terjadi dalam tubuh kita? Jelaskan.
5. Gambarlah struktur kuncup rasa dengan keterangan bagian-bagiannya.

Ikhtisar

1. Rangsangan (stimulus) diartikan sebagai segala sesuatu yang menyebabkan perubahan pada tubuh atau bagian tubuh tertentu. Sedangkan alat tubuh yang menerima rangsangan tersebut dinamakan indra (reseptor).
2. Setiap neuron tersusun atas badan sel, dendrit, dan akson (neurit). Dendrit berfungsi menerima impuls (rangsang) yang datang dari reseptor. Akson berperan dalam menghantarkan impuls dari badan sel menuju efektor, seperti otot dan kelenjar.
3. Berdasarkan struktur dan fungsinya, neuron dikelompokkan dalam tiga bagian, yaitu neuron sensorik, neuron motorik, dan interneuron. Fungsi neuron sensorik yakni meneruskan impuls (rangsangan) dari reseptor menuju sistem saraf pusat (otak dan sumsum tulang belakang). Neuron motorik merupakan neuron yang berperan meneruskan impuls dari sistem saraf pusat ke otot dan kelenjar. Interneuron merupakan neuron yang membawa impuls dari sensorik atau interneuron lainnya.
4. Penghantaran impuls saraf melalui membran plasma terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi ion Na^+ dan ion K^+ di dalam dan di luar membran. Prosesnya melewati empat fase, meliputi fase polarisasi, depolarisasi, repolarisasi, dan refraktori.
5. Penghantaran impuls saraf menggunakan sinaps dilakukan dengan bantuan neurotransmitter melalui tombol sinaps. Akibatnya, impuls dapat bergerak menuju ujung akson sel saraf lainnya.
6. Mekanisme terjadinya gerak refleks yakni: rangsangan \rightarrow reseptor \rightarrow neuron sensorik \rightarrow sumsum tulang belakang \rightarrow neuron motorik \rightarrow efektor.
7. Sistem saraf manusia tersusun atas dua jenis, yaitu sistem saraf sadar (somatik) dan sistem saraf tak sadar (otonom). Sistem saraf sadar terdiri atas sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi, sementara saraf tak sadar yakni saraf simpatik dan parasimpatik yang kerjanya saling berlawanan.
8. Otak sebagai sistem saraf pusat merupakan pusat koordinasi dan kontrol seluruh aktivitas tubuh. Sementara, sumsum tulang berperan menghubungkan impuls dari saraf sensorik ke otak dan seba-

liknya, menghubungkan impuls dari otak ke saraf motorik; memungkinkan menjadi jalur terpendek pada gerak refleks.

9. Sistem saraf tepi merupakan bagian dari sistem saraf tubuh yang meneruskan rangsangan (impuls) menuju dan dari sistem saraf pusat. Di dalamnya terdiri atas saraf kranial dan saraf spinal.
10. Hormon merupakan suatu zat yang dihasilkan oleh kelenjar endokrin. Jenis kelenjar endokrin meliputi kelenjar hipofisis, tiroid, paratiroid, timus, pankreas, adrenal, ovarium, testis, dan kelenjar pencernaan.
11. Alat indra yang dimiliki manusia ada 5 macam, meliputi indra penglihat, peraba dan perasa, pencium, dan pengecap.

Senarai kata

Abnormal Tidak normal

Asetilkolin Neurotransmitter yang terdapat pada interneuron, otot, dan sinapsis

Dopamine Neurotransmitter yang dalam kadar rendah dapat menyebabkan penyakit Parkinson

Embrio Janin, atau individu baru hasil pembuahan gamet betina oleh gamet jantan dan mengalami pertumbuhan sampai bentuk definitif

Hidrolis Pemecahan asam amino yang melibatkan air

Kelenjar eksokrin Kelenjar yang menghasilkan hormon dan disalurkan melalui saluran khusus

Kelenjar endokrin Kelenjar yang menghasilkan hormon dan diedarkan tanpa saluran khusus (melalui darah)

Kontraksi Keadaan otot sedang bekerja

Membran basiler Selaput yang terletak didasar organ Corti

Membran sel/membran plasma Lapisan atau selaput yang memiliki sifat semipermeabel

Membran tektorial Selaput yang berada di atas organ Corti sebagai tempat pertautan rambut sel-sel reseptor

Noradrenalin Neurotransmitter yang dihasilkan terminal pascasinapsis pada sistem saraf parasimpatik

Permeabilitas Daya tembus

Regulasi Pengaturan

Relaksasi Keadaan otot sedang beristirahat

Silia Rambut

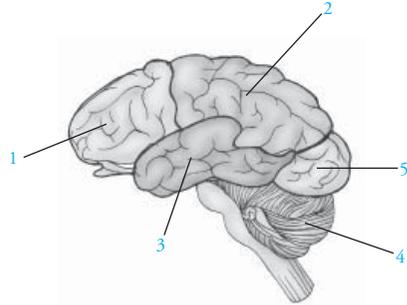
Ulangan Harian

A Pilihlah satu jawapan yang paling tepat.

1. Segala sesuatu yang menyebabkan perubahan pada tubuh atau bagian tubuh tertentu dinamakan
 - a. respon
 - b. impuls
 - c. indra
 - d. stimulus
 - e. efektor
2. Bagian sel saraf yang mengalami penjurulan panjang dan tidak bercabang pada badan sel yakni
 - a. badan sel
 - b. akson
 - c. dendrit
 - d. sel Schwann
 - e. selubung mielin

3. Suatu zat kimia yang berperan dalam proses pengangkutan impuls dari satu neuron ke neuron lain melalui sinapsis disebut
 - a. dopamine
 - b. asetilkolin
 - c. natrium klorida
 - d. neurotransmitter
 - e. serotonin
4. Bersin, batuk, menguap, menggaruk bila gatal, kaget, dapat terjadi karena adanya....
 - a. rangsangan dari luar
 - b. impuls yang menuju otak
 - c. refleks dalam tubuh
 - d. metabolisme tubuh
 - e. sekresi hormon adrenalin
5. Berikut adalah komponen system saraf manusia: 1) neuron motorik, 2) neuron sensorik, 3) otak, 4) sumsum tulang belakang, 5) efektor, 6) reseptor. Bila terjadi gerak refleks, maka jalurn yang ditempuh sebuah impuls adalah....
 - a. 6-4-3-2-5
 - b. 6-2-4-1-5
 - c. 5-4-3-2-6
 - d. 5-2-4-1-6
 - e. 5-1-4-2-6
6. Susunan saraf pusat manusia terdiri atas
 - a. otak dan serabut saraf
 - b. otak dan sumsum tulang belakang
 - c. sumsum lanjutan dan sumsum tulang belakang
 - d. sumsum lanjutan dan serabut saraf
 - e. saraf sadar dan saraf tak sadar
7. Cairan serebrospinal dalam meninges otak dan sumsum tulang belakang berfungsi....
 - a. melindungi otak dan sumsum tulang belakang dari benturan
 - b. sebagai penghubung antarbagian dalam otak dan sumsum tulang belakang
 - c. menjaga impuls tetap melalui jalur saraf pada otak dan sumsum tulang belakang
 - d. sebagai neurotransmitter
 - e. ikut mengendalikan sistem saraf tepi

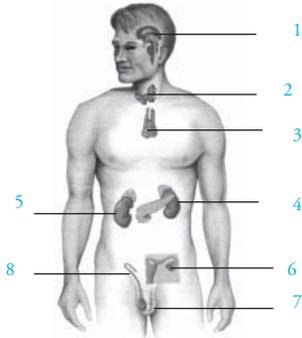
8. Tempat penyeberangan impuls dari alat tubuh bagian kanan ke bagian kiri atau sebaliknya pada otak adalah....
 - a. otak tengah
 - b. otak kecil
 - c. sumsum lanjutan
 - d. jembatan varol
 - e. hipotalamus
9. Perhatikan gambar berikut.



Bagian otak yang berperan saat berpikir ditunjukkan oleh

- a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
 - e. 5
10. Sebuah penyakit memiliki ciri-ciri berikut; tangan gemeteran saat istirahat, gerak susah, mata sulit berkedip, dan otot kaku sehingga langkah kaki menjadi kaku, ialah salah satu ciri penyakit....
 - a. stroke
 - b. neuritis
 - c. amnesia
 - d. epilepsi
 - e. parkinson
 11. Kelenjar Langerhans menghasilkan hormon yang berfungsi untuk....
 - a. mempertinggi tekanan darah
 - b. mengubah glikogen menjadi glukosa
 - c. memecah glukosa menjadi glikogen
 - d. membentuk glikogen dari glukosa
 - e. mengubah asam amino menjadi protein

12. Perhatikan gambar berikut.

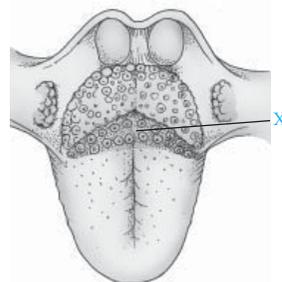


Dua jenis hormon yang fungsinya antagonis sehingga mampu mengatur kadar gula darah dihasilkan oleh kelenjar.....

- a. 5 dan 6
 - b. 1 dan 2
 - c. 3 dan 4
 - d. 4 dan 5
 - e. 7 dan 8
13. Pengeluaran air susu ibu diatur oleh hormon
- a. progesteron
 - b. adrenalin
 - c. estrogen
 - d. kortison
 - e. prolaktin
14. Basedowi, maksidema, dan gondok adalah penyakit karena....
- a. kekurangan tiroksin
 - b. kelebihan hormon insulin
 - c. kerusakan pancreas
 - d. kerusakan langerhans
 - e. kelebihan tiroksin
15. Naiknya tekanan darah akibat menyempitnya pembuluh nadi dapat dipengaruhi oleh hormon....
- a. insulin
 - b. sekretin
 - c. adrenalin
 - d. tiroksin
 - e. asetilkolin
16. Pengaturan ion kalsium dan fosfat dalam jaringan diatur oleh hormon yang dihasilkan oleh kelenjar....

- a. gondok
- b. epifisis
- c. paratiroid
- d. anak ginjal
- e. anak gondok

17. Sehabis kita berada di halaman yang terang dan panas kemudian masuk ke kamar yang redup dan sebaliknya, maka sesaat kita sukar mengamati benda yang ada. Hal ini terjadi karena perlu waktu adaptasi. Pada waktu ini terjadi perubahan zat yang disebut.....
- a. iodopsin
 - b. opsin
 - c. rhodopsin
 - d. retinin
 - e. vitamin
18. Hipermetropi dapat ditolong dengan menggunakan kacamata....
- a. berlensa cekung
 - b. berlensa cembung
 - c. berlensa silindris
 - d. berlensa datar
 - e. berlensa warna
19. Ada orang yang kurang mampu membedakan warna. Ketidakmampuan ini disebabkan oleh adanya kelainan pada bagian mata yaitu....
- a. menyangkut kerucut (konus)
 - b. kelainan pada sel konusnya
 - c. kelainan pada lensa matanya
 - d. kelainan pada bintik kuningnya
 - e. kerusakan pada kornea
20. Perhatikan gambar berikut.



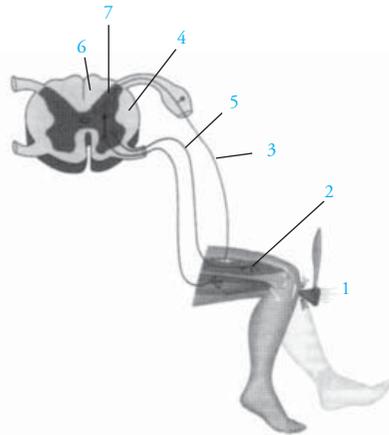
Bagian permukaan lidah yang berlabel X berfungsi untuk mendeteksi rangsangan rasa....

- a. manis
- b. asin
- c. asam
- d. pahit
- e. hambar

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

1. Unit dasar sistem saraf adalah sel saraf.
 - a. Gambarkan sebuah sel saraf lengkap dengan bagian-bagiannya!
 - b. Berdasarkan fungsinya sel saraf dibedakan fungsinya menjadi 4. Sebutkan dan jelaskan fungsi dari masing-masing bagian sel saraf tersebut.
2. Buatlah skema sederhana proses penghantaran impuls melalui sinapsis.
3. Bagaimanakah mekanisme terjadinya penghantaran impuls pada sumsum tulang belakang?
4. Lapisan meninges yang membungkus otak dan sumsum tulang belakang terdiri atas tiga bagian. Sebutkan ketiga jenis lapisan tersebut.
5. Sebutkan sifat, asal saraf, dan fungsi saraf asesori pada saraf kranial.

6. Perhatikan gambar berikut.



Gambar tersebut menunjukkan jalan yang dilalui impuls saat terjadi gerak refleks. Urutkan jalan impuls mulai dari reseptor hingga efektor adalah?

7. Mengapa kelenjar hipofisis disebut *master of gland*?
8. Apakah fungsi hormon adrenalin dalam tubuh?
9. Apa yang menyebabkan seseorang mengalami buta warna sebagian?
10. Buatlah skema sederhana proses penghantaran gelombang suara hingga suara terdengar pada telinga.

B a b X

Sistem Reproduksi pada Manusia



Dok. PIM

Bagi sebagian orang, kebahagiaan keluarga adalah segala-galanya. Di sana, sepasang suami istri membina rumah tangga melalui ikatan pernikahan. Dari sana pula, mereka berjuang meraih kebahagiaan hidup. Namun, sebahagia apa pun, umumnya sepasang suami istri masih akan merasa kurang bila anak atau keturunan belum hadir di tengah mereka. Kedatangan keturunan ini tentu tidak terlepas dari sistem reproduksi manusia. Lalu apa sistem reproduksi manusia itu? Bab inilah yang membahasnya.

Kata Kunci

- Reproduksi
- Sel sperma
- Sel telur
- Ovulasi
- Fertilisasi
- Menstruasi

Pada bab berikut, kita akan mempelajari sistem reproduksi manusia, baik pria ataupun wanita. Selain itu, kita juga membahas beberapa proses yang terkait dengan sistem reproduksi, seperti ovulasi, menstruasi, fertilisasi, gestasi, persalinan, dan ASI. Penting pula kita ketahui mengenai berbagai gangguan dan kelainan yang dapat terjadi pada sistem reproduksi.

Setelah mempelajari materi tersebut, kalian diharapkan mampu menjelaskan struktur, fungsi, dan proses yang terjadi pada sistem reproduksi manusia. Selain itu, kalian juga diharapkan mampu menjelaskan proses-proses pembentukan sel kelamin, ovulasi, menstruasi, fertilisasi, dan pemberian ASI. Tak kalah penting, kalian juga diharapkan mampu menjelaskan berbagai kelainan atau penyakit yang dapat terjadi pada sistem reproduksi manusia sekaligus cara mencegah serta cara mengatasinya.

A. Sistem Reproduksi pada Pria

Manusia, baik pria maupun wanita diberikan kemampuan untuk bereproduksi. Seandainya manusia tidak mampu bereproduksi, tentu keberadaan manusia di muka bumi akan punah. Sistem reproduksi pria dan wanita saling melengkapi, sehingga manusia dapat menghasilkan keturunan.

Masih ingatkah kalian tentang definisi sistem organ? Sistem organ adalah kumpulan dari beberapa organ yang secara bersama-sama melakukan satu fungsi. Jadi, yang dimaksud sistem reproduksi adalah kumpulan dari beberapa organ yang bersama-sama melaksanakan fungsi reproduksi.

Sistem reproduksi pria terdiri atas alat-alat reproduksi, proses pembentukan sel sperma (spermatogenesis), dan berbagai hormon yang ikut berperan dalam sistem reproduksi. Untuk lebih jelasnya, mari kita simak uraian berikut.

1. Alat-Alat Reproduksi pada Pria

Pria tentu memiliki berbagai alat reproduksi. Alat reproduksi pria berfungsi untuk menghasilkan sel kelamin pria yakni sperma. Di samping itu, alat reproduksi pria juga berfungsi dalam proses pelepasan sperma ke saluran sel kelamin wanita.

Berdasarkan letaknya, alat reproduksi pria terbagi menjadi dua bagian. Bagian yang berada di dalam tubuh dinamakan alat reproduksi dalam, sedangkan bagian yang terletak di luar dinamakan alat reproduksi luar. Masing-masing bagian ini saling berhubungan dan tidak terpisah.

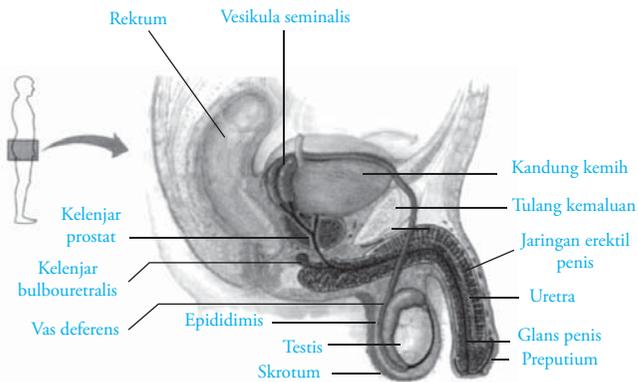
a. Alat Reproduksi Dalam

Alat reproduksi dalam pria meliputi testis, saluran reproduksi, dan kelenjar kelamin. Simak bahasannya berikut.

1) Testis

Pria mempunyai testis (jamak = testes) berjumlah sepasang. Bentuknya bulat seperti telur. Pada pria, testis berada di sebelah kanan-kiri tubuh dan terlindungi oleh sebuah kantung. Kantung tersebut dinamakan **kantung pelir** atau **skrotum**. Dalam sistem reproduksi, testis berfungsi sebagai penghasil sperma dan hormon kelamin.

Setiap harinya, seorang laki-laki dewasa menghasilkan lebih dari seratus juta sperma. Pembentukan sperma ini terjadi di dalam dalam saluran sempit yang dinamakan **tubulus seminiferus**. Di antara tubulus seminiferus terdapat sel-sel interstisium atau **sel-sel Leydig**. Sel-sel ini menghasilkan hormon testosteron dan hormon androgen lainnya. Simak Gambar 10.1.



Campbell, Reece, Mitchell, Biologi 1, 2004, hlm. 157

Gambar 10.1 Alat-alat reproduksi pria tampak dari samping

2) Saluran Reproduksi

Pada alat reproduksi pria terdapat berbagai macam saluran reproduksi, meliputi epididimis, vas deferens, saluran ejakulasi, dan uretra.

Epididimis merupakan sebuah saluran yang berada dalam skrotum dan keluar dari kedua testis. Oleh karena itu, saluran ini jumlahnya sepasang. Epididimis memiliki struktur yang berkelak-kelok. Sementara, panjangnya mencapai 6 meter. Di dalam saluran ini, sel sperma disimpan sementara hingga matang. Setelah matang, sel sperma bergerak meninggalkan saluran epididimis menuju vas deferens.

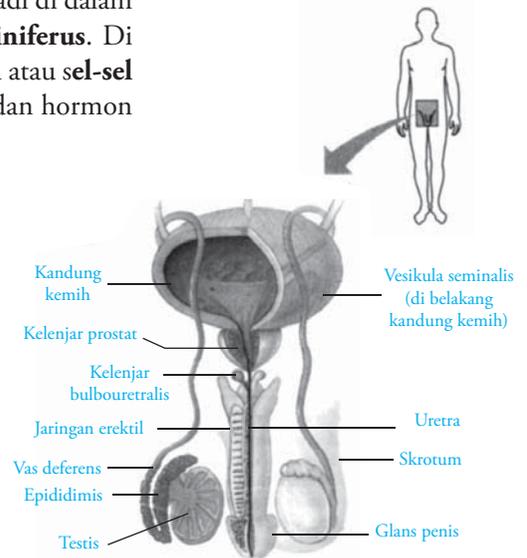
Vas deferens merupakan saluran reproduksi yang berfungsi sebagai tempat Bergeraknya sperma dari epididimis menuju kantung semen (kantung mani) atau **vesikula seminalis**. Pada satu ujung, vas deferens menempel epididimis, sedangkan ujung lainnya berada dalam kelenjar prostat.

Dari vas deferens, sel sperma bergerak menuju **saluran ejakulasi**. Saluran ini berfungsi sebagai tempat penghubung Bergeraknya sel sperma menuju uretra. Secara struktural, saluran ini amat pendek.

Setelah melewati saluran ejakulasi, sperma keluar tubuh melalui uretra. **Uretra** merupakan saluran reproduksi yang berada dalam penis. Selain itu, uretra juga berfungsi sebagai tempat saluran ekskresi urine dari kantung kemih.

3) Kelenjar Kelamin

Sebelum dikeluarkan melewati uretra, sperma yang berada di dalam saluran reproduksi ditambahi dengan berbagai getah kelamin oleh kelenjar kelamin. Fungsi getah kelamin adalah



Gambar 10.2 Alat-alat reproduksi laki-laki tampak dari depan

Galeri

Khitan

Bagi sebagian besar masyarakat kita, khitan merupakan tindakan yang perlu dilakukan pada seseorang. Khitan atau sunat ditempuh untuk menghilangkan lipatan kulit pada kepala penis. Dengan khitan, kebersihan kepala penis tetap terjaga.

sebagai penyuplai bahan penting sehingga sperma tetap hidup. Selain itu, getah kelamin juga membantu pergerakan sel sperma di dalam saluran reproduksi.

Ada beberapa kelenjar kelamin yang berperan dalam sekresi getah kelamin, meliputi vesikula seminalis, kelenjar prostat, dan kelenjar bulbouretralis (kelenjar Cowper). Lihat Gambar 10.2

Vesikula seminalis atau **kantung mani** merupakan kelenjar kelamin yang berjumlah sepasang dan berada di belakang kantung kemih. Dindingnya menghasilkan cairan kental kekuning-kuningan dan bersifat basa. Cairan ini mengandung mukus, gula fruktosa, enzim koagulasi, asam askorbat, dan prostaglandin. Gula fruktosa yang disekresikan tersebut menyediakan sumber energi bagi sperma.

Kelenjar prostat merupakan penghasil getah kelamin. Getah ini bersifat encer, mengandung enzim antikoagulan, penyuplai nutrisi, dan berasa agak asam. Bentuk kelenjar prostat bulat dan melingkari bagian atas uretra serta di bawah kantung kemih.

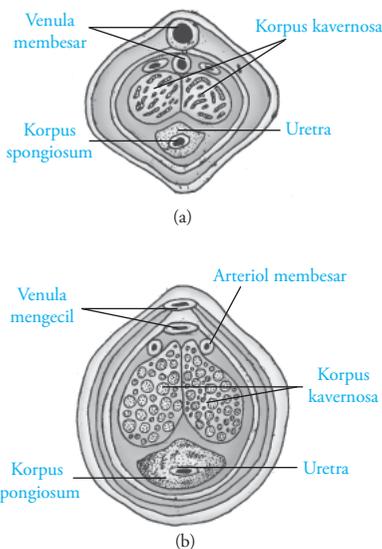
Kelenjar bulbouretralis dinamakan **pula kelenjar Cowper**. Kelenjar bulbouretralis memiliki bentuk kecil dengan jumlahnya sepasang. Letak kelenjar ini berada di sepanjang uretra, tepatnya di bawah kelenjar prostat. Hasil sekresinya berupa cairan bening yang menetralkan setiap urine asam yang berada pada uretra. Di samping itu, cairan ini membawa sejumlah sperma bebas sebelum dikeluarkan dari dalam tubuh.

b. Alat Reproduksi Luar

Berbeda dengan alat reproduksi dalam, alat reproduksi luar pria terdiri atas dua bagian yakni penis dan skrotum. **Penis** berfungsi sebagai alat senggama (kopulasi). Persenggamaan dilakukan sebagai sarana mengalihkan cairan sperma menuju alat reproduksi wanita.

