

Faidah Rachmawati | Nurul Urifah | Ari Wijayati



# BIOLOGI

Biologi untuk SMA/MA Kelas XI  
Program IPA



**PUSAT PERBUKUAN**  
Departemen Pendidikan Nasional

**XI**

# BIOLOGI

Untuk SMA/MA Kelas XI Program IPA



PUSAT PERBUKUAN  
Departemen Pendidikan Nasional

# XI

Hak Cipta Pada Departemen Pendidikan Nasional  
Dilindungi Undang-undang

# BIOLOGI

untuk SMA/MA Kelas XI Program IPA

**Penulis:**

Faidah Rachmawati  
Nurul Urifah  
Ari Wijayati

**Penyunting:**

Erminawati

**Pewajah Isi:**

Sholichuddin Fanani

**Ilustrasi :**

Tubagus Eko, Anom Prasetyo

**Pewajah Sampul :**

Ipan Sopyan

**Font Isi yang Digunakan :**

Book Antiqua, Helvetica

**Ukuran Buku :**

21 x 29,7 cm

574.07

FAI

b

FAIDAH Rachmawati

Biologi : untuk SMA/ MA Kelas XI Program IPA /  
penulis, Faidah Rachmawati, Nurul Urifah, Ari Wijayati ; penyunting, Eminawati  
; ilustrasi, Tubagus Eko, Anom Prasetyo. -- Jakarta : Pusat Perbukuan,  
Departemen Pendidikan Nasional, 2009.  
vi, 193 hlm, : ilus. ; 30 cm

Bibliografi : hlm. 191

Indeks

ISBN 978-979-068-831-5 (no. jilid lengkap)

ISBN 978-979-068-837-7

1. Biologi-Studi dan Pengajaran I. Judul  
II. Nurul Urifah III. Ari Wijayati IV. Eminawati V. Tubagus Eko  
VI. Anom Prasetyo

Hak Cipta Buku ini dibeli Departemen Pendidikan Nasional  
dari Penerbit Ricardo,CV

Diterbitkan oleh Pusat Perbukuan  
Departemen Pendidikan Nasional  
Tahun 2009

Diperbanyak oleh ....

## Kata Sambutan

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

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

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

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

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

Jakarta, Juni 2009  
Kepala Pusat Perbukuan

## Kata Pengantar

Puji syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karuniaNya buku Biologi untuk SMA/MA kelas XI Program IPA telah selesai disusun.

Buku Biologi disusun berdasarkan kurikulum yang berlaku, yaitu Standar Isi. Diharapkan siswa dapat belajar aktif dan berpikir kritis untuk menyelesaikan masalah. Sehingga, siswa mampu mengembangkan potensi kognitif, afektif, dan psikomotorik yang dimilikinya.

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, siswa membutuhkan proses pembelajaran yang dapat membantu menghadapi segala tantangan dan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari. Buku ini dapat menjadi salah satu media yang memberi pengetahuan tentang Biologi. Bahan-bahan pelajaran yang disajikan dalam buku ini disusun secara sederhana, praktis, dan sistematis agar mudah dipahami oleh siswa.

Semoga buku ini bermanfaat bagi siswa dan pembaca lainnya.

Jakarta, Juni 2007

# Daftar Isi

Kata Sambutan	] iii [
Kata Pengantar	] iv [
Daftar Isi	] v [

## Bab 1 Sel

A. Pengertian Sel	] 2 [
B. Bagian-Bagian Sel Tumbuhan dan Hewan	] 3 [
C. Perbedaan Sel Tumbuhan dan Hewan	] 9 [
D. Transpor Melalui Membran Sel	] 13 [
Mari Berkompetensi	] 17 [

## Bab 2 Struktur Jaringan Tumbuhan

A. Jaringan Tumbuhan	] 20 [
B. Pertumbuhan Primer dan Sekunder	] 24 [
C. Struktur Organ	] 24 [
D. Totipotensi Sel	] 34 [
Mari Berkompetensi	] 37 [