Secara struktural, penis tersusun atas tiga rongga berisi jaringan erektil yang berspons. Dua rongga yang terletak di tengah dinamakan **korpus kavernosa**. Sedangkan satu rongga yang berada di bawah korpus kavernosa dinamakan **korpus spongiosum**. Di dalam korpus spongiosum terdapat saluran reproduksi yakni *uretra*. Lihat Gambar 10.3, di bagian ujung penis terdapat bagian yang dinamakan **kepala penis** (*gland penis*). Kepala penis ini tertutup oleh lipatan kulit yang disebut **preputium**.

Di dalam rongga penis terdapat jaringan erektil yang berisi banyak pembuluh darah dan saraf. Saat terjadi rangsangan seksual, rongga tersebut akan penuh terisi darah. Akibatnya, terlihat penis mengembang dan menegang. Keadaan penis demikian dinamakan **ereksi**. Apabila rangsangan ini terus-menerus terjadi, sperma akan keluar melalui uretra. Keadaan ini disebut **ejakulasi**. Jumlah sperma yang dikeluarkan saat



Gambar 10.3 Penampang melintang penis pria (a) Keadaan normal (b) keadaan ereksi

terjadi ejakulasi sekitar 2 hingga 5 mL semen, yang setiap mililiternya mengandung sekitar 50 sampai 130 juta sperma.

Di samping penis, alat reproduksi luar pria adalah **skrotum** (kantong pelir). Skrotum memiliki bentuk seperti kantung yang berisi testis. Oleh karena temperatur tubuh yang terlalu tinggi tidak sesuai dengan perkembangan sperma, skrotum yang berisi testis berada di luar tubuh. Testis ada dua buah, letaknya di kanan dan kiri, kemudian masing-masing dipisahkan oleh sebuah lapisan. Lapisan ini tersusun atas jaringan ikat dan otot polos yang menyerupai sekat. **Otot dartos** merupakan otot polos yang menyusun sekat skrotum sehingga bisa mengendur dan mengerut. Selain itu, pada skrotum terdapat pula otot yang bertindak sebagai pengatur kondisi suhu testis agar stabil. Otot demikian dinamakan **otot kremaster**.

Nah, pembahasan alat reproduksi ini akan lebih lengkap bila rubrik *Diskusi* berikut kalian ikuti.

Diskusi

Secara berkelompok, lakukan diskusi untuk menjawab beberapa pertanyaan berikut.

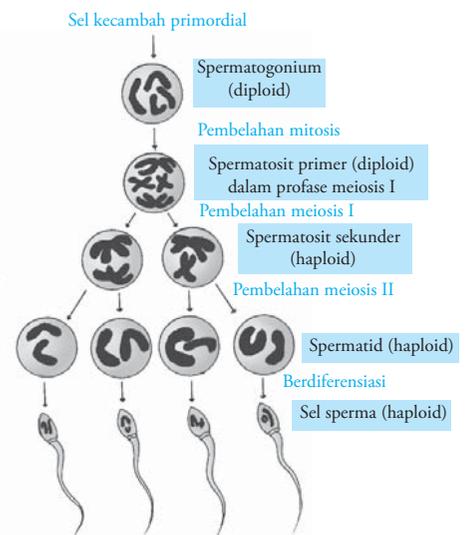
1. Kalian telah semakin dewasa. Terkait dengan perkembangan sistem reproduksi, sikap apa sajakah yang akan kalian perbuat?
2. Bagaimanakah sikap kalian dengan maraknya muda-mudi yang terjerumus dalam pergaulan bebas, seperti seks bebas dan hubungan di luar pernikahan?
3. Supaya kita terbebas dari hal-hal seperti poin nomor 2, pemahaman nilai-nilai moral dan agama yang benar perlu kita tingkatkan. Bagaimanakah dengan diri kalian?

Sampaikan hasil diskusi di depan guru dan kelompok lainnya. Mintalah tanggapan terhadap hasil yang kalian sampaikan tersebut.

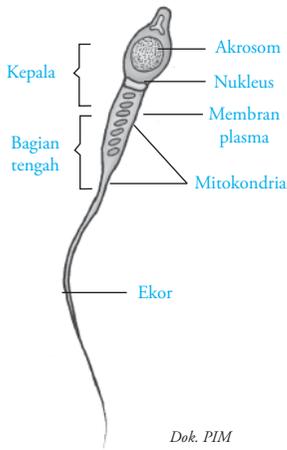
2. Proses Pembentukan Sperma (Spermatogenesis)

Sebagaimana kita ketahui, tempat pembentukan sperma berada pada tubulus seminiferus di dalam testis. Proses pembentukan sperma ini dinamakan **spermatogenesis**. Pada tubulus seminiferus terdapat dinding yang terlapis oleh sel germinal primitif yang mengalami kekhususan. Sel germinal ini disebut **spermatogonium** (jamak = spermatogonia). Setelah mengalami pematangan, spermatogonium memperbanyak diri sehingga membelah secara terus-menerus (mitosis). Sedangkan sebagian spermatogonium yang lain melakukan spermatogenesis.

Pada fase awal spermatogenesis, spermatogonium bersifat diploid ($2n$ atau mengandung 23 pasang kromosom). Secara mitosis, spermatogonium akan berubah menjadi **spermatosit primer** ($2n$). Berikutnya, spermatosit primer membelah menjadi **spermatosit sekunder** secara meiosis (biasa dinamakan meiosis I). Jumlah spermatosit sekunder ada dua, sama besar dan bersifat haploid ($n = 23$ kromosom). Melalui fase meiosis II, spermatosit sekunder membelah diri menjadi empat **spermatid** yang sama bentuk dan ukurannya. Selanjutnya, spermatid



Gambar 10.4 Spermatogenesis



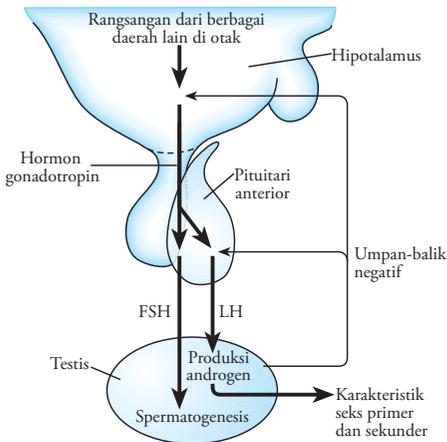
Gambar 10.5 Sperma pria

berkembang menjadi sperma matang yang bersifat haploid (n). Setelah matang, sperma menuju saluran reproduksi yakni epididimis. Semua proses ini terjadi selama kurang lebih 17 hari. Sementara, energi yang digunakan untuk melakukan proses spermatogenesis berasal dari **sel sertoli**. Perhatikan skema spermatogenesis pada Gambar 10.4.

Sperma yang sudah matang memiliki bagian-bagian seperti kepala, leher, bagian tengah, dan ekor. Bagian kepala sperma terlindungi suatu badan yang disebut **akrosom**. Bagian ini berinti haploid. Selain itu, badan ini juga mengandung **enzim hialurodinase** dan **proteinase**. Enzim ini berfungsi saat proses penembusan lapisan sel telur. Pada bagian tengahnya terdapat mitokondria kecil yang berfungsi menyediakan energi untuk menggerakkan ekor sperma. Lihat Gambar 10.5.

3. Kontrol Hormonal pada Sistem Reproduksi Pria

Ada sejumlah hormon yang berperan dalam sistem reproduksi pria terutama saat proses pembentukan sperma. Di bawah kontrol hipotalamus, sebuah hormon dikeluarkan untuk merangsang hipofisis anterior. Hormon yang disekresikan hipotalamus yakni **hormon gonadotropin**. Hormon ini merangsang hipofisis anterior untuk menghasilkan **hormon LH** (*Luteinizing Hormone*) dan **hormon FSH** (*Follicle Stimulating Hormone*). Hormon LH menstimulasi sel-sel Leydig untuk menyekresikan **hormon testosteron**. Hormon testosteron ini berfungsi saat spermatogenesis, pematangan sperma, dan pertumbuhan kelamin sekunder pada pria. Sementara itu, hormon FSH berperan merangsang sel-sel sertoli dalam tubulus seminiferus untuk mengubah sel-sel spermatid menjadi sperma saat terjadi spermatogenesis.



Gambar 10.6 Kontrol hormonal pada testis

Setelah mempelajari bahasan ini, berikutnya lakukan rubrik *Telisik* sehingga pengetahuan kalian bertambah.

Telisik

Secara berkelompok, buatlah model spermatogenesis menggunakan bahan-bahan bekas di sekitar kalian, seperti kertas, botol air mineral, ataupun benda yang lain. Kumpulkan hasil yang kalian peroleh kepada guru.

Selanjutnya, untuk mengetahui kedalaman pemahaman kalian, lakukan *Uji Kompetensi* berikut.

Uji Kompetensi

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

1. Apakah fungsi alat-alat reproduksi pria?
2. Sebutkan dan jelaskan saluran reproduksi

3. yang dimiliki pria. Jelaskan pula fungsinya.
3. Sebutkan struktur sperma pria.
4. Apakah fungsi hormon gonadotropin?

Proses reproduksi hingga memperoleh keturunan terjadi pada wanita. Oleh karena itu, wanita memiliki sistem reproduksi yang lebih kompleks dibandingkan pria. Bagaimanakah proses yang terjadi pada sistem reproduksi wanita? Bagaimana pula proses hingga lahirnya seorang bayi yang lucu? Simak dan pahami uraian berikut.

B. Sistem Reproduksi pada Wanita

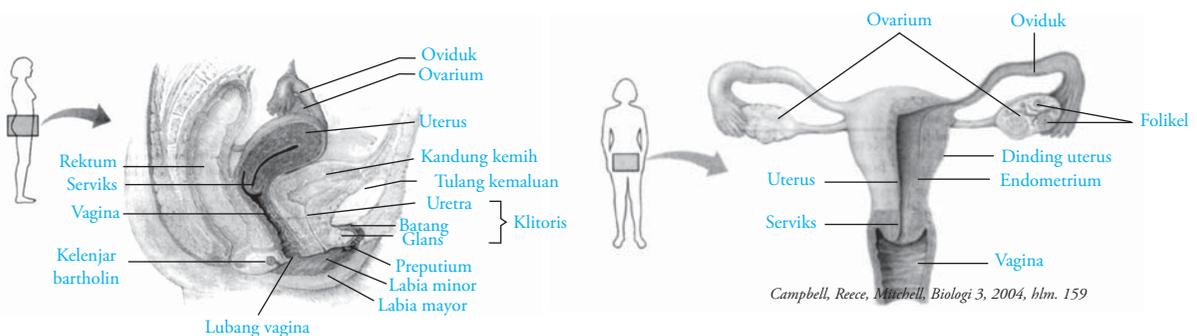
Sistem reproduksi wanita terdiri atas beberapa organ dan proses yang menyertainya. Proses-proses yang terjadi dalam sistem reproduksi wanita, misalnya oogenesis, siklus menstruasi, fertilisasi, gestasi (kehamilan), dan persalinan.

1. Alat-Alat Reproduksi pada Wanita

Seperti halnya pria, organ atau alat-alat reproduksi wanita terbagi menjadi alat reproduksi dalam dan alat reproduksi luar. Perhatikan Gambar 10.7.

a. Alat Reproduksi Dalam Wanita

Wanita memiliki beberapa alat reproduksi dalam, seperti ovarium, saluran reproduksi, uterus, dan vagina.



Gambar 10. 7 Alat reproduksi wanita

1) Ovarium

Ovarium atau indung telur merupakan organ reproduksi dalam wanita yang berbentuk seperti telur dan berjumlah sepasang. Letaknya, ada satu di rongga perut kiri dan satu lagi di rongga perut kanan. Masing-masing ovarium terlindungi oleh kapsul keras dan terdapat folikel-folikel.

Setiap **folikel** mengandung satu sel telur. Fungsi folikel yakni memberikan makanan dan melindungi sel telur yang sedang berkembang hingga matang. Setelah sel telur matang, folikel akan mengeluarkannya dari ovarium. Proses pengeluaran sel telur dari ovarium ini dinamakan **ovulasi**. Bagi wanita, proses ovulasi biasanya berlangsung selama 28 bulan. Selain berperan dalam pelepasan sel telur, folikel-folikel juga menghasilkan hormon utama yakni estrogen.

Galeri

Menjaga Kebersihan Organ Reproduksi Wanita

Menjaga kebersihan organ seksual atau reproduksi wanita terutama vagina dapat menggunakan produk pembersih. Misalnya produk pembersih yang berasal dari ekstrak daun sirih (*piper betle L*) sebagai antiseptik, membasmi jamur *Candida Albicans*, dan mengurangi sekresi cairan pada vagina. Kemudian, produk-produk pembersih kewanitaan yang mengandung bahan *Povidone Iodine*. Selain itu semua, ada satu jenis lagi yakni produk yang merupakan kombinasi laktoserum dan asam laktat.

www.kompas.com

2) Saluran Reproduksi

Saluran reproduksi wanita yang berfungsi sebagai jalur sel telur menuju uterus (rahim) dinamakan **saluran telur** (oviduk) atau bisa juga disebut **tuba Fallopi**. Letaknya berada pada bagian kanan dan kiri ovarium, sehingga jumlah keseluruhan oviduk ada sepasang. Pada bagian pangkalnya terdapat bagian mirip corong yang dinamakan **infundulum**. Infundulum ini memiliki jumbai-jumbai dengan fungsi sebagai penangkap sel telur (ovum) yang lepas dari ovarium. Jumbai-jumbai ini dinamakan **fimbrae**. Dengan gerak peristaltik, sel telur yang tertangkap fimbrae disalurkan melalui oviduk menuju uterus.

3) Uterus

Uterus dikenal pula dengan rahim atau kantung peranakan. **Uterus** adalah organ tebal dan berotot yang dapat mengembang selama masa kehamilan. Bentuknya seperti buah pir. Pada bagian bawah uterus terdapat struktur yang mengecil. Bagian ini disebut **serviks** atau **leher rahim**.

Uterus mempunyai beberapa lapisan penyusun, yakni lapisan terluar (perimetrium), lapisan tengah yang berotot (miometrium), dan selaput rahim/lapisan terdalam (endometrium). Lapisan endometrium mengandung banyak pembuluh darah dan lendir. Saat terjadi ovulasi, lapisan endometrium mengalami penebalan. Namun, apabila sel telur tidak dibuahi oleh sel sperma (tidak terjadi fertilisasi), lapisan endometrium segera mengalami peluruhan. Proses peluruhan lapisan ini diikuti pendarahan dan kita biasa menyebutnya dengan **siklus menstruasi**. Pembahasan siklus menstruasi akan kita bahas berikutnya.

4) Vagina

Vagina merupakan saluran dengan dinding dalam berlipat-lipat dan memanjang dari leher rahim ke arah vulva. Panjang saluran ini sekitar 7-10 cm. Bagian luar vagina berupa selaput yang menghasilkan lendir. Lendir ini sebenarnya dihasilkan oleh **kelenjar Bartholini**. Bagi wanita, vagina berfungsi sebagai saluran kelahiran yang dilalui bayi saat lahir. Selain itu, vagina juga berfungsi sebagai tempat kopulasi.

b. Alat Reproduksi Luar Wanita

Alat reproduksi luar wanita adalah vulva. **Vulva** merupakan bagian paling luar organ kelamin wanita yang bentuknya berupa celah. Pada bagian atas dan terluar vulva terdapat bagian yang tersusun atas jaringan lemak. Bagian ini dinamakan **mons pubis**. Saat masa pubertas, bagian ini banyak ditumbuhi oleh rambut.

Di bawah mons pubis terdapat bagian berupa lipatan dan jumlahnya sepasang. Bagian demikian disebut **bibir besar** atau **labia mayora**. Adapun pada bagian dalam labia mayora terdapat lipatan berketeljenjar, tipis, tidak berlemak, dan berjumlah sepasang, yang disebut **labia**

minora. Fungsi kedua bagian ini adalah sebagai pelindung vagina. Di dalam labia mayora ada sebuah tonjolan kecil yang mengandung banyak ujung-ujung saraf perasa sehingga sangat sensitif. Tonjolan tersebut dinamakan **klitoris**. Seperti halnya penis laki-laki, klitoris akan bereaksi bila ada rangsangan. Reaksi ini dilakukan karena klitoris mengandung banyak jaringan erektil. Di bawah klitoris terdapat **orificium erethrae**, yakni muara saluran kencing. Kemudian, di bawah klitoris terdapat bagian yang mengelilingi tepi ujung vagina. Bagian yang dimaksud yakni **selaput dara** atau **himen**. Himen berselaput mukosa dan mengandung banyak pembuluh darah.

2. Proses Pembentukan Sel Telur (Oogenesis) _____

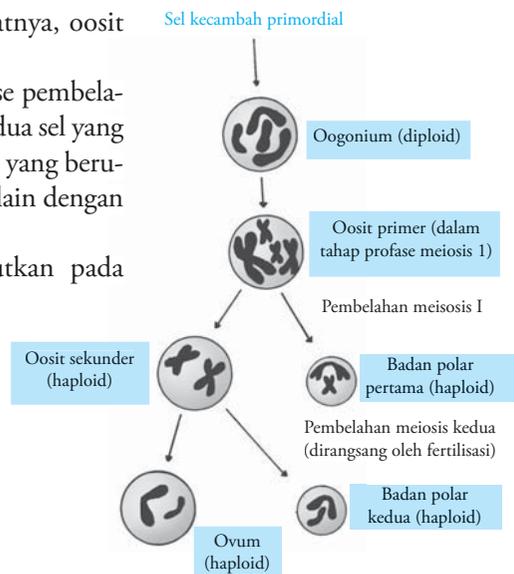
Apabila pada sistem reproduksi pria terjadi spermatogenesis, sebaliknya pada sistem reproduksi wanita ada proses yang namanya **oogenesis**. Oogenesis merupakan proses pembentukan sel telur di dalam ovarium. Sebelum sel telur (ovum) terbentuk, di dalam ovarium terlebih dahulu terdapat sel indung telur atau **oogonium** (oogonia = jamak) yang bersifat diploid ($2n = 23$ pasang kromosom). Melalui pembelahan mitosis, oogonium menggandakan diri membentuk **oosit primer**.

Terjadinya oogenesis sebenarnya sudah dilakukan sejak bayi masih berusia 5 bulan dalam kandungan. Proses ini berlanjut hingga oosit primer membelah secara meiosis pada saat bayi berusia 6 bulan. Namun demikian, proses ini tidak dilanjutkan sehingga oosit primer dalam keadaan dorman (istirahat).

Setelah bayi dilahirkan, di dalam ovariumnya mengandung 1 hingga 2 juta oosit primer. Seiring berjalannya waktu, oosit primer yang dihasilkan mengalami kematian setiap harinya. Kondisi ini berlangsung hingga manusia menginjak masa pubertas. Akibatnya, oosit primer yang tersisa hanya 200.000 hingga 400.000.

Menginjak masa pubertas, oosit primer melanjutkan fase pembelahan meiosis I. Pada fase ini, oosit primer membelah menjadi dua sel yang berbeda ukuran dan masing-masing bersifat haploid. Satu sel yang berukuran besar dinamakan **oosit sekunder**, sedangkan sel yang lain dengan ukuran lebih kecil dinamakan **badan kutub primer**.

Pada fase berikutnya, oosit sekunder akan melanjutkan pada fase meiosis II. Fase ini dilakukan apabila ada fertilisasi. Apabila tidak terjadi fertilisasi, oosit sekunder mengalami degenerasi. Namun, apabila ada fertilisasi, fase meiosis II dilanjutkan. Indikasinya, oosit sekunder membelah menjadi dua sel, yakni satu berukuran besar dan satu berukuran lebih kecil. Sel yang berukuran besar dinamakan **ootid**, sementara sel berukuran kecil dinamakan **badan kutub sekunder**. Secara bersamaan, badan kutub primer juga membelah menjadi dua. Oleh karenanya, fase meiosis II menghasilkan satu ootid dan tiga badan kutub sekunder.



Gambar 10.8 Oogenesis yang terjadi pada ovarium wanita

Kemudian, satu ootid yang dihasilkan tersebut berkembang menjadi sel telur (ovum) yang matang. Sementara itu, badan kutub hancur atau **palosit** (mengalami kematian). Perhatikan Gambar 10.8.

Supaya oosit dalam oogonium tumbuh dengan baik, pada permukaannya diselubungi oleh lapisan yang disebut **folikel**. Di dalam folikel terdapat cairan yang memberikan makanan untuk perkembangan oosit. Folikel ini akan terus berubah hingga masa ovulasi. Awalnya oosit primer diselubungi oleh folikel primer. Selanjutnya, folikel primer berubah menjadi folikel sekunder yang membungkus oosit sekunder (fase meiosis I). Setelah itu, folikel sekunder berubah menjadi folikel tersier hingga folikel de Graff (folikel matang). Folikel de Graff terbentuk saat masa ovulasi. Kemudian, oosit sekunder lepas dari folikel, dan segera folikel menjadi **korpus luteum**. Korpus luteum akan menjadi korpus albikan, jika sel telur tidak ada yang membuahi.

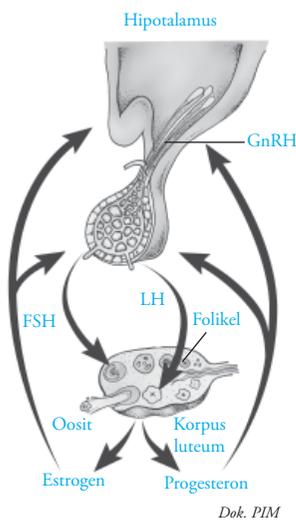
3. Kontrol Hormonal pada Sistem Reproduksi Wanita

Berjalannya sistem reproduksi wanita tidak terjadi dengan sendirinya, namun dipengaruhi oleh beberapa hormon. Hipotalamus akan menyekresikan hormon gonadotropin. Hormon gonadotropin merangsang kelenjar pituitari untuk menghasilkan hormon FSH. Hormon FSH merangsang pertumbuhan dan pematangan folikel di dalam ovarium. Perhatikan Gambar 10.9.

Pematangan folikel ini merangsang kelenjar ovarium mensekresikan hormon estrogen. Hormon estrogen berfungsi membantu pembentukan kelamin sekunder seperti tumbuhnya payudara, panggul membesar, dan ciri lainnya. Selain itu, estrogen juga membantu pertumbuhan lapisan endometrium pada dinding ovarium. Pertumbuhan endometrium memberikan tanda pada kelenjar pituitari agar menghentikan sekresi hormon FSH dan berganti dengan sekresi hormon LH.

Oleh stimulasi hormon LH, folikel yang sudah matang pecah menjadi korpus luteum. Saat seperti ini, ovum akan keluar dari folikel dan ovarium menuju uterus (terjadi ovulasi). Korpus luteum yang terbentuk segera menyekresikan hormon progesteron. Progesteron berfungsi menjaga pertumbuhan endometrium seperti pembesaran pembuluh darah dan pertumbuhan kelenjar endometrium yang menyekresikan cairan bernutrisi.

Apabila ovum pada uterus tidak dibuahi, hormon estrogen akan berhenti. Berikutnya, sekresi hormon LH oleh kelenjar pituitari juga berhenti. Akibatnya, korpus luteum tidak bisa melangsungkan sekresi hormon progesteron. Oleh karena hormon progesteron tidak ada, dinding rahim sedikit demi sedikit meluruh bersama darah. Darah ini akan keluar dari tubuh dan kita biasa menamakannya dengan **siklus menstruasi**. Nah, bahasan ini lebih jelas lagi bila kalian perhatikan uraian berikutnya.



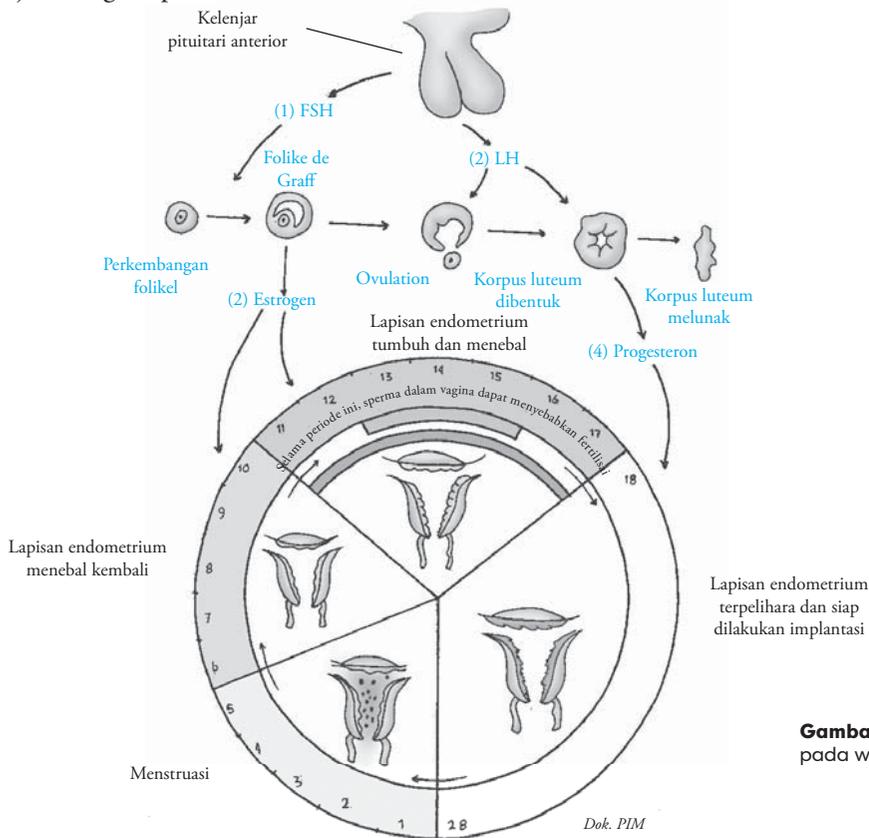
Gambar 10.9 Kontrol hormonal pada reproduksi wanita

4. Siklus Menstruasi

Saat seorang wanita masih subur, siklus menstruasi merupakan suatu hal yang wajar. Siklus ini berlangsung kira-kira 28 hari pada setiap bulan. Kemungkinan antara satu wanita dengan wanita yang lain mempunyai lama siklus yang berbeda. Pada wanita, siklus menstruasi melalui empat fase, yakni fase menstruasi, fase praovulasi, fase ovulasi, dan fase pascaovulasi. Kalian dapat pula melihat siklus menstruasi pada Gambar 10.10.

a. Fase Menstruasi

Pada fase menstruasi, hormon yang berperan ialah hormon estrogen dan progesteron. Sekitar lima hari pertama menstruasi, kedua hormon tersebut mengalami reduksi. Akibatnya, sel telur yang berada dalam lapisan endometrium pada uterus dilepas bersamaan dengan robeknya endometrium melalui pendarahan. Hasilnya, dinding uterus berubah menjadi sangat tipis.



Gambar 10.10 Siklus menstruasi pada wanita

b. Fase Praovulasi

Mulai hari kelima sampai ke empat belas, fase praovulasi dimulai. Pada fase ini, hormon yang berperan yakni hormon FSH dan hormon LH. Kedua hormon tersebut menstimulasi sel-sel folikel untuk menghasilkan hormon estrogen dan progesteron. Adanya rangsangan hormon

Galeri

Menopous

Menopous merupakan keadaan terkait berhentinya masa ovulasi dan menstruasi seorang perempuan. Biasanya terjadi pada perempuan usia 40 tahun ke atas. Ovarium sudah tidak responsif lagi terhadap hormon gonadotropin (FSH dan LH). Akibatnya, produksi estrogen dari ovarium menurun.

Campbell, Reece, Mitchell, Biologi 3, 2004,
hlm. 164

estrogen dan progesteron membuat lapisan endometrium yang luruh terbentuk kembali.

c. Fase Ovulasi

Setelah fase praovulasi, selanjutnya ialah fase ovulasi. Fase ovulasi terjadi sekitar hari keempat belas dari total keseluruhan waktu siklus menstruasi terjadi (kurang lebih 28 hari). Pada fase ini, sekresi hormon estrogen sangat banyak. Oleh karenanya, sekresi hormon FSH mulai menurun dan digantikan dengan sekresi hormon LH. Adanya stimulasi hormon LH pada folikel menjadikan folikel semakin matang. Pematangan folikel menyebabkan sel telur keluar dari folikel. Peristiwa ini dinamakan **ovulasi**.

d. Fase Pascaovulasi

Berikutnya, setelah fase praovulasi adalah fase pascaovulasi yang berlangsung pada hari kelima belas hingga hari kedua puluh delapan. Pada fase ini, folikel yang pecah berubah menjadi badan padat berwarna kuning yang disebut korpus luteum. **Korpus luteum** menghasilkan hormon progesteron. Bersama hormon estrogen, hormon progesteron ini berperan dalam memelihara pertumbuhan endometrium sehingga siap untuk penanaman embrio.

Namun demikian, apabila sel telur pada uterus tidak dibuahi, korpus luteum mengalami degenerasi menjadi korpus albikan. Akibatnya, sekresi hormon estrogen dan progesteron semakin menurun dan sebaliknya sekresi hormon FSH dan LH naik kembali. Karena darah tidak mengandung hormon estrogen dan hormon progesteron, endometrium tidak bisa bertahan dan luruh bersama darah. Ini menunjukkan fase pascaovulasi berganti menjadi fase menstruasi.

Setelah mengetahui siklus menstruasi, sekarang ikutilah rubrik *Diskusi* berikut.

Diskusi

Bersama kelompok kalian, coba lakukan diskusi terkait siklus menstruasi dan dampaknya pada diri seorang wanita. Apakah menyehatkan atau justru membuat diri sakit? Bagaimana cara yang tepat menjaga kesehatan dan kebersihan selama menstruasi. Presentasikan hasilnya di depan kelompok lainnya.

5. Fertilisasi, Gestasi (Kehamilan) dan Persalinan

Selain mengalami siklus menstruasi, sistem reproduksi wanita dapat pula mengalami fertilisasi, gestasi (kehamilan), dan persalinan. Ulasan berikut akan menjelaskannya.

a. Fertilisasi

Fertilisasi merupakan proses terjadinya pembuahan sel telur oleh sel sperma dan ditandai dengan bergabungnya inti kedua sel kelamin tersebut. Proses fertilisasi berlangsung di dalam **oviduk**.

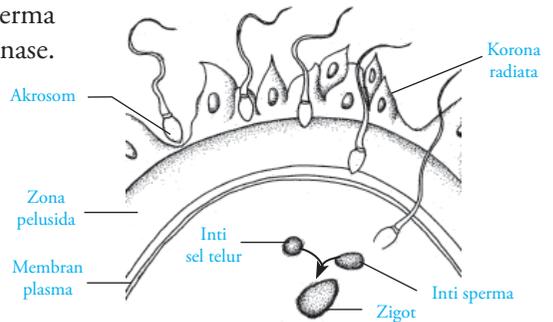
Sebelum terjadi fertilisasi, pada permulaannya terlebih dahulu terjadi proses yang dinamakan **kopulasi** atau persetubuhan. Adanya kopulasi menjadikan sperma yang bercampur dengan air mani (semen) masuk ke dalam saluran reproduksi wanita (vagina). Oleh enzim proteolitik, sperma yang berada dalam vagina terlihat sangat motil. Kemudian, sperma tersebut bergerak menuju uterus hingga oviduk (tuba alopi) melalui pergerakan ekornya. Di bagian atas oviduklah fertilisasi terjadi.

Agar sel telur dapat dibuahi oleh sperma, sperma mengeluarkan enzim hialuronidase dan enzim proteinase. Oleh kedua enzim tersebut, sel telur dapat ditembus oleh sperma. Proses penembusan sel telur memerlukan waktu tertentu. Sebabnya, sel sperma harus menembus tiga lapisan sel telur yang berturut-turut adalah **korona radiata**, **zona pelusida**, dan **membran plasma**.

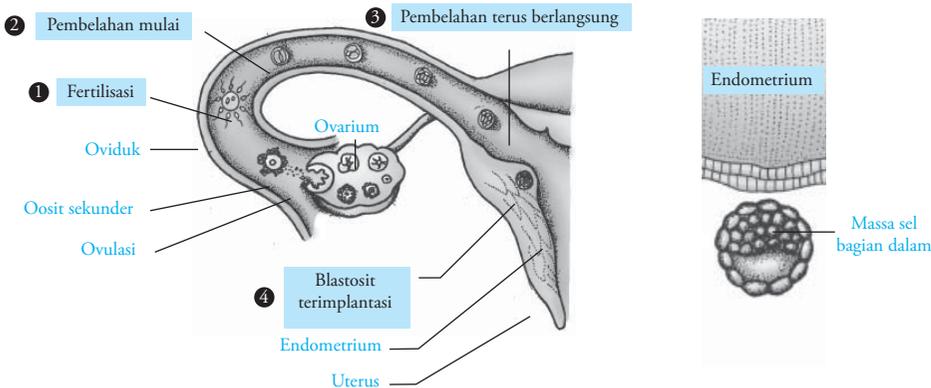
Setelah sel telur dibuahi oleh satu sel sperma, segera sel telur mengeluarkan senyawa tertentu menuju zona pelusida. Senyawa tersebut berfungsi untuk melindungi sel telur supaya tidak tertembus kembali oleh sperma lainnya. Untuk mencermati proses terjadinya fertilisasi, lihat Gambar 10.11

Sperma bersifat haploid ($n = 23$ kromosom) dan sel telur juga bersifat haploid ($n = 23$ kromosom). Akibatnya, pembuahan sperma pada sel telur akan menghasilkan sebuah zigot yang bersifat diploid ($2n = 23$ pasang kromosom). Berikutnya, zigot bergerak menuju uterus melalui oviduk dan sembari membelah secara mitosis. Pada saat ini juga zigot sudah mulai berkembang menjadi embrio.

Pembelahan zigot menghasilkan sel-sel yang bentuknya sama dan fasenya dinamakan **morula**. Pembelahan morula menghasilkan **blastosit** dan fasenya dinamakan **blastula**. Kurang lebih lima hari setelah fertilisasi, blastosit menempel pada endometrium dan prosesnya dinamakan **implantasi**. Implantasi ini dapat menyebabkan kehamilan. Perhatikan Gambar 10.12.

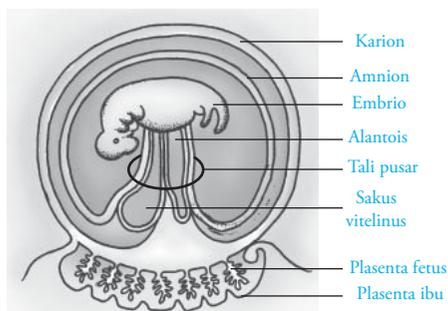


Gambar 10.11 Fertilisasi sel telur oleh sperma



Gambar 10.12 Proses fertilisasi hingga implantasi embrio

b. Gestasi atau Kehamilan



Gambar 10.13 Membran ekstraembrionik

Kehamilan terjadi apabila implantasi blastosit dapat dilakukan dengan sukses. Proses kehamilan pada manusia berlangsung kira-kira 266 hari atau 38 bulan. Awalnya, blastosit terbagi menjadi tiga bagian, antara lain tropoblas (sel-sel terluar), embrioblas (sel-sel bagian dalam), dan blastocoel (rongga yang berisi cairan). **Tropoblas** merupakan sel-sel terluar dari blastosit yang mengeluarkan **enzim proteolitik** sehingga mampu terjadi implantasi pada endometrium. Sementara, **embrioblas** merupakan sel-sel bagian dalam blastosit yang terdapat **bintik benih** sebagai hasil pembelahan selnya. Antara tropoblas dan bintik benih dipisahkan oleh bagian berisi cairan yang disebut **selom**.

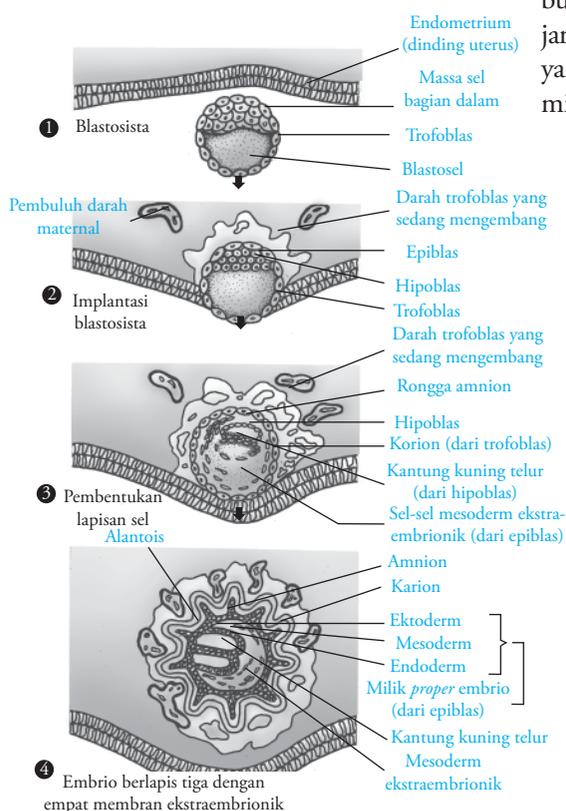
Fase blastula akan segera berlanjut menuju fase gasterula. Pada fase ini, bintik benih tumbuh dan membelah menjadi lapisan yang berbeda. Lapisan tersebut yakni lapisan luar (**ektoderma**), lapisan tengah (**mesoderma**), dan lapisan dalam (**endoderma**). Kemudian, masing-masing lapisan tersebut akan berkembang menjadi organ-organ yang dimiliki embrio atau mengalami **organogenesis**.

Ektoderma mengalami perkembangan menjadi kulit, hidung, mata, dan sistem saraf. Mesoderma membentuk tulang, peritoneum otot, pembuluh darah, jantung, ginjal, limpa, kelenjar kelamin dan jaringan ikat. Sedangkan endoderma menjadi organ-organ yang terkait sistem pencernaan dan sistem pernapasan. Setelah minggu kedelapan, embrio membentuk berbagai organ tersebut dengan pesat. Embrionya dinamakan sebagai **janin** atau **fetus**. Selain itu, pada sisi luar tropoblas terdapat bagian yang membentuk **membran ekstraembrionik**. Terlebih dahulu kita ikuti bahasannya berikut.

Membran ekstraembrionik berfungsi sebagai pelindung embrio dari berbagai tekanan yang berasal dari luar. Selain itu, membran ini juga berfungsi memberi makanan bagi embrio. Dengan kata lain, semua fungsi yang menyokong kelangsungan hidup embrio dilakukan semua oleh membran ini. Membran ekstraembrionik yang dimaksud adalah kantung kuning telur, amnion, korion, dan alantois. Lihat Gambar 10.13.

1) Kantung Kuning Telur

Kantung kuning telur atau sakus vitelinus merupakan sebuah membran yang terbentuk dari perluasan lapisan endoderma. Di dalamnya pembuluh darah dan sel darah merah terbentuk pertama kali. Oleh karena itu, pada tahapan selanjutnya kantung ini berhubungan dengan tali pusar.



Gambar 10.14 Perkembangan awal embrio manusia dan membran ekstraembrionik

2) Amnion

Amnion merupakan membran yang berfungsi sebagai pelindung embrio baik dari gesekan ataupun tekanan. Selain itu, amnion juga berperan dalam proses pengaturan suhu tubuh embrio. Di dalam amnion terdapat ruangan yang berisi cairan amnion. Kita biasa menyebut cairan amnion sebagai **ketuban**.

3) Korion

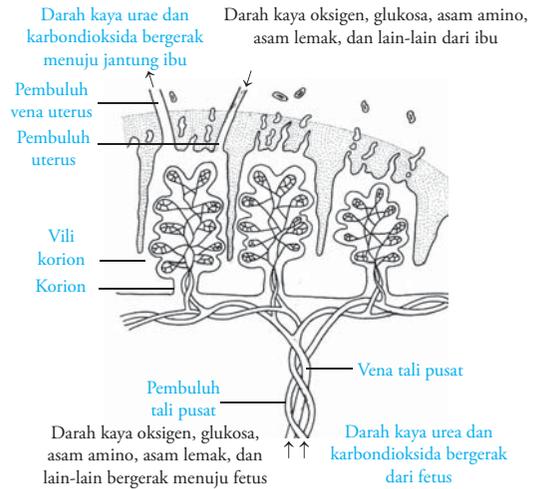
Korion merupakan membran yang berasal dari perluasan ektoderma dan mesoderma tropoblas. Korion memiliki bagian yang berbentuk **jonjot-jonjot** atau **vili korion**. Di dalam vili korion terdapat pembuluh darah embrio yang berhubungan secara langsung dengan pembuluh darah ibu dalam endometrium. Fungsi vili korion adalah sebagai tempat masuk dan keluarnya makanan dan oksigen dari ibu ke embrio.

Korion adalah cikal bakal **plasenta**. Lihat Gambar 10.15. Nantinya, plasenta berfungsi sebagai pemberi nutrisi makanan bersama darah bagi perkembangan dan pertumbuhan embrio.

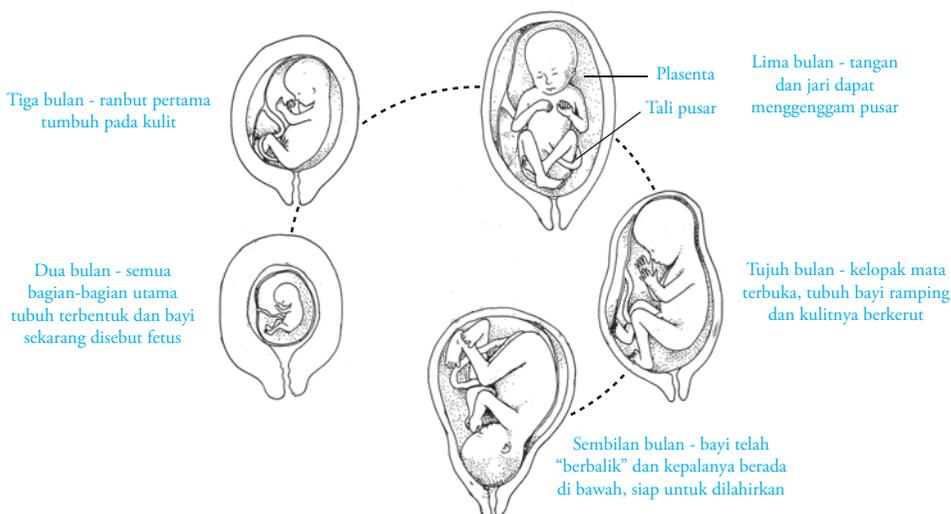
4) Alantois

Alantois merupakan membran yang membentuk **tali pusar** atau **ari-ari**. Adanya tali pusar menjadikan plasenta pada lapisan endometrium terhubung dengan embrio. Bagi embrio, alantois dapat menyalurkan berbagai nutrisi dan oksigen dari ibu lewat pembuluh darah. Sebaliknya, alantois juga berguna sebagai saluran pengeluaran sisa metabolisme embrio.

Sementara itu, perkembangan embrio dari awal kehamilan hingga siap keluar dari rahim ibu dapat kalian lihat pada Gambar 10.16 berikut.



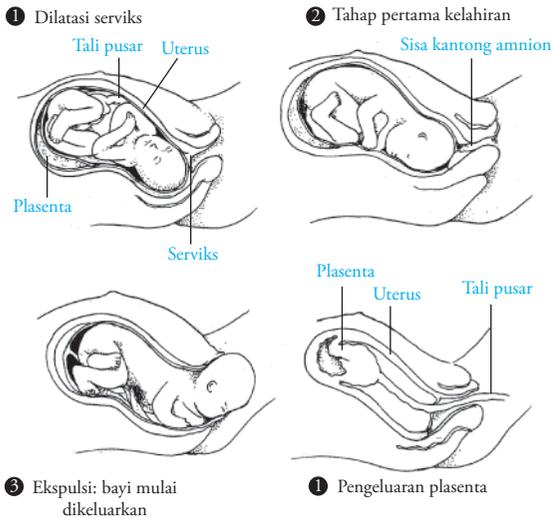
Gambar 10.15 Plasenta dan bagian-bagiannya



Gambar 10.16 Proses perkembangan bayi dari masa 2 bulan hingga 9 bulan

c. Persalinan

Setelah embrio tumbuh dan berkembang menjadi bayi yang sempurna, proses dilanjutkan dengan persalinan. Persalinan atau kelahiran terjadi akibat serangkaian kontraksi uterus yang kuat dan berirama. Prosesnya terjadi dalam tiga tahap. Pertama, dimulai dengan pembukaan dan pemipihan serviks (leher rahim), kemudian dilanjutkan dengan dilatasi sempurna.



Gambar 10.17 Tahapan kelahiran bayi

Tahap kedua, yakni **ekspulsi** atau pengeluaran bayi. Adanya kontraksi yang kuat dan terus-menerus mengakibatkan bayi mulai turun dari uterus menuju vagina. Tahapan terakhir adalah keluarnya bayi yang berplasenta. Plasenta bayi ini akan dipotong dan dijepit sehingga menjadi pusar. Lihat Gambar 10.17.

Ada beberapa hormon yang berperan pada proses kelahiran bayi. Hormon tersebut meliputi hormon relaksin, estrogen, prostaglandin, dan oksitosin. **Hormon relaksin** diproduksi oleh korpus luteum dan plasenta. Fungsi hormon ini adalah melunakkan serviks dan melonggarkan tulang panggul saat terjadi kelahiran. **Hormon estrogen** dihasilkan oleh plasenta dengan fungsi menurunkan jumlah hormon progesteron sehingga kontraksi dinding rahim bisa berlangsung.