## Bab 3 Struktur Jaringan Hewan

A. Jaringan	] 40 [
B. Organ	] 48 [
C. Sistem Organ	] 49 [
Mari Berkompetensi	] 51 [

## Bab 4 Sistem Gerak pada Manusia

A. Kerangka Tubuh Manusia	] 54 [
B. Otot	] 60 [
C. Kelainan dan Penyakit pada Sistem Gerak	] 65 [
Mari Berkompetensi	] 69 [

## Bab 5 Sistem Peredaran Darah pada Manusia dan Hewan

A. Sistem Peredaran Darah pada Manusia	] 72 [
B. Gangguan dan Kelainan Sistem Peredaran Darah	] 81 [
C. Sistem Transportasi pada Hewan	] 83 [
Mari Berkompetensi	] 89 [

## Bab 6 Sistem Pencernaan pada Manusia dan Hewan

A. Sistem Pencernaan pada Manusia	] 92 [
B. Kelainan atau Gangguan pada Sistem Pencernaan	] 100 [
C. Sistem Pencernaan pada Hewan Memamah Biak	] 101 [
Mari Berkompetensi	] 103 [



## **Bab 7 Sistem Pernapasan pada Manusia dan Hewan**

- A. Sistem Pernapasan pada Manusia ] **106** [
- B. Kelainan dan Penyakit pada Sistem Pernapasan ] **113** [
- C. Sistem Pernapasan pada Hewan ] **115** [
- Mari Berkompetensi ] **119** [

## **Bab 8 Sistem Ekskresi pada Manusia dan Hewan**

- A. Sistem Ekskresi pada Manusia ] **122** [
- B. Kelainan dan Gangguan pada Sistem Ekskresi ] **129** [
- C. Sistem Ekskresi pada Hewan ] **130** [
- Mari Berkompetensi ] **133** [

## **Bab 9 Sistem Koordinasi pada Manusia**

- A. Sistem Saraf ] **136** [
- B. Hormon ] **149** [
- C. Panca Indera ] **153** [
- Mari Berkompetensi ] **161** [

## **Bab 10 Sistem Reproduksi Manusia**

- A. Alat Reproduksi Manusia ] **164** [
- B. Gametogenesis ] **168** [
- C. Fertilisasi, Menstruasi dan Kehamilan ] **170** [
- D. Alat Kontrasepsi ] **173** [
- E. Air Susu Ibu ] **175** [
- F. Kelainan atau Penyakit pada Sistem Reproduksi ] **176** [
- Mari Berkompetensi ] **179** [

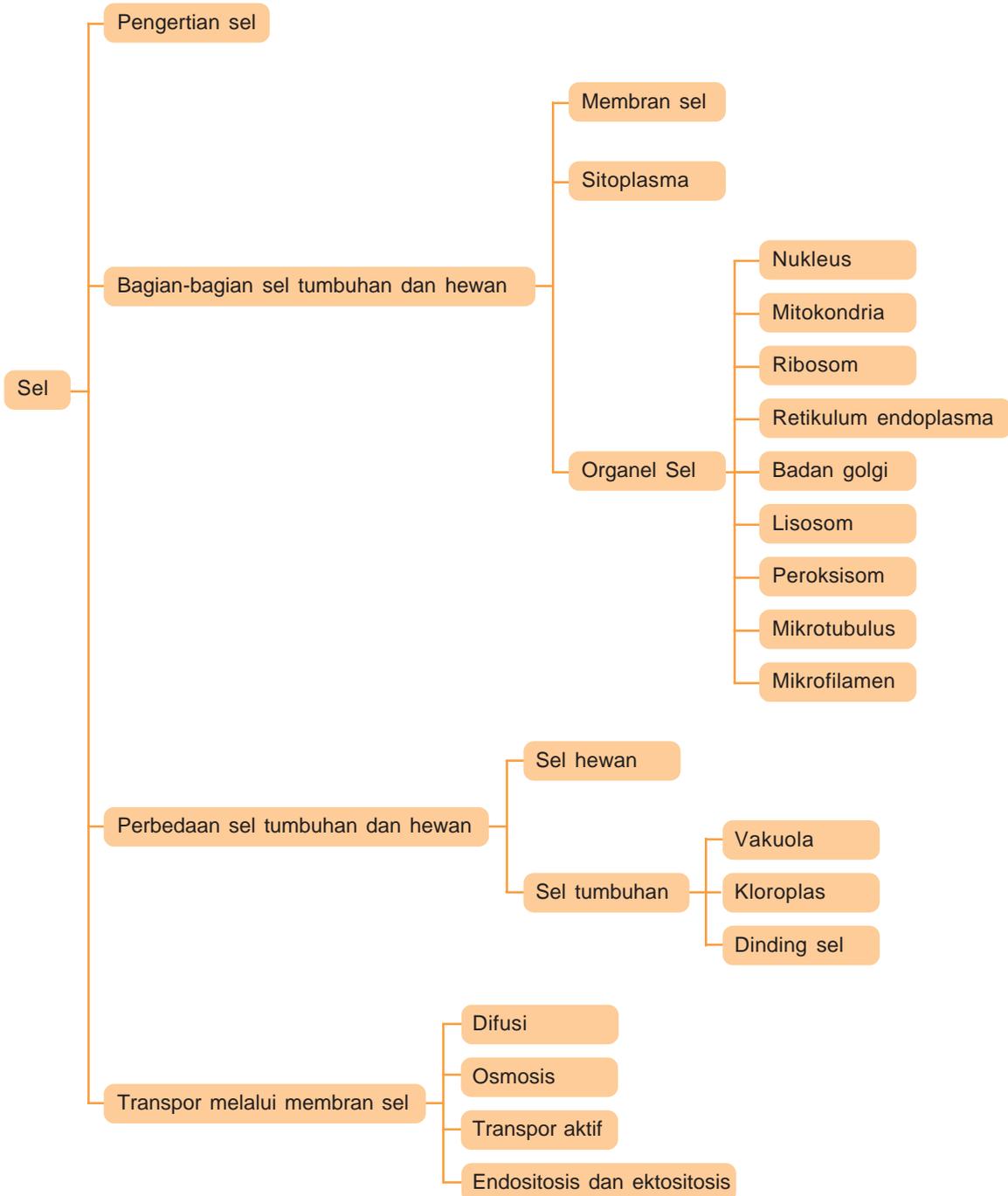
## **Bab 11 Sistem Kekebalan Tubuh**

- A. Mekanisme Sistem Kekebalan Tubuh ] **182** [
- B. Komponen Sistem Kekebalan Tubuh ] **183** [
- C. Respon Imunitas Humoral ] **185** [
- D. Respon Sekunder ] **186** [
- E. Imunisasi ] **187** [
- Mari Berkompetensi ] **189** [

Daftar Pustaka ] **191** [

Indeks ] **192** [

Peta Konsep





Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 1.1**  
Paramecium

Masih ingatkah kamu apa yang dimaksud dengan sel? Sel merupakan unit terkecil organisme yang dapat melaksanakan fungsi hidup sendiri dan berreplikasi atau memperbanyak diri. Sel merupakan penyusun tubuh organisme. Berdasarkan jumlah sel yang dimiliki makhluk hidup, organisme dibedakan menjadi dua tingkatan, yaitu organisme unisel dan organisme multisel.

Pada organisme unisel, tubuhnya terdiri atas satu sel sehingga seluruh kegiatan hidupnya dilaksanakan oleh sel itu sendiri. Contohnya, *Amoeba*, *Paramecium* dan *Bakteri*. Pada organisme multisel, tubuhnya tersusun atas banyak sel yang memiliki fungsi masing-masing. Setelah mempelajari bab ini, kamu akan mengetahui struktur dan fungsi sel sebagai unit terkecil kehidupan, mari ikuti pembahasan berikut ini.