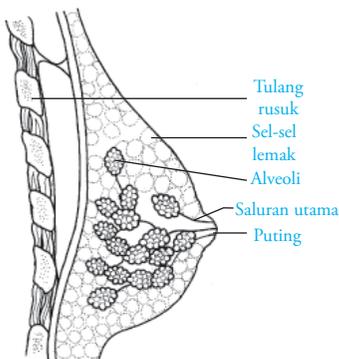
Hormon prostaglandin dihasilkan oleh membran ekstraembrionik dengan fungsi meningkatkan kontraksi dinding rahim. Sedangkan **hormon oksitosin** dihasilkan oleh kelenjar hipofisis ibu dan janin. Fungsinya juga meningkatkan kontraksi dinding rahim.

6. Air Susu Ibu (ASI)

Setelah bayi dilahirkan, tahap berikutnya yang dilakukan pada bayi adalah laktasi. **Laktasi** merupakan fase pemeliharaan dan perawatan bayi yang salah satunya memberikan air susu ibu (ASI). Pada fase ini, hormon progesteron menurun kadarnya. Penurunan kadar hormon ini mempengaruhi kelenjar pituitari anterior menyekresikan prolaktin. Prolaktin tersebut menstimulasi kelenjar susu untuk memproduksi air susu ibu. Sementara proses pengeluarannya dipengaruhi oleh hormon oksitosin.

ASI yang dibentuk pertama kali dinamakan **kolostrum**. Kolostrum mengandung banyak berbagai zat yang berguna bagi bayi. Misalnya saja, kandungan protein yang lebih tinggi, zat antibodi sebagai pelindung tubuh alami, enzim lipase, zat DHA (*Docosa Hexanoic Acid*) dan AA (*Arachidonic Acid*) sebagai peningkat kecerdasan otak.

Memberikan ASI pada bayi memiliki banyak keuntungan baik bagi bayi maupun ibu yang sedang menyusui. Salah satu keuntungannya adalah memberikan kedekatan emosional antara ibu dan bayi.



Gambar 10.18 Payudara manusia

Selain itu, ibu yang menyusui dapat mengembalikan uterus pasca kelahiran kembali normal. Kemudian, berat badan ibu yang naik dapat berangsur-angsur berkurang.

Nah, bahasan ini akan lebih jelas bila kalian lengkapi dengan mengikuti rubrik *Telisik* berikut.

Telisik

Terlebih dahulu buatlah kelompok yang terdiri atas 3 hingga 4 siswa. Setelah itu, berbagilah tugas di antara anggota kelompok untuk mencari informasi mengenai berbagai keuntungan pemberian ASI bagi bayi. Kemudian, cari pula rentang waktu yang paling baik bagi ibu untuk menyusui bayinya. Kalian dapat mencari berbagai informasi ini melalui literatur seperti majalah, koran, internet, atau bisa pula bertanya kepada petugas kesehatan setempat, misalnya di puskesmas atau rumah sakit.

Tulis informasi tersebut dalam bentuk laporan. Kemudian, presentasikan laporan tersebut di depan kelompok lainnya. Setelah itu, kumpulkan laporan pada guru kalian.

Sekarang pengetahuan dan pemahaman kalian semakin bertambah. Untuk itu, uji pengetahuan dan pemahaman kalian tersebut dengan rubrik *Uji Kompetensi* berikut.

Uji Kompetensi

Selesaikan soal berikut dengan tepat.

1. Sebutkan alat reproduksi dalam dan reproduksi luar wanita.
2. Apakah fungsi folikel bagi sel telur?
3. Sebutkan peranan membran ekstraembrionik bagi janin.
4. Perkembangan apakah yang dapat kita amati saat bayi berumur 2 bulan?
5. Mengapa pemberian ASI pada bayi begitu penting?

C. Gangguan Sistem Reproduksi dan Teknologi Reproduksi pada Manusia

Tidak berbeda dengan sistem organ yang lainnya, sistem reproduksi manusia dapat pula mengalami gangguan atau kelainan. Untuk mengatasi gangguan atau kelainan tersebut, bidang kesehatan telah berusaha mengembangkan berbagai alat dengan sentuhan teknologi mutakhir.

1. Gangguan atau Kelainan pada Sistem Reproduksi Manusia

Berbagai gangguan atau kelainan sistem reproduksi manusia antara lain sebagai berikut.

- a. **Kanker vagina**, merupakan kanker yang terjadi pada wanita. Penyebabnya bisa karena adanya infeksi virus pada vagina.
- b. **Kanker rahim**, merupakan gangguan yang ditandai dengan perdarahan pada vagina secara tidak normal.
- c. **Prostatis**, merupakan gangguan yang terjadi pada prostat dalam

Galeri

Mencegah Penyakit pada Organ Reproduksi

Cara yang paling tepat untuk mencegah penyakit pada organ reproduksi adalah selalu menjaga kebersihannya. Selain itu, hindari hubungan seksual di luar pernikahan sehingga tidak tertular Penyakit Menular Seksual (PMS).

<http://situs.kesrepro.info>

bentuk peradangan oleh bakteri *E. coli* dan *Chlamydia*.

- d. **Hipogonadisme**, merupakan gangguan pada hormon androgen dan testosteron pada pria, sehingga dapat menyebabkan infertilitas atau kemandulan.
- e. **Mandul**, merupakan gangguan yang dapat terjadi baik pada pria maupun wanita. Pada pria, penyebab kemandulan adalah jumlah produksi sperma yang sedikit atau bisa pula bentuk sperma yang abnormal. Sedangkan pada perempuan, kemandulan terjadi karena saluran indung telur tersumbat atau endometrium yang tidak berada pada tempat semestinya (endometriosis).

2. Teknologi Reproduksi pada Manusia

Sekarang banyak ditemukan berbagai teknologi yang berperan untuk mengatasi permasalahan sistem reproduksi manusia. Misalnya saja, penemuan teknik bayi tabung, dan pembuatan berbagai alat kontrasepsi. Untuk lebih jelasnya, mari kita simak dan pahami ulasan berikut.

a. Amniosentesis

Amniosentesis merupakan teknik pengambilan cairan amnion untuk dianalisis secara genetik. Pengambilan cairan ini dimaksudkan agar penyakit genetik dan penyakit bawaan yang lahir saat fetus dalam uterus dapat terdeteksi. Sama seperti teknik ini adalah pengambilan sampel vilus korion (*chorionic villus sampling*).

b. Pencitraan *Ultrasound*

Pencitraan *ultrasound* atau pindai bunyi ultra merupakan salah satu teknologi yang digunakan untuk menampilkan keadaan kesehatan bayi dalam rahim ibu. Selain itu, adanya alat ini menjadikan dokter mampu mengetahui jenis kelamin bayi.

c. Ferlitisasi *In Vitro*

Teknik ini digunakan untuk membantu pasangan tanpa anak yang menginginkan keturunan. Apabila oviduk seorang wanita tersumbat, ovum yang berada pada folikel dapat diambil. Ovum tersebut difertilisasi pada cawan petri di laboratorium. Jangka waktu 2,5 hari, embrio yang telah membelah sebanyak 8 sel ditempatkan pada uterus sehingga terjadi implantansi. Teknik demikian dinamakan **teknik bayi tabung**.

d. Kontrasepsi

Kontrasepsi merupakan salah satu upaya yang dilakukan oleh suami atau istri untuk mencegah pembuahan (fertilisasi) dan kehamilan. Upaya ini dapat dilakukan dengan menggunakan metode rintangan dan metode ritme.

Metode rintangan merupakan kontrasepsi yang menggunakan suatu alat. Alat-alat yang digunakan misalnya kondom pria atau diafragma wanita, IUD (*Intra Uterine Device*) atau perkakas intrauterus pada wanita, dan pil pengontrol kelahiran. **Kondom** merupakan lapisan

karet lateks yang menutupi penis untuk mengumpulkan semen. Seperti fungsi kondom, pada wanita menggunakan diafragma, yakni tudung karet berbentuk kubah yang dipasang pada bagian atas vagina sebelum hubungan kelamin. Kedua cara ini lebih efektif bila digunakan bersama dengan busa atau jeli **spermasidal** (pembunuh sperma).

IUD merupakan plastik kecil atau perkakas logam yang dimasukkan ke dalam rongga uterus dengan fungsi mencegah implantasi blastosis dalam uterus. Sedangkan penggunaan pil pengontrol kehamilan dilakukan dengan meminumnya secara teratur.

Di samping cara-cara tersebut, metode rintangan juga dapat dilakukan dengan cara **sterilisasi**. Sterilisasi pada pria dilakukan dengan **vasektomi**, yakni pemotongan kedua vas deferens pada saluran reproduksi pria. Ini dilakukan supaya sperma tidak dapat masuk ke dalam uretra. Adapun pada wanita, proses sterilisasi dilakukan dengan **pengikatan tuba falopi** (*tubal ligation*) atau **tubektomi**. Cara ini dilakukan dengan melakukan pengikatan pada sebagian oviduk sehingga sel telur tidak dapat masuk ke dalam uterus. Sebenarnya kedua cara ini cukup aman, namun pemotongan saluran reproduksi ini sulit dikembalikan alias permanen.

Metode yang digunakan untuk mengontrol proses kelahiran berikutnya ialah metode ritme. **Metode ritme** atau **keluarga berencana alamiah** merupakan cara berpantang berhubungan kelamin pada saat tertentu sehingga tidak terjadi fertilisasi. Untuk melakukan metode ini, setiap pasangan suami-istri harus mengetahui siklus menstruasi terutama pada fase ovulasi. Sebab, dengan mengetahui masa subur istri, sang suami dapat menghindari untuk tidak berhubungan kelamin.

Sedikit-banyak kalian telah mengetahui dan memahami bahasan pada subbab ini. Untuk itu, uji pengetahuan kalian tersebut dengan rubrik *Uji Kompetensi* berikut.

Uji Kompetensi	
<p>Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.</p> <ol style="list-style-type: none">1. Apakah yang menyebabkan seseorang dapat mengalami kemandulan?	<ol style="list-style-type: none">2. Bagaimanakah cara mengatasi kemandulan seseorang terkait teknologi reproduksi?3. Apa yang dimaksud dengan vasektomi dan tubektomi?

3. Penyakit Menular Seksual (PMS)

Penyakit Menular Seksual atau disingkat PMS, merupakan suatu infeksi atau penyakit yang dapat ditularkan melalui kontak seksual (oral, anal, atau vaginal). PMS menyerang alat kelamin, namun gejalanya dapat timbul dan menyerang organ tubuh lainnya seperti otak, hati, mata, dan mulut.

Umumnya PMS berbahaya bagi organ-organ reproduksi. Pada wanita, PMS dapat menimbulkan kerusakan dinding vagina atau serviks rahim tanpa didahului dengan gejala infeksi. Pada pria, infeksi

diawali pada saluran kencingnya. Jika tidak segera diobati, PMS dapat berpengaruh terhadap fungsi organ-organ reproduksi dalam, bahkan menyebabkan kemandulan pada pria maupun wanita. Berikut akan diuraikan beberapa PMS yang dapat menyerang sistem reproduksi pada manusia.

a. Gonore (kencing nanah)

Penyakit gonore merupakan penyakit yang ditandai dengan kencing bernanah. Penyakit ini terjadi karena infeksi bakteri *Neisseria gonorrhoea* pada saluran kencing. Gonore dapat menyerang pria maupun wanita dan dapat ditularkan dari ibu pada bayinya.

b. Sifilis (raja singa)

Penyakit sifilis merupakan penyakit yang disebabkan oleh infeksi bakteri *Treponema pallidum* pada saluran kelamin. Sifilis dapat menyerang pria maupun wanita. Penyakit ini dapat menular melalui hubungan seksual dan transfusi darah dengan penderita.

c. AIDS (*Acquired Immune Deficiency Syndrome*)

AIDS merupakan penyakit yang terjadi karena menurunnya kekebalan tubuh. AIDS disebabkan oleh infeksi virus HIV (*Human Immunodeficiency Virus*). Virus ini menyerang sel darah putih yang mengakibatkan kekebalan tubuh menurun. Keberadaan HIV di dalam darah perlu waktu yang lama untuk dapat diketahui. Sebab, keberadaan HIV ini tidak memperlihatkan gejala penyakit tertentu. Penularannya dapat terjadi melalui hubungan seksual dengan penderita, pemakaian jarum suntik bekas penderita, dan transfusi darah yang tercemar HIV. Ibu hamil yang mengidap HIV dapat pula menularkan kepada bayinya.

I k h t i s a r

1. Alat-alat reproduksi dalam pria terdiri atas testis, saluran reproduksi, dan kelenjar kelamin.
2. Testis berfungsi sebagai penghasil hormon dan sperma. Saluran reproduksi meliputi epididimis, vas deferens, saluran ejakulasi, dan uretra. Sementara, kelenjar kelamin yang berperan dalam sekresi getah kelamin, meliputi vesikula seminalis, kelenjar prostat, dan kelenjar bulbouretralis (kelenjar Cowper).
3. Alat reproduksi luar pria meliputi penis dan skrotum. Penis berfungsi sebagai alat kopulasi atau senggama. Sementara, skrotum berfungsi sebagai kantung pelindung testis.
4. Proses spermatogenesis meliputi spermatogonium ($2n = \text{diploid}$) menjadi spermatis primer ($2n$), kemudian melalui meiosis I menjadi dua spermatis sekunder ($n = \text{haploid}$). Dengan meiosis II, spermatis sekunder menjadi spermatid (n), dan berkembang menjadi sperma matang.
5. Hormon yang berperan dalam spermatogenesis yakni hormon gonadotropin, hormon FSH dan LH, dan hormon testosteron.
6. Alat reproduksi dalam wanita meliputi ovarium, saluran reproduksi, uterus, dan vagina.
7. Ovarium berfungsi sebagai bagian yang menyimpan sel telur. Saluran reproduksi wanita berupa tuba falopi. Uterus merupakan tempat menempel dan berkembangnya sel telur yang dibuahi menjadi embrio. Sedangkan vagina merupakan saluran kelahiran bayi dan sebagai tempat kopulasi.

8. Alat reproduksi luar terdiri atas vulva, mons pubis, labia mayora, labia minora, klitoris, dan selaput dara (himen)
9. Proses oogenesis diawali dengan membelahnya oogonium (2n) menjadi oosit primer. Oosit primer membelah menjadi satu oosit sekunder dan satu badan kutub primer, kemudian menjadi satu ootid dan tiga badan kutub sekunder. Ootid akan menjadi sel telur, sementara badan kutub sekunder menghilang.
10. Hormon yang berperan dalam reproduksi wanita ialah hormon FSH, hormon LH, hormon estrogen, dan hormon progesteron.
11. Menstruasi ialah meluruhnya endometrium karena sel telur tidak dibuahi oleh sperma.
12. Fertilisasi merupakan peluruhan sperma dan sel telur menjadi zigot pada oviduk.
13. Kehamilan terjadi bila zigot hasil fertilisasi berkembang menjadi embrio dan menempel pada endometrium (implantasi).
14. Tahapan kelahiran yakni dilatasi serviks, ekspulsi, dan laktasi.
15. Gangguan sistem reproduksi manusia antara lain kanker genetalia, prostatitis, hipogonadisme, dan mandul. Sementara teknologi reproduksi yang digunakan meliputi amniosentesis, pindai bunyi ultra, bayi tabung, dan kontrasepsi.

Senarai kata

Antikoagulan Anti penggumpalan

Dilatasi Pergeseran letak bayi sebelum keluar dari vagina

Ejakulasi Proses keluarnya semen dari penis menuju vagina

Epididimis Saluran yang berada dalam skrotum dan keluar dari kedua testis

Fertilisasi proses terjadinya pembuahan sel telur oleh sel sperma dan ditandai dengan bergabungnya inti kedua sel kelamin tersebut

Gerak peristaltik Gerak mengempis dan mengendur

Getah kelamin Hormon yang disekresikan dari kelenjar kelamin

Kelenjar prostat Kelenjar yang menghasilkan getah kelamin

Masa pubertas Masa remaja

Meiosis Pembelahan sel gamet

Menstruasi Suatu proses meluruhnya lapisan endometrium pada uterus keluar tubuh wanita dengan disertai pendarahan

Mitokondria Organel sel yang berperan dalam proses respirasi sel

Mitosis Pembelahan yang mempunyai tahapan atau fase tertentu

Mukus Lendir

Oogenesis Proses pembentukan sel telur (ovum)

Organogenesis Proses pembentukan organ-organ atau bagian-bagian tubuh saat embrio pada masa kehamilan

Otot dartos Otot polos yang menyusun sekat skrotum sehingga bisa mengendur dan mengerut

Otot kremaster Otot yang bertindak sebagai pengatur kondisi suhu testis stabil

Reproduksi Perkembangbiakan

Saluran ejakulasi Saluran reproduksi yang berperan menjadi tempat penghubung Bergeraknya sel sperma menuju uretra

Sel germinal Sel induk

Sel Leydig Sel jaringan interstitial testis

Skrotum Disebut juga kantung pelir, yakni sebuah kantung yang melindungi dua testis

Spermatogenesis Proses pembentukan sperma

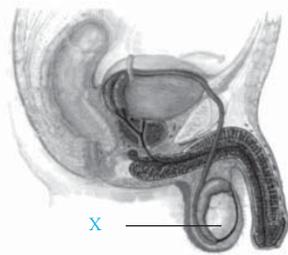
Vas deferens Saluran reproduksi yang berfungsi sebagai tempat Bergeraknya sperma dari epididimis menuju kantung semen (kantung semen) atau vesikula seminalis

Ulangan Harian

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. Alat kelamin pria meliputi: 1) epididimis, 2) vas deferens, 3) uretra, 4) saluran ejakulasi. Urutan saluran dari testis keluar adalah
 - a. 1, 2, 3, 4
 - b. 1, 2, 4, 3
 - c. 3, 2, 1, 4
 - d. 4, 3, 1, 2
 - e. 4, 1, 2, 3

2. Perhatikan gambar berikut.



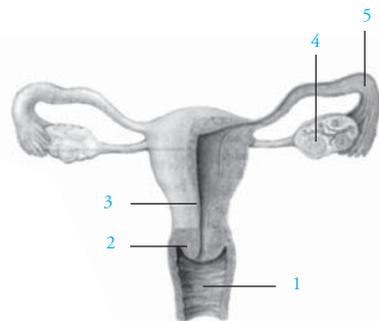
Alat reproduksi X berfungsi

- a. sebagai tempat penyimpanan sperma
 - b. penghasil sperma dan hormon
 - c. tempat penghubung sperma menuju uretra
 - d. tempat keluarnya sperma
 - e. penghasil cairan semen
3. Salah satu alat reproduksi luar pria yakni
 - a. testis
 - b. vas deferens
 - c. tubulus seminiferus
 - d. uretra
 - e. penis
 4. Bagian dari penis yang dikhitan ialah
 - a. korpus kavernosa
 - b. korpus spongiosum
 - c. preputium
 - d. skrotum
 - e. testis
 5. Skrotum dapat mengendur dan mengerut. Keadaan ini dapat terjadi karena dipengaruhi

- a. hormon testosteron
- b. hormon FSH dan LH
- c. suhu tubuh
- d. otot dartos
- e. oto kremaster

6. Spermatid akan diperoleh pada proses spermatogenesis setelah melalui tahap pembelahan
 - a. mitosis
 - b. meiosis I
 - c. meiosis II
 - d. spermatosit primer
 - e. spermatogonium
7. Enzim yang berperan untuk menembus lapisan sel telur yakni
 - a. laktase
 - b. lipase
 - c. amilase
 - d. hialurodinase dan proteinase
 - e. pepsin

Untuk soal nomor 8 sampai 10, perhatikan gambar berikut.



8. Bagian yang berfungsi sebagai perkembangan janin ditunjukkan nomor
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
 - e. 5
9. Alat reproduksi yang ditunjukkan oleh nomor 4 adalah
 - a. ovarium
 - b. tuba falopi

- c. infundulum
 - d. uterus
 - e. vagina
10. Kopulasi terjadi pada nomor
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
 - e. 5
 11. Siklus menstruasi yang terjadi pada sistem reproduksi wanita berasal dari
 - a. ovarium
 - b. vagina
 - c. labia mayora
 - d. labia minora
 - e. peluruhan endometrium
 12. Di dalam labia mayora terdapat bagian yang sangat sensitif dan mengandung saraf perasa dinamakan
 - a. vagina
 - b. vulva
 - c. mons pubis
 - d. klitoris
 - e. himen
 13. Pada oogenesis, setelah meiosis II menghasilkan beberapa sel yakni
 - a. 1 ootid dan 3 badan kutub primer
 - b. 1 ootid dan 2 badan kutub sekunder
 - c. 1 ootid dan 2 badan kutub primer
 - d. 1 ootid dan 3 badan kutub sekunder
 - e. 1 ootid saja
 14. Hormon yang berperan dalam fase praovulasi saat siklus menstruasi ialah hormon
 - a. estrogen dan progesteron
 - b. FSH dan LH
 - c. estrogen dan LH
 - d. FSH dan progesteron
 - e. Estrogen dan FSH
 15. Setelah ovum tidak mengalami fertilisasi, maka hormon yang mengalami penurunan kadarnya dalam darah adalah
 - a. estrogen dan LH
 - b. FSH dan Estrogen
 - c. LH dan FSH
 - d. FSH dan Progesteron
 - e. Estrogen dan progesteron
 16. Implantasi merupakan proses ... pada lapisan endometrium.
 - a. penempelan blastosit
 - b. penempelan zigot
 - c. peluruhan sel telur
 - d. pembentukan embrio
 - e. pemenuhan nutrisi embrio
 17. Membran embrionik yang berfungsi sebagai cikal bakal plasenta yakni
 - a. saku vitelinus
 - b. amnion
 - c. korion
 - d. alantois
 - e. ektoderma
 18. ASI yang terbentuk pertama kali dari kelenjar susu ibu dinamakan
 - a. DHA
 - b. AA
 - c. kolostrum
 - d. prolaktin
 - e. oksitosin
 19. Infeksi *E. coli* dan *Chlamydia* dapat menyebabkan gangguan
 - a. kanker rahim
 - b. kanker vagina
 - c. prostatitis
 - d. mandul
 - e. hipogonadisme
 20. Salah satu teknologi reproduksi yang berguna untuk mendeteksi jenis kelamin bayi dalam kandungan ibu ialah
 - a. bayi tabung
 - b. bunyi ultra
 - c. amniosentesis
 - d. vasektomi
 - e. tubektomi

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

1. Sebutkan alat reproduksi wanita dari dalam keluar.
2. Jelaskan terjadinya proses spermatogenesis pada pria.

3. Sebutkan hormon-hormon yang berperan dalam spermatogenesis.
 4. Jelaskan terjadinya oogenesis pada wanita.
 5. Sebutkan hormon-hormon kelamin yang berperan dalam proses penebalan dinding rahim.
 6. Apa yang kalian ketahui tentang menstruasi dan bagaimana terjadinya peristiwa menstruasi tersebut?
7. Sebutkan dan jelaskan fungsi dari berbagai membran ekstraembrionik.
 8. Apa yang akan dilakukan oleh dokter apabila bayi tidak dapat keluar dari rahim ibu?
 9. Sebutkan dan jelaskan kontrasepsi yang menggunakan metode rintangan.
 10. Bagaimanakah mekanisme terjadinya bayi tabung?