## A

### Pengertian Sel

Istilah sel pertama kali dipakai oleh **Robert Hooke**, kira-kira 300 tahun yang lalu, untuk ruang-ruang kecil seperti kotak yang dilihatnya pada waktu ia mengamati gabus dan bahan tumbuhan lain di bawah mikroskop. Kemudian, tahun 1839, fisiologian **Purkinje** memperkenalkan istilah protoplasma bagi zat hidup dari sel. Istilah protoplasma Purkinje tidak memberi pengertian kimiawi dan fisik yang jelas, tetapi dapat dipakai untuk menyebut semua zat yang terorganisasi dalam sel.

Dalam tahun yang sama, 1839, seorang botaniwan **Matthias Schleiden** dan zoologian **Theodor Schwann** dari Jerman, membuktikan bahwa sel hidup berisi cairan sitoplasma untuk segala aktivitas dasar makhluk hidup. Pembuktian ini berkembang menjadi teori sel yang menyatakan bahwa semua tubuh hewan dan tumbuhan terdiri atas sel-sel, yaitu unit dasar dari kehidupan.

Ada beberapa makhluk hidup yang tubuhnya hanya terdiri atas satu sel. Meskipun hanya terdiri atas satu sel, makhluk hidup tersebut dapat melakukan semua fungsi kehidupan. Organisme ini juga mempunyai ciri-ciri sebagai makhluk hidup, misalnya makan, tumbuh, dan respons terhadap rangsangan. Selain makhluk hidup bersel satu, terdapat banyak makhluk hidup lainnya yang tubuhnya terdiri atas banyak sel. Masing-masing selnya mempunyai bentuk dan fungsi yang berbeda-beda. Hal ini menunjukkan bahwa sel merupakan unit dasar struktural dan fungsional dari kehidupan.

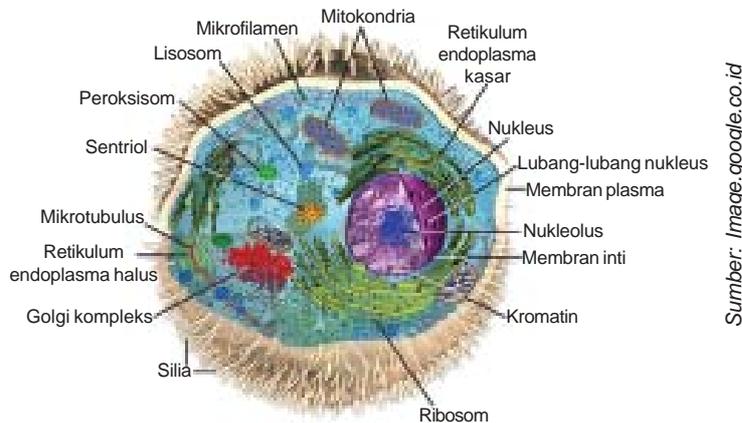
Sel terdiri atas tiga bagian utama, yaitu selaput plasma atau membran sel, sitoplasma, dan organel-organel sel. Antar bagian-bagian sel tersebut terdapat koordinasi sehingga keseluruhannya secara bersama-sama menyusun sistem yang kompak.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 1.2**  
(a) Matthias Schleiden  
(b) Theodor Schwann

Pada tubuh makhluk hidup yang terdiri atas banyak sel, sel-sel yang memiliki bentuk sama berkelompok untuk melakukan satu fungsi tertentu, disebut *jaringan*. Satu kelompok jaringan dapat digabungkan menjadi satu organ. Organ-organ ini bergabung membentuk sistem organ, misalnya sistem pencernaan dan sistem saraf. Sistem organ bekerja sama membentuk individu.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 1.3**  
Struktur sel secara garis besar

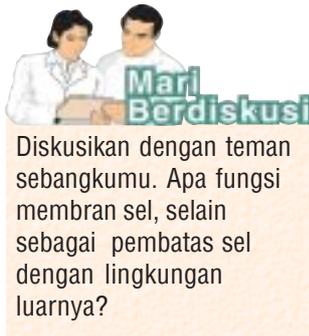
Sel tumbuhan dan sel hewan memiliki persamaan dan perbedaan struktur sel dan fungsinya. Persamaan sel tumbuhan dan sel hewan adalah kedua sel memiliki bagian-bagian sel, seperti membran sel, sitoplasma, nukleus, mitokondria, ribosom, retikulum endoplasma (RE), aparatus golgi, lisosom, dan peroksisom. Untuk mengetahui struktur dan fungsi bagian-bagian sel tersebut, mari cermati uraian berikut ini.