B a b XI

Sistem Pertahanan Tubuh



Magalah Tempo, 14-20 Februari 2005, hlm. 106

Tubuh anak atau balita sangat rentan serangan berbagai kuman penyakit. Kuman tersebut bisa datang dari berbagai tempat dan kondisi. Kemungkinan kuman bisa berasal dari lingkungan rumah, sekolah, atau tempat bermain. Namun, sebenarnya kita tidak perlu khawatir. Sebab, di dalam tubuh anak atau balita terdapat sistem pertahanan tubuh. Supaya sistem pertahanan tubuh bayi kuat, maka bayi diberi imunisasi. Lalu apa yang dimaksud sistem pertahanan tubuh? Bab berikut membahas sistem pertahanan tubuh manusia.

Kata Kunci

- Imun
- Imunisasi
- Antigen
- Antibodi
- Vaksin

Pada bab ini, kalian mempelajari sistem pertahanan tubuh. Sistem pertahanan tubuh manusia sangat terkait erat dengan bahasan antigen dan antibodi. Antigen merupakan suatu zat yang menimbulkan antibodi dalam tubuh. Karena itu, antara antigen dan antibodi terdapat perbedaan. Selain itu, kalian juga membahas mekanisme sistem pertahanan tubuh manusia dari benda asing.

Dengan mempelajari bab ini, kalian diharapkan mampu menjelaskan berbagai mekanisme yang terjadi pada sistem pertahanan tubuh manusia dalam kehidupan sehari-hari.

A. Antigen dan Antibodi

Seorang pendekar bela diri tentu mampu mengantisipasi berbagai macam serangan dari lawannya. Bahkan, serangan dari banyak lawan dalam satu waktu sekaligus pun dapat teratasi.

Nah, sama seperti halnya pendekar bela diri, tubuh kita juga memiliki sistem yang dapat mempertahankan tubuh dari berbagai macam serangan penyakit. Suatu sistem dalam tubuh yang memiliki peran utama dalam pertahanan diri ini disebut sistem pertahanan tubuh atau sistem imun. Sistem ini terdiri atas struktur dan sel yang didistribusikan ke seluruh jaringan tubuh. Fungsi utamanya adalah sebagai pelindung dari serangan benda-benda asing yang masuk ke dalam tubuh. Sementara ilmu yang mempelajari sistem imun atau kekebalan tubuh disebut **immunologi**.

Apabila sistem imun di dalam tubuh kita baik, tentu serangan penyakit dapat ditangkal sedini mungkin. Sebaliknya, bila sistem imun tubuh kita lemah, kemungkinan terserang penyakit pun menjadi besar.

Di dalam tubuh, sistem imun melawan berbagai penyerang asing atau antigen dengan garis pertahanan yang bertahap. Tahapannya dimulai dari garis pertahanan pertama seperti kulit, membran mukosa, sekresi dari kulit dan mukosa. Garis pertahanan kedua dengan fagositosis oleh sel darah putih, protein antimikroba, dan respon peradangan. Sementara garis pertahanan ketiga melalui limfosit yang menghasilkan antibodi.

Pada subbab berikut, kita mempelajari mekanisme pertahanan tubuh dari antigen dengan pembentukan antibodi. Oleh karena itu, simak dan pahami uraian berikut.

1. Pengertian Antigen dan Antibodi

Tanpa kita sadari, sebenarnya di lingkungan sekitar terdapat banyak bibit penyakit yang dapat mengancam tubuh. Ketika pertahanan tubuh lemah, dengan segera bibit penyakit akan menyerang. Berbagai bibit penyakit tersebut dapat melayang di udara, larut dalam air, menempel pada tanah, meja, kursi bahkan buku dan pensil. Bakteri, virus dan organisme sejenisnya adalah contoh bibit penyakit yang dapat menyerang tubuh.

Berbagai organisme dan substansi asing yang masuk ke dalam tubuh dinamakan antigen. Antigen meliputi molekul yang dimiliki virus, bakteri, fungi, protozoa, dan cacing parasit. Apabila antigen tersebut masuk ke dalam tubuh, secara otomatis tubuh meningkatkan sistem pertahanannya. Peningkatan sistem pertahanan dilakukan untuk melawan serangan-serangan dari organisme dan substansi asing tersebut. Caranya yakni dengan memproduksi suatu zat sejenis protein atau polisakarida. Zat yang demikian dinamakan **antibodi**.

Pada umumnya, antibodi terletak dan melekat pada permukaan sel. Namun, apabila tidak melekat, antibodi berada dalam darah dan dalam sekresi jaringan eksokrin. Awalnya, antibodi ditemukan pada serum darah, yakni cairan darah yang dipisahkan dari sel-selnya. Oleh karena itu, banyak penyakit yang dapat didiagnosis dengan keberadaan antibodi khusus dalam serum. Ilmu yang mempelajari cara seperti ini dinamakan **serologi** yang merupakan cabang immunologi.

Supaya kalian jelas dengan pengertian ini, sebaiknya lakukan rubrik *Diskusi* berikut.

Diskusi

Buatlah kelompok yang terdiri atas 3-4 orang. Selanjutnya, diskusikan pemahaman kalian yang terdapat pada gangguan sistem pernapasan seperti flu atau influenza terkait antigen dan antibodi. Manakah yang dimaksud antigen dan antibodi pada gangguan flu atau influenza tersebut?

Presentasikan hasil diskusi kalian. Kemudian, mintalah tanggapan dari kelompok lainnya. Selanjutnya, kumpulkan hasil diskusi tersebut pada guru.

Flu atau influenza merupakan sejenis penyakit yang menyerang sel-sel saluran pernapasan bagian atas. Penyebabnya adalah virus influenza. Penyakit ini biasa menyerang kita, mulai dari balita hingga lansia sekalipun.

Virus influenza masuk ke dalam tubuh melalui hidung. Karena tersapu oleh bulu-bulu silia, virus ini berbalik ke kerongkongan. Virus ini ada sebagian yang dapat dihancurkan oleh sistem pencernaan kita. Namun, sebagian lainnya ada yang masih tersangkut pada hidung dan terikat sangat erat oleh sel-sel reseptor. Selanjutnya, virus tersebut masuk ke dalam sel-sel hidung dan segera melepas ikatan gennya, kemudian mengambil alih proses reproduksi sel dalam tubuh. Akibatnya, tidak lama setelah itu kita terserang sakit tenggorokan, hidung tersumbat dan berlendir (ingusan), kemudian sakit kepala yang disertai demam ringan.



Dok. PIM

Gambar 11.1 Sistem pertahanan tubuh yang lemah dapat menyebabkan terserang virus influenza

Galeri

Variasi Virus Influenza

Baru-baru ini sebuah penelitian telah menemukan bahwa virus penyebab influenza terdiri atas berbagai jenis. Variasi jenis virus influenza muncul akibat pertukaran materi genetik antara satu jenis virus dengan jenis lainnya dan menyerang sel yang sama.

Tubuh seseorang yang terserang salah satu jenis virus influenza akan mengembangkan kekebalan terhadap serangan virus dari jenis tersebut. Namun, orang tersebut kemungkinan tidak kebal terhadap virus influenza dari jenis yang lain.

Virus influenza juga cepat menular dari penderita ke tubuh orang lain. Sebab, kemungkinan besar sistem pertahanan tubuh orang tersebut tidak mampu menangkal serangan antigen-antigen yang berasal dari virus influenza. Akan tetapi, orang yang memiliki antibodi kuat tentu dapat melawan dan mengalahkan serangan antigen dari virus influenza tersebut.

Nah, setelah kalian memahami antigen dan antibodi, berikutnya selesaikan rubrik *Telitik* berikut.

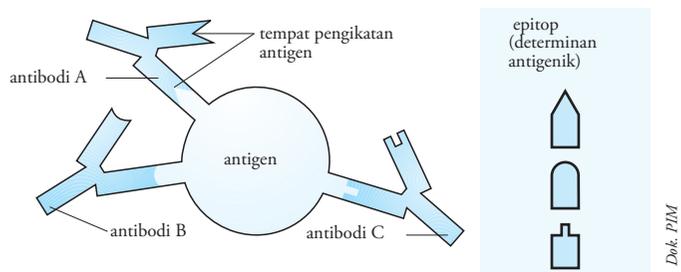
Telitik

Bersama teman sebangku kalian, carilah berbagai macam antigen berbahaya yang dapat masuk ke dalam tubuh. Kalian dapat mencarinya dari buku, literatur, atau internet. Presentasikan hasil yang kalian peroleh di depan guru dan teman sekelas kalian. Jangan lupa mintalah teman dari kelompok lain untuk menanggapinya.

2. Struktur dan Fungsi Antibodi

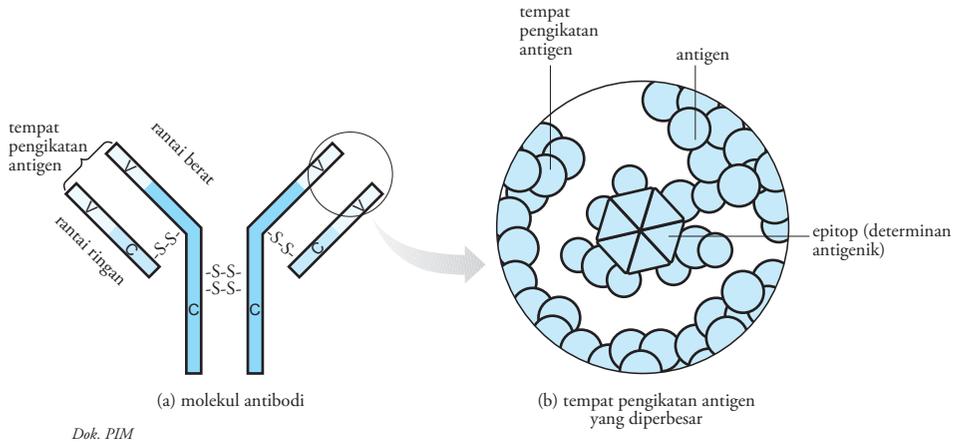
Antigen merupakan protein dan permukaan polisakarida berbagai mikroba, jaringan cangkakan yang tidak cocok, ataupun sel-sel darah yang ditransfusikan. Selain itu, antigen dapat pula berwujud protein asing seperti racun lebah atau serbuk sari yang dapat menyebabkan alergi atau hipersensitivitas.

Sebuah antigen mempunyai bagian pada permukaan suatu organisme atau substansi tertentu yang dapat berikatan dengan antibodi. Bagian tersebut dinamakan **epitop** atau **determinan antigenik**. Semua epitop tentu akan berikatan dengan antibodi yang sesuai. Sehingga permukaan bakteri, misalnya, yang berperan sebagai antigen seluruhnya dapat ditutupi oleh banyak jenis antibodi. Lihat Gambar 11.3.



Gambar 11.2 Epitop (determinan antigenic) berikatan dengan antibodi yang sesuai

Antibodi merupakan protein terdiri atas satu atau lebih molekul yang berbentuk huruf Y. Empat rantai proteinnya disusun oleh ikatan sulfida. Dua rantai berat yang identik merupakan batang dan sebagian lengan Y. Sedangkan dua rantai ringan yang identik berada pada bagian lainnya. Pada kedua molekul berbentuk Y terdapat daerah variable (V) rantai berat dan rantai ringan. Dinamakan seperti itu karena pada bagian V memiliki urutan asam amino yang bervariasi dari satu antibodi ke antibodi lainnya. Lihat Gambar 11.3.



Gambar 11.3 Struktur antibodi yang khas

Umumnya antibodi terdiri atas sekelompok protein yang berada pada fraksi-fraksi globulin serum. Fraksi-fraksi globulin serum ini dinamakan imunoglobulin atau disingkat Ig. Imunoglobulin ini bermanfaat apabila di dalam tubuh terjadi reaksi imun.

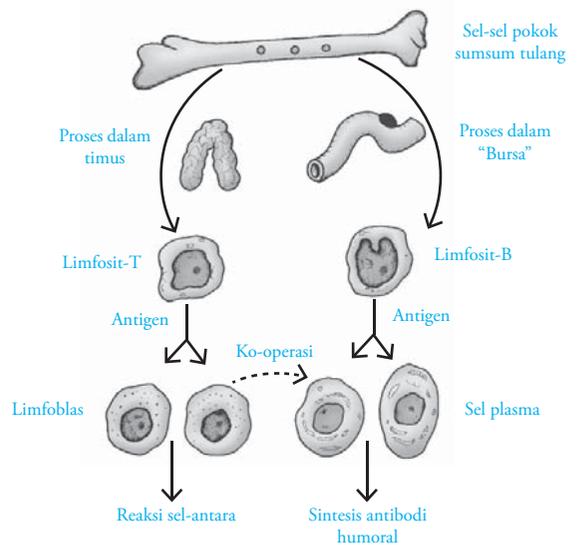
Manusia memiliki beberapa tipe imunoglobulin dengan berbagai struktur. Adapun tipe-tipe imunoglobulin tersebut meliputi imunoglobulin M (IgM), imunoglobulin G (IgG), imunoglobulin A (IgA), imunoglobulin D (IgD), dan imunoglobulin E (IgE).

3. Pembentukan Antigen dan Antibodi

Di dalam tubuh manusia, antibodi dihasilkan oleh organ limfoid sentral yang terdiri atas sumsum tulang dan kelenjar timus, terutama oleh sel-sel limfosit. Ada dua macam sel limfosit, yaitu sel limfosit B dan sel limfosit T. Kedua sel ini bekerja sama untuk menghasilkan antibodi dalam tubuh.

Baik antibodi maupun antigen keduanya mempunyai hubungan spesifik yang sangat khas. Keadaan ini terlihat sewaktu antigen masuk ke dalam tubuh. Saat itu, dengan seketika sel limfosit T mendeteksi karakteristik dan jenis antigen. Kemudian sel limfosit T bereaksi cepat dengan cara mengikat antigen tersebut melalui permukaan reseptornya. Setelah itu, sel limfosit T membelah dan membentuk klon. Sementara pada permukaan membrannya menghasilkan immunoglobulin monomerik.

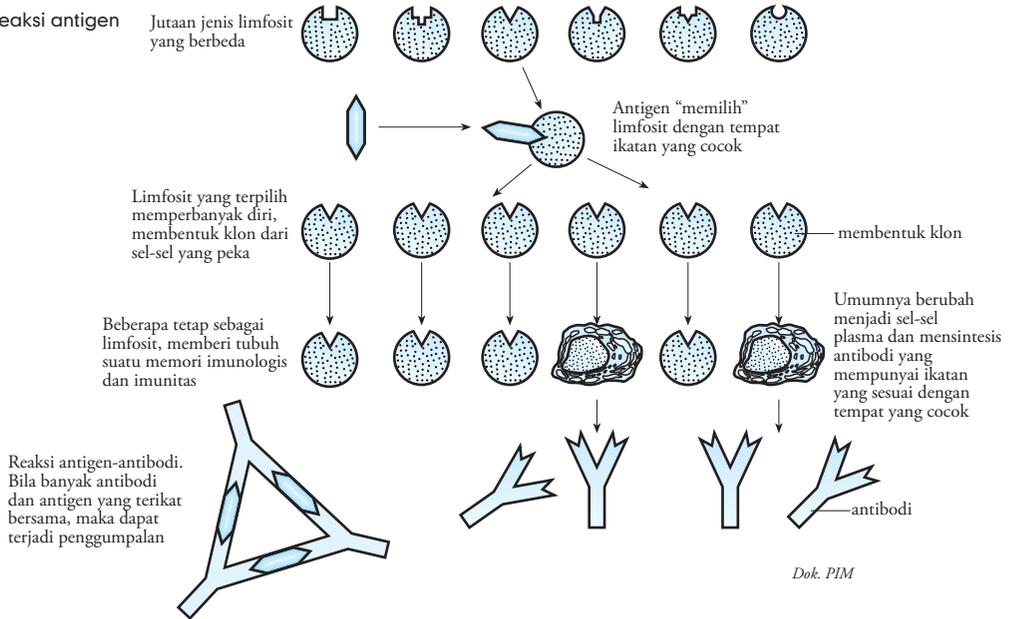
Berikutnya, molekul antigen dan molekul antibodi saling berikatan dan ikatan kedua molekul ini ditempatkan pada makrofaga. Secara berurutan, makrofaga menghadirkan antigen pada sel limfosit B. Lantas, sel limfosit B berpoliferasi dan menjadi dewasa, sehingga mampu membentuk



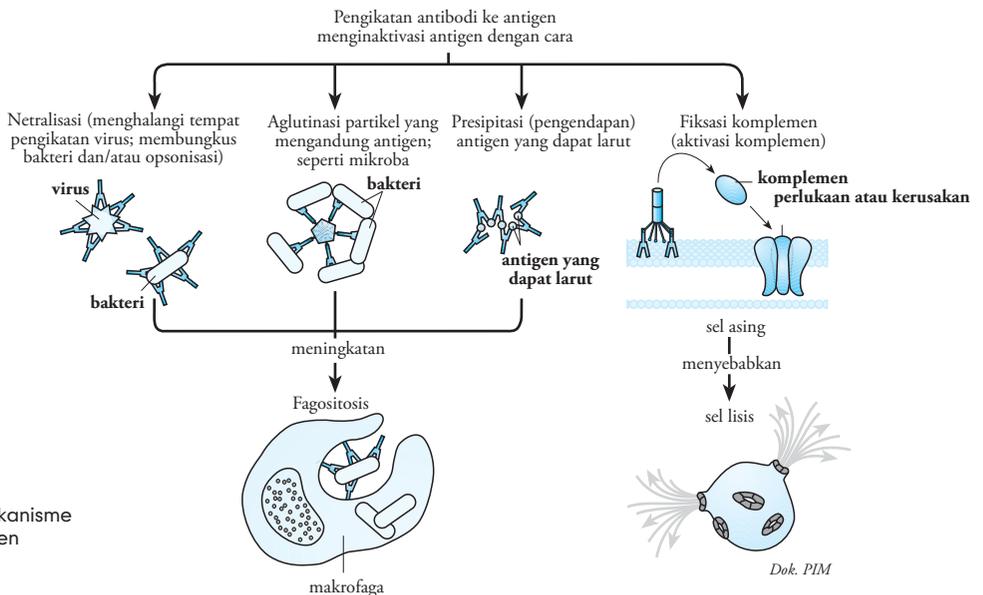
Gambar 11.4 Diagram perkembangan dua tipe sistem imun

antibodi untuk masing-masing antigen. Akan lebih jelas kalian simak Gambar 11.5.

Gambar 11.5 Reaksi antigen dan antibodi



Sementara itu, pembuangan antigen setelah diikat antibodi dapat menggunakan berbagai cara, yakni netralisasi, aglutinasi, presipitasi, dan fiksasi komplemen. Perhatikan Gambar 11.6. **Netralisasi** merupakan cara yang digunakan antibodi untuk berikatan dengan antigen supaya aktivitasnya terhambat. Sebagai contoh, antibodi melekat pada molekul yang akan digunakan virus untuk menginfeksi inangnya. Pada proses ini, antibodi dan antigen dapat mengalami proses **opsonisasi**, yakni proses pelenyapan bakteri yang diikat antibodi oleh makrofaga melalui fagositosis.



Gambar 11.6 Mekanisme pelenyapan antigen

Cara pelenyapan antigen berikutnya adalah **aglutinasi**. Aglutinasi atau penggumpalan merupakan proses pengikatan antibodi terhadap bakteri atau virus sehingga mudah dinetralkan dan diopsonisasi. Misalnya, IgG yang berikatan dengan dua sel bakteri atau virus secara bersama-sama.

Mekanisme yang sama juga terjadi pada cara berikutnya yakni presipitasi. Presipitasi atau pengendapan merupakan pengikatan silang molekul-molekul antigen yang terlarut dalam cairan tubuh. Setelah diendapkan, antigen tersebut dikeluarkan dan dibuang melalui fagositosis.

Selain berbagai cara tersebut, pembuangan antigen dapat melalui **fiksasi komplemen**. Fiksasi komplemen merupakan pengaktifan rentetan molekul protein komplemen karena adanya infeksi. Prosesnya menyebabkan virus dan sel-sel patogen yang menginfeksi bagian tubuh menjadi lisis.

Nah, pengetahuan kalian tentang antigen dan antibodi semakin bertambah sekarang. Supaya, pengetahuan dan pemahaman kalian semakin meningkat, ikuti rubrik *Telisisik* berikut.

Kilas

Pada bahasan sistem peredaran darah, kalian telah mengetahui fungsi sel limfosit T dan sel limfosit B. Sel limfosit T berperan dalam mekanisme pertahanan terhadap sel-sel asing yang masuk ke dalam tubuh. Jadi, sel limfosit T secara langsung akan menyerang sel-sel asing tersebut. Sedangkan sel limfosit B berperan dalam mekanisme pertahanan tubuh yang melibatkan produksi dan distribusi antibodi.

Telisisik

Buatlah beberapa kelompok kecil yang terdiri atas 3 hingga 4 orang. Selanjutnya, bersama anggota kelompok kalian mencari informasi sebanyak-banyaknya tentang fungsi antigen dan antibodi bagi sistem pertahanan tubuh. Kalian dapat melakukan telaah pustaka dari berbagai buku, jurnal dan artikel ilmiah serta majalah atau dengan melakukan penelusuran beberapa situs di internet.

Presentasikan hasilnya di depan kelompok lainnya dan mintailah tanggapan. Kemudian, kumpulkan tugas tersebut kepada Bapak/Ibu Guru kalian.

Setelah kalian melakukan rubrik *Telisisik*, berikutnya mantapkan pemahaman kalian dengan menyelesaikan rubrik *Uji Kompetensi* berikut.

Uji Kompetensi

Jawab pertanyaan berikut dengan benar.

1. Apakah yang dimaksud sistem pertahanan tubuh?
2. Sebutkan organ, jaringan, dan sel yang berperan dalam menghasilkan sistem kekebalan tubuh.
3. Jelaskan perbedaan antara antigen dan antibodi.
4. Sebutkan jenis dan fungsi dari imunoglobulin.
5. Jelaskan berbagai cara yang dapat dilakukan tubuh untuk membuang antibodi.

Tidak ada seorang pun yang hidup tidak menginginkan kesehatan. Kesehatan merupakan suatu kebutuhan pokok bagi tubuh setiap orang. Jika tubuh tidak sehat, tentu berbagai aktivitas tidak dapat dilakukan dengan baik. Nah, terkait dengan hal ini, subbab berikut mempelajari mekanisme pertahanan tubuh manusia. Simak dan pahami uraiannya.