## B Bagian-Bagian Sel Tumbuhan dan Sel Hewan

### 1. Membran Sel

Permukaan luar setiap sel dibatasi oleh selaput halus dan elastis yang disebut *membran sel*. Membran ini sangat penting dalam pengaturan isi sel, karena semua bahan yang keluar atau masuk harus melalui membran ini. Hal ini berarti, membran sel mencegah masuknya zat-zat tertentu dan memudahkan masuknya zat-zat yang lain. Selain membatasi sel, membran plasma juga membatasi berbagai organel-organel dalam sel, seperti vakuola, mitokondria, dan kloroplas.

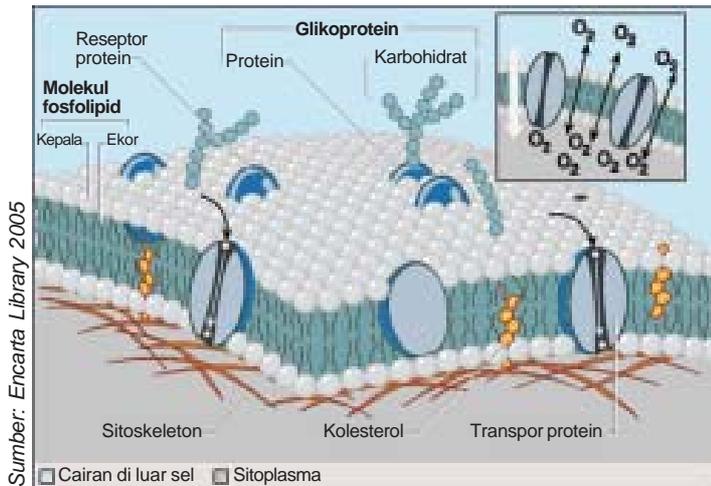
Membran plasma bersifat diferensial permeabel, mempunyai pori-pori ultramikroskopik yang dilalui zat-zat tertentu. Ukuran pori-pori ini menentukan besar maksimal molekul yang dapat melalui membran. Selain besar molekul, faktor lain yang mempengaruhi masuknya suatu zat ke dalam sel adalah muatan listrik, jumlah molekul air, dan daya larut partikel dalam air.



Membran sel terdiri atas dua lapis molekul fosfolipid (lemak yang bersenyawa dengan fosfat). Bagian ekor dengan asam lemak yang bersifat hidrofobik (nonpolar), kedua lapis molekul tersebut saling berorientasi ke dalam. Sedangkan, bagian kepala bersifat hidrofilik (polar) mengarah ke lingkungan yang berair. Selain fosfolipid terdapat juga glikolipid (lemak yang bersenyawa dengan karbohidrat) dan sterol (lemak alkohol terutama kolesterol). Sedangkan, komponen protein terletak pada membran dengan posisi yang berbeda-beda. Beberapa protein terletak perifer, sedangkan yang lain tertanam integral dalam lapis ganda fosfolipid. Beberapa protein

membran adalah enzim, sedangkan yang lain adalah reseptor bagi hormon atau senyawa tertentu lainnya.

Komposisi lipid dan protein penyusun membran bervariasi, tergantung pada jenis dan fungsi membran itu sendiri. Namun, membran mempunyai ciri-ciri yang sama, yaitu bersifat *permeable selektif* terhadap molekul-molekul. Sehingga, membran sel dapat mempertahankan bentuk dan ukuran sel.



**Gambar 1.4**  
Membran sel

## 2. Sitoplasma

Sitoplasma merupakan material yang di dalamnya terdapat organel-organel sel. Sebagian besar bahan sitoplasma adalah air. Di dalam sitoplasma terlarut molekul-molekul kecil seperti garam, gula, asam amino, asam lemak, nukleotida, vitamin, dan gas-gas tertentu, serta ion dan sejumlah besar protein. Bahan cair sitoplasma ini, disebut *sitosol*. Sejumlah enzim yang diperlukan untuk metabolisme sel juga terdapat di sitoplasma.