Galeri

Edward Jenner dan Cacar Air



Microsoft Encarta Premium 2006

Pada tahun 1798 seorang dokter berkebangsaan Inggris bernama **Edward Jenner** melakukan vaksinasi untuk penyakit cacar yang pertama kalinya. Jenner mengetahui bahwa seseorang yang terserang cacar sapi kebal terhadap serangan cacar air. Pada percobaannya, Jenner menyuntikkan bibit penyakit cacar sapi ke dalam tubuh seorang pasien. Pasien tersebut terserang cacar sapi, enam minggu kemudian Jenner kembali menyuntikkan virus cacar air pada penderita cacar sapi. Beberapa waktu kemudian pasien tersebut sembuh.

Roberts, *Serendipity*, 2004, hlm. 19-23

B. Mekanisme Pertahanan Tubuh

Adanya sistem pertahanan tubuh membuat tubuh kita aman dari serangan penyakit. Diibaratkan sebuah senjata, sistem pertahanan tubuh membunuh semua bibit penyakit yang menyerang tubuh. Mekanisme yang dilakukan pun amat beragam. Berikut kita bahas ragam mekanisme sistem pertahanan tubuh pada manusia.

1. Ragam Mekanisme Pertahanan Tubuh

Di dalam tubuh, sistem imun yang kita miliki dapat melakukan mekanisme pertahanan dari berbagai jenis antigen, seperti bakteri, virus maupun kuman tertentu. Mekanisme pertahanan tersebut dapat dilakukan dengan cara membentuk kekebalan aktif dan kekebalan pasif.

a. Kekebalan Aktif

Kekebalan aktif merupakan kekebalan tubuh yang diperoleh dari dalam tubuh, karena tubuh membuat antibodi sendiri. Jenis kekebalan ini dapat terbentuk baik secara alami ataupun buatan.

Kekebalan aktif alami (*natural immunity*) adalah kekebalan tubuh yang diperoleh tubuh setelah seseorang sembuh dari serangan suatu penyakit. Sebagai contoh, orang yang pernah terserang penyakit seperti cacar air, campak, dan gondongan tidak akan terserang penyakit yang sama untuk kedua kalinya. Sebab, tubuh yang terserang sudah begitu kenal atau tidak asing dengan antigen yang menyerang. Akibatnya, darah membentuk antibodi untuk melawan antigen tersebut.



(a)



(b)

Gambar 11.7 Berbagai penyakit yang dapat dilawan kekebalan aktif (a) cacar air (b) campak

Selain secara alami, kekebalan aktif dapat diperoleh secara buatan. **Kekebalan aktif buatan** (*induced immunity*) diperoleh dari luar tubuh, yakni setelah tubuh mendapatkan vaksinasi. **Vaksinasi** merupakan proses memasukkan vaksin ke dalam tubuh supaya tubuh membentuk antibodi sehingga kebal terhadap suatu penyakit. Sementara **vaksin** ialah kuman penyakit yang sudah dilemahkan atau dijinakkan sehingga tidak berbahaya bagi tubuh.

Tindakan membentuk kekebalan dalam tubuh seseorang dengan memberikan vaksin disebut **imunisasi**. Orang yang mengembangkan imunisasi pertama kali adalah **dr. Edward Jenner**, seorang dokter berkebangsaan Inggris. Teknik ini seringkali diberikan kepada semua umur supaya kebal terhadap antigen tertentu. Ada beberapa penyakit

yang dapat dilawan dengan vaksin, misalnya vaksin BCG yang melawan antigen penyakit TBC.

Imunisasi mempunyai beberapa tipe. Imunisasi yang diberikan kepada individu dari spesies yang sama disebut **isoimun**. Sedangkan imunisasi yang diberikan pada individu yang berbeda dan dari spesies yang berbeda pula disebut **heteroimun**.

Selanjutnya, untuk mengetahui cara kerja pembuatan vaksin pada imunisasi, kalian dapat melakukan rubrik *Telisisik* berikut.

Telisisik

Secara kelompok, kajilah beberapa literatur atau lakukanlah penelusuran beberapa situs di internet untuk mencari informasi tentang proses pembuatan vaksin untuk imunisasi. Cari juga reaksi vaksin terkait dengan sistem kekebalan tubuh. Berikutnya, diskusikan hasil yang kalian peroleh di depan guru dan teman kalian.

b. Kekebalan Pasif

Kekebalan pasif merupakan kekebalan yang diperoleh bukan dari antibodi yang disintesis dalam tubuh, melainkan tinggal memakainya saja. Seperti halnya kekebalan aktif, kekebalan pasif juga terjadi secara alami dan buatan.

Kekebalan pasif alami adalah kekebalan yang diperoleh bukan dari tubuhnya sendiri, melainkan dari tubuh orang lain. Misalnya kekebalan bayi yang diperoleh dari ibunya. Ketika masih dalam kandungan, bayi mendapatkan antibodi dari ibunya melalui plasenta dan tali pusat. Kemudian setelah lahir, bayi mendapatkan antibodi dari ASI eksklusif melalui proses menyusui.

Sedangkan kekebalan pasif buatan adalah kekebalan yang diperoleh dari antibodi yang sudah jadi dan terlarut dalam serum. Sepintas antibodi ini mirip dengan vaksin. Perbedaannya yakni vaksin bersifat sementara, sedangkan serum dapat digunakan dalam jangka waktu yang relatif lebih lama. Bahkan dapat digunakan seumur hidup. Sebagai contoh adalah suntikan ATS (Anti Tetanus Serum) dan suntikan IG (Globulin Imun).

Setelah kalian mempelajari bahasan mekanisme pertahanan tubuh, berikutnya kalian dapat menyelesaikan rubrik *Diskusi* berikut.

Kilas

Pada bahasan sistem reproduksi telah dijelaskan bahwa ASI (Air Susu Ibu) berfungsi sebagai sumber nutrisi bagi bayi. Selain itu, ASI juga membantu dalam pembentukan kekebalan pasif alami. Kemudian, ASI juga dapat meningkatkan kecerdasan pada anak.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa anak yang mendapatkan ASI mempunyai IQ yang lebih tinggi dan lebih kebal terhadap berbagai macam serangan penyakit dibanding anak yang tidak mendapatkan ASI. Kandungan kolostrum dalam ASI, terutama pada ASI eksklusif merupakan antibodi yang pertama kali diperoleh seorang bayi setelah mereka lahir.

Diskusi

Bersama teman sebangku, diskusikan manakah yang lebih efektif antara mekanisme pertahanan tubuh yang dilakukan oleh kekebalan alami atau kekebalan buatan? Kemukakan juga masing-masing keuntungan dan kerugian dari keduanya.

Sampaikan hasilnya di depan kelompok lain, kemudian mintailah tanggapan dari hasil diskusi kalian tersebut.

Dewa Kematian

AIDS (*Acquired Immuno Deficiency Syndrome*) hingga saat ini masih menjadi penyakit paling mematikan nomor satu di dunia. Penyakit yang belum juga ditemukan obatnya ini merupakan gabungan berbagai penyakit yang diidap seseorang akibat menurunnya fungsi kekebalan tubuh.

AIDS disebabkan oleh virus HIV (*Human Immunodeficiency Virus*), menginfeksi beberapa jenis sel kekebalan pada tubuh manusia, terutama sel darah putih jenis limfosit T. Berkurangnya sel limfosit T dalam tubuh inilah yang menyebabkan berkurangnya fungsi kekebalan tubuh seseorang terhadap serangan berbagai penyakit.

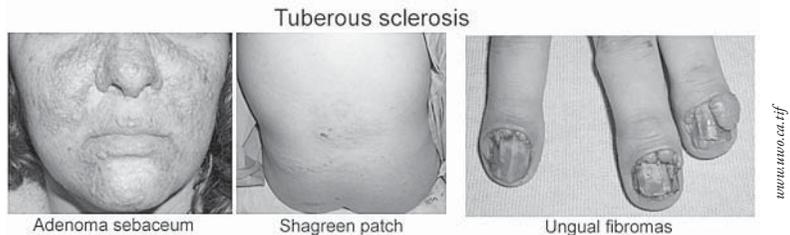
Campbell, Reece, Mitchell, *Biologi*, 2003, hlm. 93

2. Kegagalan Mekanisme Pertahanan Tubuh

Sistem pertahanan tubuh ibarat benteng yang melindungi tubuh dari serangan berbagai macam antigen. Akan tetapi, adakalanya sistem pertahanan tubuh justru menyerang dan merusak tubuh itu sendiri. Keadaan semacam ini disebut dengan **autoimun**.

Menurut beberapa penelitian, penyakit autoimun lebih banyak menyerang wanita daripada pria, khususnya wanita usia produktif. Penyakit ini tidak menular, namun memiliki kecenderungan bersifat menurun. Seseorang dikatakan menderita autoimun apabila sistem pertahanan tubuhnya mengalami kesalahan. Kesalahan ini ditandai dengan penyerangan antibodi hasil sintesis tubuh terhadap sel, jaringan dan organ di dalam tubuh yang sama. Akibatnya, sistem kekebalan tubuh mengalami peradangan.

Autoimun pada manusia kebanyakan menyebabkan timbulnya penyakit. Hasil publikasi dari Lembaga Penyakit Infeksi dan Alergi Nasional (NIAID) Amerika Serikat, menyatakan bahwa penyakit yang disebabkan oleh autoimun menyerang tubuh dengan cara berlainan. Misalnya, apabila autoimun terjadi di otak, maka akan menyebabkan penyakit **multiple sclerosis**. Kemudian, apabila autoimun terjadi di usus dapat menyebabkan penyakit **crohn**. Beberapa jenis penyakit autoimun semakin parah apabila mengalami infeksi oleh virus, paparan sinar matahari, faktor usia, stres kronis, gangguan hormon, dan kehamilan.



Gambar 11.8 Pengidap penyakit autoimun

Hingga saat ini, penyakit-penyakit autoimun masih sulit untuk didiagnosis, terutama pada stadium dini yang gejalanya tidak spesifik. Meski tergolong penyakit kronis, kebanyakan dokter tidak bisa meramalkan kondisi pasien penderita penyakit autoimun pada suatu waktu. Dokter hanya memberikan obat-obatan tertentu dan memonitor kondisi pasien tersebut.

Untuk mengetahui lebih lanjut berbagai macam penyakit dalam sistem pertahanan tubuh, kalian dapat melakukan rubrik *Telisik* berikut.

Telisik

Secara individu, carilah informasi tentang berbagai penyakit atau gangguan yang terjadi pada sistem pertahanan tubuh, terutama penyakit autoimun. Kalian dapat mencarinya lewat majalah, koran, dan media internet. Kumpulkan hasil yang diperoleh kepada guru kalian.

Nah, sekarang kalian telah selesai mempelajari subbab mekanisme pertahanan tubuh. Selanjutnya, selesaikan rubrik *Uji Kompetensi* berikut.

Uji Kompetensi

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

1. Sebut dan jelaskan macam-macam kekebalan tubuh dalam menghadapi antigen.
2. Apa yang dimaksud imunisasi?
3. Sebutkan tipe-tipe imunisasi.
4. Jelaskan mekanisme terjadinya kesalahan atau kegagalan pada sistem pertahanan tubuh.
5. Berikan beberapa contoh penyakit autoimun selain yang telah disebutkan pada buku ini.

I k h t i s a r

1. Sistem kekebalan tubuh berfungsi sebagai pelindung tubuh dariserangan benda asing (antigen) yang masuk ke dalam tubuh.
2. Antigen adalah segala organisme atau substansi asing yang masuk ke dalam tubuh.
3. Antibodi adalah sejenis protein yang dihasilkan oleh limfosit berguna sebagai penangkal masuknya antigen ke dalam tubuh.
4. Antibodi dan antigen mempunyai hubungan yang spesifik.
5. Untuk dapat berikatan dengan antibodi, antigen mempunyai bagian yang disebut epitop (determinan antigenik).
6. Antibodi terdiri atas sekelompok protein yang terdapat pada fraksi-fraksi globulin (immunoglobulin) dan berbentuk seperti huruf Y.
7. Limfosit T dan Limfosit B adalah sel penghasil antibodi.
8. Kekebalan tubuh ada dua macam, yaitu kekebalan tubuh aktif dan kekebalan tubuh pasif
9. Kekebalan tubuh aktif diperoleh dari dalam tubuh sendiri, yang meliputi kekebalan tubuh aktif alami diperoleh ketika seseorang sembuh dari serangan penyakit dan kekebalan tubuh aktif buatan diperoleh dari vaksinasi.
10. Kekebalan tubuh pasif diperoleh dari antibodi yang bukan disintesis oleh tubuh. Kekebalan ini terdiri atas kekebalan tubuh pasif alami yang diperoleh dari kekebalan tubuh orang lain dan kekebalan tubuh pasif buatan yang diperoleh dari kekebalan dari larutan serum.
11. Isoimun adalah imunisasi yang diperoleh individu dari spesies yang sama.
12. Heteroimun adalah imunisasi yang diperoleh dari individu yang berbeda dan dari spesies yang berbeda pula.
13. Autoimun adalah kegagalan sistem pertahanan dalam melindungi tubuh dari serangan antigen.

Aglutinasi Penggumpalan

ASI eksklusif Air susu yang diperoleh secara langsung dari ibu

Balita Bayi di bawah umur lima tahun

Basofil Jenis sel leukosit yang disekresikan bila merespon antigen

Fagositosis Proses pemakanan sel-sel penyebab penyakit

Imunisasi Tindakan pemberian kekebalan ke dalam tubuh seseorang dengan memberikan vaksin

Jaringan eksokrin Jaringan yang dapat menghasilkan getah atau hormon

Klon Keturunan yang mempunyai sifat sama persis atau identik

Kolostrum Air susu yang keluar pertama kali dari payudara ibu saat menyusui

Lisis Pecah

Makrofaga Disebut juga monosit, yakni jenis leukosit yang terdapat dalam jaringan ikat dan berfungsi sebagai pemakan benda asing seperti bakteri

Mikroba Makhluk renik seperti virus, bakteri, ganggang, jamur

Sel mast Sel penghasil histamin

Sel-sel patogen sel-sel penyebab penyakit

Serum Plasma darah yang tidak memiliki fibrinogen, berisi nutrien elektrolit, albumin, imunoglobulin, dan sisa metabolisme (urea)

Substansi Materi pokok

Vaksin Kuman yang telah dibunuh atau dilemahkan

Ulangan Harian

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

- Sistem kekebalan tubuh yakni
 - kemampuan mempertahankan tubuh dari penyakit
 - keberhasilan tubuh memproduksi sel kekebalan
 - kemampuan memakan antigen yang masuk
 - berhasil menjalani persaingan dalam kehidupan
 - keberhasilan menghasilkan limfosit dewasa
- Ilmu yang mempelajari sistem imun atau kekebalan tubuh dinamakan
 - vaksinasi
 - embriologi
 - virologi
 - zoologi
 - immunologi
- Yang dimaksud dengan antibodi adalah
 - protein yang dihasilkan limfosit bila ada antigen yang masuk ke dalam tubuh
 - protein yang mampu memakan antigen
 - asam amino yang dihasilkan limfosit bila ada antigen yang masuk ke dalam tubuh
 - protein yang dihasilkan monosit bila ada antigen yang masuk ke dalam tubuh
 - asam amino yang dihasilkan monosit bila ada antigen yang masuk ke dalam tubuh
- Penyakit autoimun adalah penyakit yang disebabkan
 - transplantasi organ
 - antibodi yang menyerang jaringannya sendiri

- c. transfusi darah
d. antigen yang berhasil masuk ke dalam tubuh
e. kerusakan limfosit
4. Sel penghasil antibodi ialah
a. leukosit
b. monosit
c. limfosit
d. basofil
e. isograf
5. Zat asing seperti virus, protein asing, mikro-organisme dan bakteri disebut
a. antigen d. leukosit
b. antibodi e. vaksin
c. imunitas
6. Epitop merupakan bagian antigen yang berfungsi sebagai
a. penyebar penyakit
b. pengikat antibodi yang sesuai
c. penyerang antibodi
d. melemahkan sistem pertahanan tubuh
e. penyebab penyakit
7. Berikut yang bukan merupakan tipe-tipe immunoglobulin pada manusia adalah
a. IgX d. IgD
b. IgA e. IgE
c. IgG
8. Organ penghasil antibodi di dalam tubuh ialah
a. kelenjar timus dan sumsum tulang
b. hipotalamus dan sumsum tulang
c. tulang selangka
d. kelenjar tiroid dan paratiroid
e. kelenjar pankreas
9. Pada virus retro penyebab AIDS menyerang sistem
a. digesti d. imunitas
b. respirasi e. syaraf
c. ekskresi
10. Antibodi mengendapkan antigen yang masuk ke dalam tubuh melalui cara
a. membentuk klon
b. melakukan diferensiasi
c. menghasilkan immunoglobulin mono-
- merik
d. membentuk membran
e. membentuk pola geometri molekul
11. Proses pelenyapan bakteri yang diikat antibodi oleh makrofaga melalui fagositosis dinamakan
a. netralisasi d. aglutinasi
b. makrofaga e. presipitasi
c. opsonisasi
12. Sel-sel darah putih yang berkembang menjadi makrofaga adalah
a. monosit d. basofil
b. neutrofil e. eosinofil
c. limfosit
13. Golongan darah O dapat menjadi donor universal, sebab
a. tidak ada antigen A dan B
b. ada antigen A dan B
c. ada antigen A dan tidak ada antigen B
d. tidak ada antigen A dan ada antigen B
e. adanya antigen O
14. Salah satu faktor seseorang dapat mengalami kekebalan aktif alami, yaitu
a. tubuh diberi vaksin
b. tubuh sudah mengenali antigen penyebab penyakit
c. antibodi yang dimiliki sangat kuat
d. sistem pertahanan tubuh sangat baik
e. Limfosit dan monosit yang berkembang lebih matang
15. Kekebalan aktif dapat diperoleh dari
a. plasenta dan vaksin
b. vaksin dan serum
c. plasenta dan ASI
d. ASI dan vaksin
e. ASI dan serum
16. Contoh penyakit yang disebabkan antibodi menyerang organnya sendiri adalah
a. lupus
b. tiroiditis
c. cacar
d. TBC
e. leukimia

17. ASI dapat menjadikan tubuh bayi memiliki kekebalan
 - a. alami
 - b. aktif alami
 - c. aktif buatan
 - d. pasif alami
 - e. pasif buatan
18. Tindakan membentuk kekebalan dalam tubuh seseorang dengan memberikan vaksin dinamakan
 - a. vaksinisasi
 - b. imunisasi
 - c. isoimun
 - d. heteroimun
 - e. autoimun
19. Pengembang imunisasi pertama kali ialah
 - a. Aristoteles
 - b. Charles Darwin
 - c. Edward Jenner
 - d. Rudolph Virchow
 - e. Gregor Johann Mendel
20. Penyakit influenza disebabkan oleh
 - a. bakteri
 - b. mikroorganisme
 - c. protein asing
 - d. infeksi
 - e. virus

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

1. Apa yang dimaksud dengan sistem imun? Jelaskan.
2. Bagaimana proses pembentukan antibodi dalam tubuh?
3. Jelaskan kerjasama antara antibodi dan antigen dalam membentuk kekebalan.
4. Apa fungsi ASI eksklusif?
5. Jelaskan perbedaan antara isoimun dan heteroimun.
6. Jelaskan arti penting antibodi bagi tubuh.
7. Apakah perbedaan vaksin dan serum?
8. Mengapa seseorang dapat mengalami autoimun?
9. Sebutkan penyebab seseorang mengalami penyakit HIV AIDS.
10. Apa yang harus kita lakukan supaya sistem pertahanan tubuh selalu kuat?

Latihan Ulangan Kenaikan Kelas

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

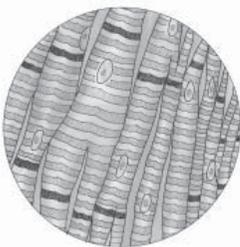
- Orang yang menemukan sel pertama kali ialah
 - Schleiden dan Schwann
 - Gregor J. Mendel
 - Robert Browen
 - Robert Hooke
 - Antoni van Leeuwenhoek
- Proses pertukaran gas pada daun tumbuhan berlangsung pada
 - klorofil
 - jaringan palisade
 - stomata
 - jaringan spons
 - lenti sel

- Berikut bagian-bagian yang berada pada akar, batang, dan daun tumbuhan:
 - rambut akar
 - xilem
 - endodermis
 - korteks
 - floem
 - epidermis

Bagian yang berperan dalam proses pengangkutan air dan garam mineral secara intravaskuler berturut-turut adalah

- 1, 3, 5, 6, 4
- 1, 3, 5, 2, 4
- 1, 6, 4, 3, 5
- 1, 6, 4, 3, 2
- 1, 6, 2, 3, 4

- Perhatikan gambar berikut.



Gambar tersebut menunjukkan jenis jaringan otot yakni jaringan

- otot polos
- otot lurik
- otot jantung
- ikat
- epitel

- Salah satu organ yang berperan dalam sistem ekskresi adalah
 - tenggorokan
 - lambung
 - jantung
 - ginjal
 - kerongkongan
- Di dalam persendian antartulang terdapat bagian yang berisi cairan dengan fungsi melancarkan gerak, mengurangi gesekan dan kerusakan antara tulang rawan. Bagian yang dimaksud adalah
 - cairan sinovial
 - ligamen
 - cakram artikular
 - vertebra
 - meniskus
- Hubungan antarruas tulang belakang merupakan contoh tipe persendian
 - sinartrosis sinkondrosis
 - sinartrosis sinfibrosis
 - amfiartrosis
 - diartrosis
 - sendi engsel
- Perhatikan gambar berikut.



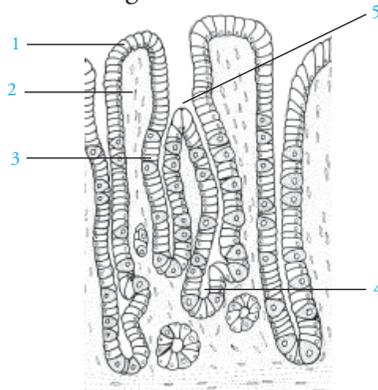
Berdasarkan gambar di samping, gangguan yang terjadi pada lengan adalah

- greenstick
 - fraktura sederhana
 - fraktura sebagian
 - fraktura kompleks
 - fraktura berganda
- Jenis sel darah putih yang memiliki jumlah volume paling besar ialah
 - neutrofil
 - basofil
 - eosinofil
 - limfosit
 - monosit

10. Hormon yang berperan dalam proses pembentukan sel darah merah pada sumsum tulang dinamakan
 - a. eritropoesis
 - b. eritropoetin
 - c. eritrosit
 - d. hemoglobin
 - e. oksihemoglobin
11. Apabila darah seseorang memiliki aglutinogen A dan aglutinin B, maka orang tersebut bergolongan darah
 - a. A
 - b. B
 - c. AB
 - d. O
 - e. tidak ada
12. Sel darah merah seseorang dapat mengandung tipe hemoglobin yang berbentuk S sehingga orang tersebut mengidap penyakit
 - a. thalasemia
 - b. siclema
 - c. anemia
 - d. polisetemia
 - e. leukemia
13. Sistem peredaran darah ikan meliputi
 - a. sistem peredaran darah tunggal dan tertutup
 - b. sistem peredaran darah ganda dan tertutup
 - c. sistem peredaran darah tunggal dan terbuka
 - d. sistem peredaran darah ganda dan terbuka
 - e. sistem gastrovaskuler dan tertutup
14. Salah satu jenis vitamin yang larut dalam air, tidak dapat disimpan dalam tubuh, dan hanya diperoleh dari makanan keseharian, dinamakan vitamin
 - a. A
 - b. B
 - c. C
 - d. D
 - e. E
15. Penyakit kekurangan protein yang terjadi pada anak-anak umur 6-36 bulan disebut
 - a. kwashiorkor
 - b. obesitas

- c. gastritis
- d. hepatitis
- e. konstipasi

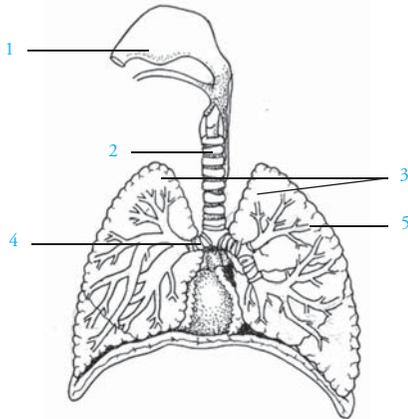
16. Perhatikan gambar berikut.



Asam klorida(HCl), pepsin, musin, dan renin disalurkan melalui bagian lambung yang ditunjukkan oleh nomor

- a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
 - e. 5
17. Bagian paru-paru yang berperan saat terjadinya proses pertukaran gas antara oksigen dan karbon dioksida disebut
 - a. bronkus
 - b. bronkiolus
 - c. alveolus
 - d. diafragma
 - e. gelambir paru-paru
 18. Jumlah keseluruhan volume udara tidal, udara komplementer, dan udara suplemen-ter dinamakan ...
 - a. kapasitas vital
 - b. residu
 - c. tidal
 - d. suplemen-ter
 - e. komplementer
 19. Penyakit yang timbul akibat bronkus mengalami infeksi adalah
 - a. faringitis
 - b. asidosis
 - c. asfiksi
 - d. pleuritis
 - e. bronkitis

20. Perhatikan gambar berikut.



Bronkus ditunjukkan oleh nomor

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

21. Satuan struktural dan fungsional terkecil yang terdapat pada lapisan luar (korteks) ginjal adalah

- badan Malpighi
- kapsul Bowman
- nefron
- tubulus kolektipus
- tubulus distal

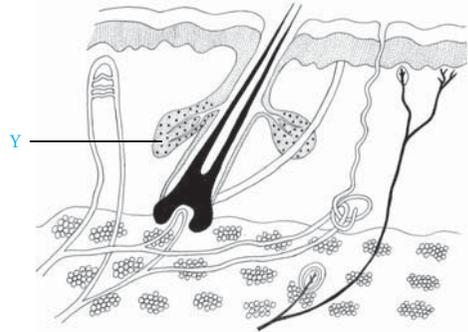
22. Hasil ekskresi hati berupa cairan empedu yang disimpan dalam

- sel histiosit
- pleura
- kantung empedu
- selaput hati
- ginjal

23. Pengendapan kolesterol pada pembuluh empedu dapat menyebabkan penyumbatan sehingga empedu bercampur dengan darah. Gangguan demikian dapat menyebabkan penyakit

- poliuria
- nefritis
- hematuria
- kuning
- oliguria

24. Perhatikan gambar berikut.

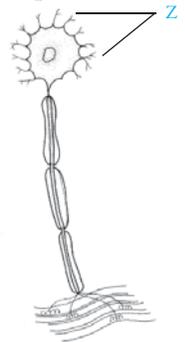


Bagian yang diberi label Y adalah....

- kantung rambut
- pembuluh kapiler
- jaringan lemak
- kelenjar minyak
- lapisan Malpighi

25. Perhatikan gambar di samping. Bagian sel saraf yang diberi label Z berfungsi untuk

- menerima impuls dari reseptor
- menghantarkan impuls dari badan sel menuju efektor
- mempercepat jalannya impuls
- melindungi akson sehingga impuls yang dibawa tidak bocor
- memperbanyak impuls saraf



26. Bagian otak depan yang berfungsi mengatur suhu tubuh, selera makan, tingkah laku dan mengontrol hormon pituitari dinamakan

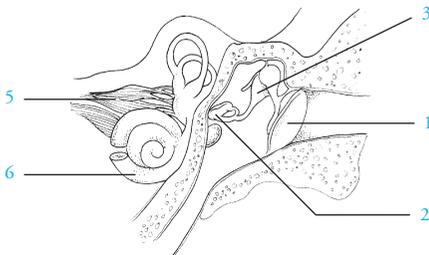
- talamus
- hipotalamus
- medula oblongata
- jembatan varol
- batang otak

27. Kekurangan hormon pertumbuhan saat dewasa dapat menyebabkan

- gigantisme
- kretenisme
- akromegali
- miksedema
- tetani

28. Penyakit Addison terjadi pada manusia karena kekurangan hormon
- adrenalin
 - insulin
 - androgen
 - tiroksin
 - kortin
29. Bagian luar bola mata yang tersusun atas jaringan ikat berwarna putih, keras dan serat berlapis dinamakan
- kornea
 - lapisan koroid
 - iris
 - sklera
 - pupil

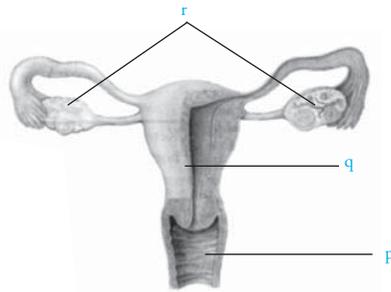
30. Perhatikan gambar berikut.



Bagian tengah telinga yang berfungsi sebagai penangkap getaran suara dinamakan

- 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
31. Testis yang terdapat pada alat reproduksi dalam pria berfungsi
- penghasil sperma dan hormon kelamin
 - tempat Bergeraknya sperma dari epididimis menuju kantung semen
 - tempat penghubung sel sperma bergerak menuju uretra
 - tempat ekskresi urine dari kantung kemih
 - penyuplai bahan penting sehingga sperma tetap hidup
32. Pada spermatogenesis, spermatosit sekunder membelah menjadi spermatid melalui fase
- mitosis
 - mitosis I
 - mitosis II
 - meiosis I
 - meiosis II

33. Akrosom sperma memiliki enzim yang berfungsi dalam menembus lapisan sel telur saat spermatogenesis. Enzim tersebut adalah
- ptialin
 - amilase
 - pepsin
 - lipase
 - hialurodinase dan proteinase
34. Perhatikan gambar berikut.



Alat reproduksi wanita yang diberi label p, q, r adalah

- uterus, ovarium, vagina
 - ovarium, vagina, uterus
 - vagina, ovarium, uterus
 - vagina, uterus, ovarium
 - ovarium, uterus, vagina
35. Pembelahan meiosis I pada oogenesis menghasilkan
- 1 oosit sekunder dan 1 badan kutub sekunder
 - 1 oosit sekunder dan 2 badan kutub sekunder
 - 1 oosit sekunder dan 1 badan kutub primer
 - 1 oosit sekunder dan 2 badan kutub primer
 - 1 oosit primer dan 1 badan kutub sekunder
36. Hormon yang berperan pada fase menstruasi saat wanita mengalami siklus menstruasi adalah hormon
- FSH dan LH
 - estrogen dan progesteron
 - FSH dan estrogen
 - LH dan progesteron
 - FSH, LH, dan estrogen

37. Bagian membran embrionik yang merupakan cikal bakal plasenta adalah....
- alantois
 - kantung kuning telur
 - amnion
 - korion
 - sakus vitelinus
38. Metode rintangan dengan cara pengikatan tuba Fallopi pada wanita dinamakan
- Keluarga Berencana (KB)
 - kondom
 - diafragma
 - vasektomi
 - tubektomi
39. Berbagai organisme dan substansi asing yang dapat masuk ke dalam tubuh dinamakan
- antigen
 - antibodi
 - imun
 - mikroba
 - bakteri
40. Antigen yang menyebabkan influenza adalah
- bakteri
 - mikroba
 - virus
 - substansi asing
 - protein asing
41. Perhatikan ciri-ciri suatu immunoglobulin berikut.
- Terikat pada permukaan limfosit B
 - Dapat masuk ke dalam plasenta
 - Sebagai antibodi sekretori
 - Masa paruhnya sekitar 8 hingga 29 hari
 - Bergabung dengan presipitin dan anti-toksin
- Ciri-ciri immunoglobulin G ditunjukkan oleh nomor
- 1, 2, 3
 - 2, 3, 4
 - 3, 4, 5
 - 2, 4, 5
 - 1, 2, 4
42. Proses pembuangan antigen dapat dilakukan dengan cara pengaktifan rentetan molekul protein komplemen sehingga antigen yang masuk ke dalam tubuh menjadi lisis. Cara yang demikian dinamakan
- netralisasi
 - fiksasi komplemen
 - opsonisasi
 - aglutinasi
 - fagositosis
43. Pemberian vaksin kepada tubuh seseorang merupakan salah satu cara mendapatkan kekebalan
- aktif alami
 - aktif buatan
 - pasif alami
 - pasif buatan
 - autoimun
44. Imunisasi yang diberikan kepada individu dari spesies yang sama disebut....
- vaksinasi
 - imun
 - autoimun
 - isoimun
 - heteroimun
45. Salah satu penyakit yang disebabkan oleh autoimun adalah
- cacar air
 - gondongan
 - campak
 - multiple sclerosis
 - influenza

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

- Apakah yang dimaksud dengan hipotonik, hipertonic, dan isotonic?
- Gambarkan penampang melintang daun beserta bagian-bagiannya.
- Sebutkan perbedaan tempat melekat otot lurik, otot polos, dan otot jantung.
- Sebutkan tulang anggota gerak bawah pada manusia.

5. Sebutkan dan jelaskan gangguan yang terjadi pada persendian dan peradangan.
6. Apakah yang dimaksud sistem peredaran darah tunggal dan sistem peredaran darah ganda? Sebutkan masing-masing contohnya.
7. Jelaskan perbedaan rumus gigi seri dan gigi dewasa.
8. Bagaimanakah proses yang terjadi pada pencernaan makanan hewan ruminansia?
9. Sebutkan organ-organ yang berperan dalam sistem pernapasan manusia.
10. Apakah fungsi hati bagi tubuh manusia?
11. Apakah perbedaan saraf simpatik dan saraf parasimpatik?
12. Sebutkan fungsi bagian-bagian otak seperti bagian depan, bagian samping, dan bagian belakang.
13. Sebutkan dan jelaskan hormon yang dihasilkan kelenjar kelamin laki-laki dan perempuan.
14. Jelaskan yang dimaksud dengan istilah-istilah berikut:
 - a. nodus Ranvier
 - b. interneuron
 - c. sinapsis
 - d. meninges
 - e. fotoreseptor
15. Sebutkan dan jelaskan saluran reproduksi yang dimiliki pria.
16. Bagaimanakah proses terjadinya siklus menstruasi wanita?
17. Apakah yang dimaksud dengan vasektomi dan tubektomi?
18. Sebutkan perbedaan antigen dan antibodi terkait serangan flu atau influenza.
19. Apakah perbedaan kekebalan aktif dan kekebalan pasif?
20. Sebutkan dan jelaskan 5 tipe immunoglobulin.

Kunci Jawaban

● Ulangan Harian Bab I

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. a
3. a
5. a
7. a
9. c
11. a
13. a
15. a
17. b
19. b

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

1. Sel ditemukan pertama kali oleh Robert Hooke. Ia mengamati irisan penampang melintang gabus batang tumbuhan. Di dalam irisan tersebut, ia menemukan rongga segi enam yang kosong dan mati. Kemudian, menyebut bagian tersebut dengan sel.
3. Nukleus tersusun atas membran inti (karioteka), nukleoplasma, dan nukleus (anak inti). Membran inti berfungsi sebagai tempat keluar-masuknya molekul. Nukleoplasma berfungsi tempat benang kromatin berada. Nukleus berfungsi membentuk protein semisal RNAr dan RNA
5. Kromoplas, yakni plastida yang berpigmen merah, jingga atau kuning, dan biasanya terdapat pada buah tomat dan wortel. Leukoplas, merupakan plastida yang tidak memiliki pigmen. Amiloplas, adalah plastida yang tak berpigmen dan banyak mengandung amilum.
7. Mikrotubulus merupakan tabung berongga yang berperan mempertahankan bentuk sel; mikrofilamen ialah serabut sitoskeleton berupa bola-bola protein yang berperan sebagai penahan tegangan saat sel bergerak; filamen antara adalah serabut sel yang berfungsi sebagai penguat bentuk kerangka sel saat sel beraktivitas.

9. Transpor molekul pada proses difusi terfasilitasi oleh protein tidak dapat melalui membran sel, namun melalui protein integral. Sedangkan protein pada transpor aktif dapat menembus membran sel.

● Ulangan Harian Bab II

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. e
3. c
5. b
7. a
9. b
11. a
13. b
15. b
17. b
19. e

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

1. Stomata, sel kipas, sel gabus, sel kersik, trikoma, spina, dan velamen.
3. Floem tersusun dari pembuluh tapis dengan fungsi mengangkut hasil fotosintesis dari daun ke seluruh bagian tumbuhan.
5. Simplas merupakan sistem pengangkutan air dan zat terlarut melalui bagian hidup dari satu sel ke sel lainnya. Sementara aploplas merupakan pengangkutan air dan garam mineral melalui bagian sel tak hidup.
7. Diferensiasi adalah perubahan bentuk tubuh tumbuhan yang disesuaikan dengan fungsinya. Spesialisasi adalah pengkhususan sel tumbuhan guna menyokong fungsi sel tertentu.
9. Kultur jaringan adalah teknik perkembangbiakan tumbuhan yang berasal dari sel, jaringan, organ dalam kondisi aseptik secara invitro menjadi tumbuhan lengkap bagian-bagiannya.
11. Dengan adanya kemampuan sel, jaringan, atau organ tumbuhan untuk tumbuh dan berkembang menjadi organisme utuh dapat dijadikan dasar dalam perkembangbiakan melalui teknik kultur jaringan.

● Ulangan Harian Bab III

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. d
2. c
3. e
4. a
5. b
6. c
7. b
8. c
9. b
10. d

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

1. Kondrosit adalah sel tulang rawan yang berperan dalam sintesis matriks. Osteosit adalah sel-sel penyusun tulang sejati. Osteoklas adalah sel yang terdapat pada tulang sejati dengan fungsi sebagai penyerap osteosit yang mati.
2. Saluran Havers adalah lamela yang mengelilingi kapiler, sementara saluran Volkman merupakan saluran penghubung antarsaluran Havers.
3. Epitel pipih, epitel batang (silinder/silindris), epitel kubus
4. Jaringan otot, jaringan rangka, jaringan saraf
5. Face off merupakan operasi bedah total pada wajah

● Latihan Ulangan Tengah Semester I

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. e
3. a
5. b
7. b
9. a
11. b
13. c
15. a
17. c
19. d
21. b

23. c
25. d

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

1. Komposisi utama penyusun protoplasma adalah air sekitar 70 % hingga 90 %, garam, senyawa karbon seperti karbohidrat, lemak, dan protein.
3. Dinding sel merupakan bagian sel tumbuhan yang berfungsi melindungi dan mencegah penghisapan air secara berlebihan sehingga sel tetap utuh. Plastida merupakan bagian sel yang mengandung pigmen, seperti kloroplas (mengandung klorofil), leukoplas (tidak berpigmen), amiloplas (mengandung amilum), dan kromoplas (berpigmen merah, jingga, atau kuning).
Vakuola merupakan bagian sel yang berperan menyimpan cadangan makanan, pigmen, minyak asiri, dan tempat menimbun sisa metabolisme.
5. Lentisel berfungsi sebagai tempat pertukaran gas dan penguapan (transpirasi).
7. Serat jaringan ikat meliputi serat kolagen, serat elastis, dan serat retikuler.
9. Rongga mulut, kerongkongan, lambung, usus halus, usus besar, rektum, anus.

● Ulangan Harian Bab IV

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. b
3. d
5. a
7. d
9. d
11. d
13. b
15. a
17. d
19. b

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

1. tulang anggota gerak atas dan tulang anggota gerak bawah.

tulang anggota gerak atas terdiri dari: tulang bahu (pektoralis) meliputi tulang tulang selangka (clavicula) dan tulang belikat (scapula), tulang lengan atas (humerus), dan tulang lengan bawah meliputi tulang hasta (ulna) dan tulang pengumpil (radius) tulang anggota gerak bawah meliputi tulang pinggul yang terdiri atas tulang duduk (iscium), tulang usus (ilium), dan tulang kemaluan (pubis).

3. Otot polos berbentuk gelendong, memanjang, dan ujung lancip. Otot lurik berbentuk batang (silinder), memanjang, dan ujung tumpul. Sementara, otot jantung berbentuk silindris, memanjang, serabut (sel) bercabang dan menyatu.
5. Atrofi merupakan gangguan pada otot sehingga terlihat mengecil, sedangkan hipertrofi merupakan gangguan memperlihatkan otot membesar.

● Ulangan Harian Bab V

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. d
3. d
5. e
7. a
9. a
11. d
13. c
15. a
17. d
19. c

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

1. Sistem peredaran darah terbuka merupakan proses peredaran darah pada makhluk hidup tanpa melalui pembuluh darah. Contohnya, serangga. Sedangkan sistem peredaran darah tertutup merupakan proses peredaran darah di dalam pembuluh darah. Misalnya manusia dan hewan mamalia.
3. Mengangkut oksigen dari paru-paru ke seluruh jaringan tubuh, mengangkut sari-sari makanan dari usus ke seluruh jaringan tubuh, mengatur dan mengontrol temperatur tubuh.

5. Atrium kanan, atrium kiri, ventrikel kanan, ventrikel kiri
7. Fungsi sekat pada jantung burung adalah mencegah terjadinya pencampuran antara darah yang kaya oksigen dan darah yang kaya karbondioksida
9. Luka/trombosit pecah mengeluarkan enzim trombokinase atas bantuan FAH (Faktor Anti Hemofilia). Oleh bantuan vitamin K dan ion Ca^{2+} , enzim trombokinase mengubah protombin menjadi trombin. Trombin mengubah fibrinogen menjadi benang-benang fibrin sehingga darah segera membeku.

● Latihan Ulangan Akhir Semester I

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

- | | |
|-------|-------|
| 1. a | 21. b |
| 3. b | 23. e |
| 5. a | 25. c |
| 7. a | 27. b |
| 9. b | 29. d |
| 11. e | 31. b |
| 13. b | 33. a |
| 15. c | 35. d |
| 17. c | 37. c |
| 19. d | 39. a |

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

1. tempat penyimpanan bahan-bahan berguna bagi proses metabolisme, tempat berlangsungnya reaksi metabolisme, tempat berbagai organel sel bergerak.
3. Mengokohkan dan menjaga kelenturan tubuh tumbuhan.
5. Tipe kontrol otot polos yakni tak sesuai kemauan, tipe kontrol otot lurik yakni sesuai kemauan, tipe kontrol otot jantung yakni tak sesuai kemauan.
7. Menjaga bentuk dan ukuran tubuh, menjadikan tubuh tegak berdiri, melindungi alat-alat tubuh yang lunak, tempat melekatnya otot rangka, tempat pembentukan sel darah merah dan sel limfosit B.

9. Sendi peluru, sendi putar, sendi luncur, sendi pelana, sendi engsel, dan sendi kondiloid.
11. a. Fleksi merupakan gerak anggota tubuh menekuk, sedangkan ekstensi merupakan gerak anggota tubuh meluruskan.
- c. Elevasi adalah gerakan mengangkat, sebaliknya depresi merupakan gerak menurunkan.
- e. Inversi ialah gerak memiringkan atau membuka telapak kaki ke arah dalam tubuh, sedangkan eversi ialah gerak memiringkan atau membuka telapak kaki ke arah luar tubuh.
13. Kifosis adalah ruas-ruas tulang belakang yang terlalu membengkok ke belakang, sehingga badan terlihat bongkok. Lordosis adalah bagian pinggang membengkok ke arah depan. Skoliosis adalah tulang belakang membengkok ke arah samping kanan atau kiri. Subluksasi adalah gangguan tulang belakang bagian atas tepatnya segmen/ruas leher tertarik ke kanan atau ke kiri, sehingga posisi kepala tidak lurus melainkan tertarik ke kiri atau ke kanan.
15. Berikan skemanya pada bab sistem peredaran darah (gbr. 5.4)
17. Berikan skema singkat seperti Gambar 5.16 dan 5.17.
19. a. Aglutinin adalah antibodi yang terdapat pada plasma darah
- c. sistole adalah kondisi jantung berkontraksi sehingga jantung mengempis dan menyebabkan darah terpompa keluar dari jantung.
- e. Hemofilia adalah penyakit darah sukar membeku

● Ulangan Harian Bab VI

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. a
3. c
5. a
7. d

9. c
11. b
13. c
15. c
17. b
19. a

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

1. Malnutrisi merupakan kondisi seseorang yang kekurangan berbagai zat yang berguna bagi tubuh untuk tumbuh dan berkembang
3. Asam lemak jenuh adalah asam lemak yang dapat disintesis dalam tubuh, sehingga bersifat non-esensial. Asam lemak tak jenuh merupakan asam lemak yang tidak dapat disintesis dalam tubuh sehingga bersifat esensial
5. Fungsi vitamin C antara lain: pembentukan serabut kolagen, menjaga perlekatan akar gigi pada gusi, sebagai koenzim reaksi katabolisme
7. Tiga otot penyusun lambung yakni otot memanjang pada bagian luar lambung, otot melingkar pada bagian tengah lambung, dan otot miring pada bagian dalam lambung.
9. Rectal tube merupakan alat pembersih rektum dan usus dari zat-zat yang berbahaya bagi tubuh; stomach tube merupakan alat pencuci dan pembilas perut; penggunaan sina X.

● Ulangan Harian Bab VII

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

- | | |
|------|-------|
| 1. d | 11. a |
| 3. b | 13. d |
| 5. d | 15. d |
| 7. a | 17. e |
| 9. e | 19. c |

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

1. Sebab, selain menggunakan paru-paru, katak juga menggunakan permukaan kulitnya saat bernapas. Dengan kulit yang basah akan memudahkan katak untuk melakukan proses pertukaran gas melalui difusi.
3. Pernapasan internal adalah proses pertukaran gas yang terjadi pada paru-paru,

sementara pernapasan eksternal merupakan proses pertukaran gas yang terjadi pada jaringan tubuh.

5. Faktor yang memengaruhi frekuensi pernapasan adalah faktor usia, jenis kelamin, suhu tubuh, posisi tubuh, dan aktivitas yang dilakukan.
7. Laring berfungsi sebagai saluran pernapasan yang mengalirkan udara menuju trakea, trakea merupakan saluran pernapasan yang terlapisi oleh selaput lendir dengan sel-sel yang berambut getar sehingga udara kotor dapat tersaring, alveolus merupakan tempat pertukaran gas dalam paru-paru.
9. Epligotis berfungsi dalam mengatur persimpangan antara makanan yang akan masuk menuju kerongkongan dengan udara yang masuk menuju bantang tenggorakan sehingga berperan seperti katup.

● Ulangan Harian Bab VIII

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

- | | |
|------|-------|
| 1. b | 11. b |
| 3. a | 13. d |
| 5. b | 15. e |
| 7. a | 17. b |
| 9. a | 19. d |

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

1. Ekskresi adalah proses pengeluaran zat sisa hasil metabolisme dalam tubuh, sekresi merupakan proses pengeluaran getah oleh sel dan kelenjar, defekasi merupakan proses pengeluaran sisa-sisa pencernaan makanan dalam bentuk feses melalui anus.
3. Bagian dermis kulit tersusun oleh pembuluh darah, rambut, ujung saraf, kelenjar keringat, kelenjar minyak, dan jaringan lemak kulit.
5. Kulit berperan dalam proses pembentukan vitamin E, terutama untuk mencegah penuaan kulit. Selain itu, kulit juga menyimpan lemak yang berfungsi sebagai bantalan dan pelindung jaringan kulit.
7. Sel histiosit dalam hati berperan merombak sel darah merah yang sudah tua dan rusak.

9. Planaria menggunakan alat ekskresi bernama sel api bersilia dan saluran ekskresinya bernama protonefrium. Saat rambut getar bergerak, maka air dan zat terlarut akan menuju sel api untuk disaring. Sementara untuk mengeluarkan sisa metabolisme dari tubuh planaria, sel api akan digetarkan kembali.

● Latihan Ulangan Tengah Semester II

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

- | | |
|------|-------|
| 1. c | 11. a |
| 3. c | 13. c |
| 5. b | 15. b |
| 7. d | 17. b |
| 9. c | 19. e |

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

1. Makanan yang mengandung vitamin A antara lain sayuran dan buah-buahan berwarna kuning dan merah, karoten, hati, susu, mentega, minyak ikan, kuning telur.
3. Mekanisme inspirasi adalah proses masuknya udara dari luar tubuh menuju paru-paru melewati saluran pernapasan. Mekanisme ekspirasi merupakan proses keluarnya udara dari dalam tubuh menuju lingkungan melalui organ pernapasan.
5. Fase inspirasi pernapasan perut terjadi bila otot diafragma berkontraksi (mengkerut), sehingga posisi diafragma mendatar. Akibatnya, volume rongga dada membesar, sehingga tekanan udara di dalam rongga dada mengecil, padahal volume udara luar tetap. Penurunan tekanan udara menyebabkan paru-paru mengembang. Kemudian, udara dari luar tubuh masuk ke dalam paru-paru.
7. Ginjal mengeluarkan urine, kulit mengeluarkan keringat, paru-paru mengeluarkan karbon dioksida (CO_2), hati mengeluarkan cairan empedu.

9. Kulit berfungsi menjaga dari berbagai kerusakan fisik, melindungi bagian dalam tubuh dari kehilangan air, menjaga keseimbangan suhu badan, membuat vitamin yang dibutuhkan kulit.

● Ulangan Harian Bab IX

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

- | | |
|------|-------|
| 1. d | 11. d |
| 3. d | 13. e |
| 5. b | 15. c |
| 7. a | 17. c |
| 9. a | 19. a |

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

- a. beri gambar sel saraf beserta keterangannya
- (1) Ketukan pada lutut menyebabkan tarikan pada tendon yang berkaitan dengan otot paha (otot kuadrisep). Akibatnya, kaki bagian bawah ikut tertarik. (2) Reseptor regangan yang merupakan reseptor sensorik menerima tarikan itu. (3, 4, 6, 7) Kemudian, reseptor sensorik mengirimkan informasi ke sinapsis dengan neuron motorik pada sumsum tulang belakang. (5) Selanjutnya, neuron motorik mengirimkan impuls/sinyal menuju otot kuadrisep untuk berkontraksi. Kontraksi ini menyebabkan kaki bagian bawah tersentak ke arah depan.
- Lapisan dalam (piameter), lapisan tengah (arachnoid), lapisan dalam (durameter)
- Kelenjar hipofisis disebut *master of gland* karena hormon yang dihasilkan dapat memengaruhi fungsi endokrin yang lainnya.
- Seseorang bisa mengalami buta warna sebagian karena sel kerucut yang dimiliki hanya dua, sehingga warna yang dilihat tidak sempurna, bisa dua warna atau kombinasinya.

● Ulangan Harian Bab X

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

- | | |
|------|-------|
| 1. b | 11. e |
| 3. b | 13. d |
| 5. e | 15. e |
| 7. d | 17. c |
| 9. b | 19. c |

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

- Ovarium, saluran reproduksi, uterus, vagina, vulva, mons pubis, labia mayora, labia minora, klitoris, orificium erethrae, selaput dara
- Hormon gonadotropin, hormon LH (Luteinizing Hormone), hormon FSH (Follicle Stimulating Hormone), hormon testosteron
- Hormon estrogen, hormon LH
- Kantung kuning telur merupakan tempat pembentukan pembuluh darah dan sel darah merah pertama kali, amnion berfungsi melindungi embrio dari gesekan dan tekanan, korion memiliki vili yang berfungsi sebagai saluran masuk dan keluarnya makanan dan oksigen dari ibu ke embrio, alantois berfungsi menyalurkan berbagai nutrisi dan oksigen dari ibu lewat pembuluh darah.
- Metode rintangan merupakan kontrasepsi yang menggunakan suatu alat, misalnya kondom, diafragma, IUD (Intra Uterine Device), pil, dan sebagainya.

● Ulangan Harian Bab XI

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

- | | |
|------|-------|
| 1. a | 11. c |
| 3. a | 13. a |
| 5. a | 15. b |
| 7. a | 17. d |
| 9. d | 19. c |

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

1. Sistem imun adalah suatu sistem yang berperan dalam mempertahankan diri dari berbagai serangan penyakit yang masuk ke dalam tubuh.
3. ASI eksklusif bagi bayi berfungsi sebagai sarana untuk memperoleh kekebalan pasif alami, sehingga bayi mendapatkan antibodi.
5. Isoimun adalah imunisasi yang diberikan kepada individu dari spesies yang sama, heteroimun merupakan imunisasi yang diberikan kepada individu berbeda dan dari spesies berbeda pula.
7. Vaksin yang disuntikkan kepada seseorang tidak bertahan lama (bersifat sementara), sedangkan serum dapat digunakan dalam jangka waktu yang cukup lama, bahkan bisa seumur hidup.
9. Autoimun merupakan kegagalan sistem pertahanan dalam melindungi tubuh dari serangan antigen.

Latihan Ulangan Kenaikan Kelas

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

- | | |
|-------|-------|
| 1. d | 25. a |
| 3. c | 27. b |
| 5. d | 29. d |
| 7. c | 31. a |
| 9. a | 33. e |
| 11. a | 35. c |
| 13. b | 37. d |
| 15. a | 39. a |
| 17. c | 41. d |
| 19. e | 43. b |
| 21. c | 45. d |
| 23. c | |

B Jawab soal berikut dengan singkat dan jelas.

1. Hipotonik adalah suatu larutan yang memiliki zat pelarut berkonsentrasi tinggi sementara zat terlarutnya berkonsentrasi rendah. Hipertonik adalah suatu larutan

yang memiliki zat pelarut berkonsentrasi rendah sementara zat terlarutnya berkonsentrasi tinggi. Isotonik adalah larutan yang memiliki konsentrasi zat pelarut sama dengan zat terlarutnya.

3. Otot lurik melekat pada rangka, otot polos melekat pada dinding organ dalam, pembuluh darah, kandung kemih, sementara otot jantung melekat pada dinding jantung.
5. Dislokasi merupakan gangguan persendian akibat sendi bergeser dari posisi semula. Keseleo adalah gerakan yang mendadak dan jenis gerakannya memang tidak biasa dilakukan. Ankilosis merupakan gangguan yang menjadikan persendian tidak dapat digerakkan sama sekali.
7. Berikan rumus gigi seri dan gigi dewasa pada bab sistem pencernaan makanan.
9. Rongga hidung, pangkal tenggorokan (laring), batang tenggorokan (trakea), cabang batang tenggorokan (bronkus), dan paru-paru (pulmo).
11. Saraf simpatik dan saraf parasimpatik merupakan sistem saraf sadar yang bekerjanya saling berlawanan.
13. Laki-laki menghasilkan hormon testosteron yang berperan memengaruhi spermatogenesis dan pertumbuhan kelamin sekunder. Sementara wanita menghasilkan hormon estrogen dan progesteron. Estrogen berperan saat pembentukan kelemain sekunder wanita, sementara progesteron berperan menjaga penebalan endometrium, menghambat produksi hormon FSH, dan memperlancar produksi laktogen (susu).
17. Vasektomi adalah sterilisasi dengan cara pemotongan kedua vas deferens pada saluran reproduksi pria. Tubektomi adalah sterilisasi dengan cara pengikatan tuba falopi.
19. Kekebalan aktif adalah kekebalan yang diperoleh dari dalam tubuh karena tubuh memproduksi antibodi sendiri. Kekebalan pasif adalah kekebalan yang diperoleh bukan dari antibodi sintesis sendiri melainkan tinggal memakainya saja.

Indeks

A

abomasum 199, 200, 201, 204
adiposa 71, 72
akrosom 296
aktin 77
amiloplas 13
apendisitis 195
aqueous humor 275, 276
arteriosklerosis 146, 150, 161
arterosklerosis 150, 161
asetabulum 98, 99
autofagi 10
autolisis 10

B

badan Golgi 6, 9, 17, 30
badan kutub sekunder 299, 310, 313
bibir besar 298
bilirubin 130
biopsi otot 120, 124
blastosit 303, 304, 313
blastula 303, 304

C

cairan sinovial 105, 106, 123
cakram artikular 105
coelomb 153
crohn 325

D

difusi 20, 21, 22, 26, 27, 28, 30

difusi terfasilitasi 21
diktiosom 9, 28
diploe 100
Dujardin, Felix 2, 29

E

ejakulasi 293, 295, 310, 311, 312
eksositosis 10, 26, 28, 30
ekspulsi 306, 311
ekstraembrionik 304, 306, 307, 314
ekstravaskuler 42, 43, 44, 45, 46, 62, 65
endositosis 10, 26, 27, 28, 30
epididimis 293, 296, 310, 311, 312
eritroblastosis foetalis 139, 160

F

fagositosis 10, 27, 28, 30
fertilisasi 292, 297, 298, 299, 302, 303, 308, 310, 311, 313
fimbrae 298
foramen ovale 142
foramen panizzae 156, 161
fosfolipid lapis ganda 6
Frederick 271

G

glandula parotis 192
glikolasi 9, 29
glikoprotein 6, 9, 30

Golgi, Camilio 9
gonad 272
gradien konsentrasi 21, 26, 28
grana 13

H

heparin 71
histamin 71
Hooke, Robert 2, 29, 30

I

implantasi 301, 303, 304, 309, 311
infeksi gonorrhoe 118
infundulum 298, 313
insersio 111, 123
intravaskuler 42, 43, 44, 45, 46, 53, 62, 65

J

Jenner, Edward 323

K

karioteka 7, 29
ketuban 305
krista 281
kromoplas 13
kwashiorkor 179, 202

L

labia mayora 298, 299, 310, 313
Lansteiner, Karl 158

Leeuwenhoek, Antoni von 2
lenti sel 52, 58, 65
leukoplas 13
lignifikasi 17, 30
lipoprotein 6
lisosom 4, 6, 7, 9, 10, 28, 29,
30

M

mikrofilamen 6, 15, 17
mikrotubulus 6, 15, 16
miofibril 110, 113, 124
mitokondria 4, 6, 7, 10, 11,
28, 29, 30

N

nefridiopori 242, 243
nukleolus (anak inti) 7, 8
nukleoplasma 7, 29

O

opsonisasi 321, 328
origo 111, 123
osifikasi 102
osmoregulator 12
osmosis 20, 22, 23, 24, 25,
26, 27, 28, 30
osteoporosis 103, 116

P

parabronki 223
perioksisom 11
pinositosis 5, 27, 28, 30
pita Kaspari 43, 50, 64, 65
plasmodesmata 17
protoplasma 2, 3, 4, 5, 6, 25,
28, 29
Purkinje, J. 2

R

rangka apendikuler 97, 121
rhodopsin 275, 276, 289
ribosom 4, 7, 8, 9, 14, 17,
28, 29

ruminansia 170, 198, 199,
200, 201, 202, 204,
199, 200

S

saluran Havers 73, 85, 88
saluran Volkman 74
sarkomer 112, 113, 122, 123
Schleiden, Mathias J. 2, 29
Schwann, Theodor 2, 29
sebum 237, 241
sel Leydig 292, 296
sentriol 6, 14, 16, 28, 29, 30
sentrosom 16, 18
sfigmomanometer 144, 160
siclema 149, 158
sinapsis 76
sistem Rhesus 136, 138, 141
sisterne 8, 9
spina 35, 36, 62
stratum korneum 236, 245,
246

T

tekanan turgor 12, 25, 27
tendon 71, 72, 73
tonsilitis 217
trikomata 35, 62
tubulin 15

U

uremia 240

V

Virchow, Rudolf 3, 29
vitreous humor 275, 276

W

Weismann, August 3

Daftar Pustaka

- Abercrombie, M., dkk. 1993. *Kamus Lengkap Biologi*. edisi ke-8, terj. T. Siti Sutarmi dan Nawangsari Sugiri. Jakarta: Erlangga
- Anonim. 1996. *Hampanan Dunia Ilmu Time-Life: Tubuh Manusia*. edisi Bahasa Indonesia. Jakarta: Tira Pustaka
- Blaustein, Daniel, and Devi Mathieu, Rebecca Johnson, Susan Offner. 1995. *Biology the Dynamics of Life*. USA : MacGraw Hill School Publishing.
- Bramwell, Marthyn. 2004. *Pertanian Dunia*. cet. ke-1, terj. Yuanin Anggraeni. Bandung: Pakar Raya.
- Burnie, David. 2000. *Jendela Iptek: Kehidupan*. cet. ke-2. Jakarta: Balai Pustaka.
- Campbell, Neil A, Jane B. Reece, dan Lawrence G. Mitchell. 2003. *Biologi, jilid 1*. edisi ke-5, terj. Rahayu Lestari. Jakarta: Erlangga.
- _____. 2003. *Biologi, jilid 2*, edisi ke-5. terj. Wasmen Manalu. Jakarta: Erlangga.
- _____. 2003. *Biologi, jilid 3*, edisi ke-5. terj. Wasmen Manalu. Jakarta: Erlangga.
- Echols, John M. dan Hassan Shadily. 2003. *Kamus Inggris-Indonesia*. cet. ke-27. Jakarta: Gramedia.
- Glenn and Susan Toole. 1999. *Biology For Advanced Level, edisi ke-4*. London: Stanley Thomas (Publisher) Ltd.
- Hemera Technologies Inc. 2004. *15,000 Educational Images* (CD). Focus Multimedia Limited, The Studios.
- Hemera Technologies Inc. 2004. *50,000 Photo Art*. Cambridgeshire: Global Software Publishing Ltd. Program.
- Hewitt, Sally, & Steve Parker, Peter Riley, Philip Steele, Jane Barker. 2006. *Menjelajahi dan Mempelajari: Aku dan Tubuhku, vol. 5*, cet. ke-1. terj. Rachma Apsari. Bandung: Pakar Raya.
- , 2006. *Menjelajahi dan Mempelajari: Tumbuhan dan Satwa Liar, vol. 3*. cet. ke-1. terj. Indri Yuli Astuti. Bandung: Pakar Raya.
- Junquiera, L. Carlos, Jose Carneiro, Robert O. Kelley. alih bahasa, 1997, *Histologi Dasar. edisi ke-8*. terj. Jan Tambayong. Jakarta : EGC
- Kimball, John W. 1983. *Biologi, jilid 1*. edisi ke-5. terj. Siti Soetarmi T. dan Nawangsari Sugiri. Jakarta: Erlangga.
- _____. 1983. *Biologi, jilid 2*. edisi ke-5. terj. Siti Soetarmi T. dan Nawangsari Sugiri. Jakarta: Erlangga.
- _____. 1983. *Biologi, jilid 3*. edisi ke-5. terj. Siti Soetarmi T. dan Nawangsari Sugiri. Jakarta: Erlangga.
- Kwan, Lam Peng dan Eric Y. K. Lam. 2003. *Biology: A Course for 'O' Level*, cet. ke-2. Singapore: Times Media Private Limited.

- Linder, M. C. 1992. *Biokimia Nutrisi dan Metabolisme*. cet. ke-1. terj. Aminuddin Parakkasi. Jakarta: Universitas Indonesia Press
- Majalah Tempo*. edisi 14-20 Februari 2005
- _____. edisi 8-14 Maret 2004
- Microsoft Encarta Premium 2006* (DVD).
- Parker, Steve. 2005. *100 Pengetahuan tentang Tubuh Manusia*. cet. ke-3. terj. Endang Naskah Alimah. Bandung: Pakar Raya.
- _____. 2005. *Ensiklopedia Tanya & Jawab: Tubuh Manusia*. cet. ke-1: Bandung: Pakar Raya.
- _____. 2005. *Seri Pustaka Sains: Cara Hidup Hewan*. cet. ke-1. terj. Rahma Apsari dan Indri Yuli A. Bandung: Pakar Raya.
- _____. 2005. *Seri Pustaka Sains: Hewan Liar*. cet. ke-1. Terj. Andri Setyawan. Bandung: Pakar Raya.
- _____. 2006. *Seri Pustaka Sains: Tubuh Kita*. cet. ke-1. terj. Riska Yunuarti. Bandung: Pakar Raya.
- Permendiknas RI Nomor 22 Tahun 2006 tentang Standar Isi untuk satuan Pendidikan Dasar dan Menengah.*
- Permendiknas RI Nomor 23 Tahun 2006 tentang Standar Kompetensi Lulusan untuk Satuan Pendidikan Dasar untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah*
- Riley, Peter. 2005. *Seri Pustaka Sains: Tumbuhan*. cet. ke-1. Bandung: Pakar Raya.
- Roberts, Royston M. 2004. *Penemuan-Penemuan di Bidang Sains yang Tidak Disengaja*. cet. ke-1. terj. Endang Naskah Alimah dan Iman Setiadji. Bandung: Pakar Raya.
- Starr, Cecie and Ralph Taggart. 1989. *Biology The Unity and Diversity of Life*. 4th ed. USA: Wadsworth Inc.
- Suryo. *Genetika Manusia*. Cet. ke-8. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2005
- Tim Penyusun Kamus Pusat Bahasa. 2002. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. edisi ke-3, cet. ke-2. Jakarta: Balai Pustaka.
- Tong, Choo Yan, dkk. 2005. *Fokus U PMR: Science*. cet. ke-1. Johor Baru, Malaysia: Penerbitan Pelangi Sdn. Bhd.
- Treays, Rebecca. 2004. *Mempelajari Otak*. cet. ke-1. terj. Wasi Dewanto. Bandung: Pakar Raya.
- Trubus*, Juli 2004
- VanCleave, Janice. 2004. *A+ Proyek-proyek Biologi*. cet. ke-1. terj. Indriyati W. dan Ervina Y. K. Bandung: Pakar Raya.
- _____. 2004. *Tolong! Proyek Penelitian Sainsku Dikumpulkan Besok!*. terj. Wasi Dewanto. cet. ke-1. Bandung: Pakar Raya.
- _____. 2005. *A+ Proyek Lomba dan Pameran Sains*. terj. Zubaidah Nuraini. Bandung: Pakar Raya.
- Villee, Claude A, Warren F. Walker, Jr., dan Robert D. Barnes. 1984. *Zoologi Umum. jilid 1*, edisi ke-6. terj. Nawangsari Sugiri. Jakarta: Erlangga.
- Whitten, Tony dan Jane Whitten. 2002. *Indonesian Heritage: Tetumbuhan*. Jakarta: Buku Antar Bangsa.
- Yatim, Wildan. 2003. *Kamus Biologi*. cet. ke-2. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Yusnita. 2004. *Kultur Jaringan Cara Memperbanyak Tanaman secara Efisien*. Jakarta: Agromedia Pustaka.

Sumber Situs Web:

- <http://jsc.nasa.gov>, 09/11/2006, jam 10.45 WIB
- <http://kesrepro.info>, 18/11/2006, jam 14.00 WIB

<http://klauslucka.com>, 01/10/2006, jam 08.00 WIB
<http://nikramzi.com>, 03/11/2006, jam 11.29 WIB
<http://www.balipost.co.id>, 01/10/2006, jam 08.17 WIB
<http://www.blc.arizona.edu>, 01/10/2006, jam 11.13 WIB
<http://www.bostwicklaboratories.com>, 10/10/2006, jam 08.00 WIB
<http://www.chinabroadcast.cn>, 10/10/2006, jam 09.25 WIB
<http://www.cladonia.co.uk>, 11/10/2006, jam 09.30 WIB
<http://www.iqb.es>, 07/10/2006, jam 10.20 WIB
<http://www.kompas.com>, 03/11/2006, jam 09.45 WIB
<http://www.mooseycountrygarden.com>, 03/11/2006, jam 11.25 WIB
<http://www.novartisonkoloji.com.tr>, 09/11/2006, jam 09.00 WIB
<http://www.palangmerah.com>, 08/11/2006, jam 10.20 WIB
<http://www.trinityriverrafting.com>, 08/11/2006, jam 09.15 WIB
<http://www.uni-jena.de>, 16/11/2006, jam 14.25 WIB
<http://www.uwo.ca.tif>, 17/11/2006, jam 14.30 WIB
<http://www.virtualastronaut.jsc.nasa.gov>, 09/11/2006, jam 08.45 WIB
<http://www.wappingersschools.org>, 09/11/2006, jam 09.00 WIB

Begin. Memulai, seringkali menjadi tugas terberat. Padahal untuk tiba di puncak keberhasilan, kita harus berani memulainya, dengan mendaki lereng terjal perjuangan. Maka, mulailah, sekarang juga!

Idea. Galilah selalu gagasan yang baru dan cemerlang. Dunia akan penuh warna, dengan ide-ide kreatif kita semua. Tuangkan semuanya dengan karya, daripada mengendap, berkerak dalam kepala.

Opinion. Kemukakan segala gagasan dan ide kreatif, dengan jiwa yang bebas dan merdeka. Tak perlu takut salah berpendapat, selama kita berlandaskan argumen yang kuat.

Learn. Perteguh argumen ilmiah dengan terus belajar. Belajar selalu, sepanjang hidup kita. Di mana pun, kapan pun. Merasa diri telah pandai adalah jalan terlempang menuju kebodohan.

Observation. Lakukan pengamatan, untuk menemukan segala penjelasan. Buktikan semua dugaan dengan pengamatan dan percobaan, sehingga segala hasil dapat dipertanggungjawabkan.

Gainer. Seberat apa pun tantangan merintang, putus asa bukanlah solusi. Rebutlah gelar *The Gainer*, Sang Pemenang. Maka, bersainglah. Sungkan bersaing membuat kita tak pernah mengerahkan kemampuan maksimal.

Yeach!! Warnai hari-hari dengan sejuta prestasi!!

ISBN 978-979-068-831-5 (no jdl lengkap)
ISBN 978-979-068-840-7

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

Harga Eceran Tertinggi (HET) Rp17.962,-