Selain berfungsi sebagai tempat penyimpanan bahan kimia yang vital, bahan dasar ini juga merupakan tempat lintasan metabolisme tertentu, misalnya *glikolisis*. Fungsi sitoplasma lainnya adalah sebagai tempat pergerakan organel-organel dalam aliran sitoplasma.

## 3. Organel Sel

Organel atau organ kecil merupakan bagian isi sel di dalam sitoplasma. Organel memiliki bentuk seperti kantong-kantong yang berselaput dengan fungsi yang khas. Beberapa organel ada dalam sitoplasma, antara lain:

### a. Nukleus

Nukleus merupakan organel terbesar dalam sel, terdapat di semua sel eukariotik, kecuali sel-sel pembuluh floem dewasa dan sel darah merah mamalia dewasa. Bentuk inti umumnya bulat hingga lonjong dengan garis tengah  $\pm 10 \mu\text{m}$  (mikro meter) dan panjangnya  $\pm 20 \mu\text{m}$ . Umumnya tiap sel hanya memiliki satu inti, tetapi ada juga organisme yang memiliki inti lebih dari satu. Contohnya, *Paramecium* yang memiliki dua inti, yaitu mikronukleus dan makronukleus.

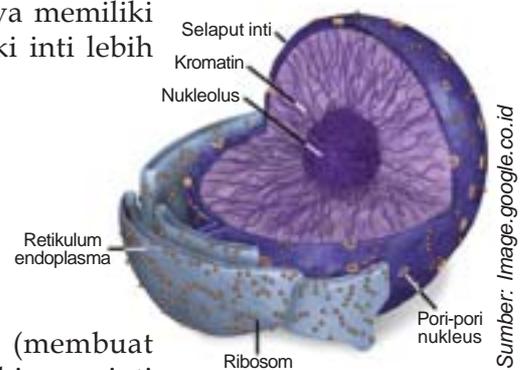
Nukleus memiliki peranan yang sangat penting bagi kehidupan sel, karena berfungsi mengendalikan seluruh kegiatan sel. Hal ini disebabkan karena inti sel mengandung informasi genetika dalam bentuk DNA (*deoxyribonucleic acid*). DNA mampu mereplikasi (membuat tiruan diri) yang diikuti oleh pembelahan inti. Sehingga, inti duplikasinya mengandung DNA yang sama seperti induknya. Nukleus terbungkus oleh selaput inti dan mengandung kromatin, satu atau dua nukleolus, dan nukleoplasma.

Selaput inti terdiri atas dua lapis membran. Selaput luar berhubungan langsung dengan retikulum endoplasma (lihat Gambar 1.5), retikulum endoplasma tertutup oleh ribosom dan terlibat dalam sintesis protein. Pada selaput inti terdapat pori-pori yang memungkinkan pertukaran zat-zat antara nukleus dan sitoplasma, misalnya keluarnya RNA (*ribonucleic acid duta*), masuknya protein ribosom, nukleotida, dan molekul yang mengatur kegiatan DNA.

Di dalam inti terdapat nukleoplasma atau getah inti yang berbentuk gel. Nukleoplasma mengandung berbagai substansi kimia, seperti ion-ion, protein, enzim, dan nukleotid. Kromatin tersusun atas untaian DNA yang terikat pada protein dasar.

Kromatin berarti materi berwarna, karena sifatnya yang mudah menyerap warna agar bisa dilihat di bawah mikroskop. Pada proses pembelahan sel, kromatin menyerap zat pewarna secara intensif sehingga lebih mudah dilihat. Benang kromatin mengerut (memendek) menyerupai benang terpilinyang disebut *kromosom*.

Nukleolus memiliki bentuk bulat, terdapat di dalam nukleoplasma yang berfungsi dalam pembuatan RNA. Selain itu, nukleolus mengandung banyak DNA yang bertindak sebagai organisator nukleus dan mengandung salinan gen-gen yang memberi kode RNA ribosom. Nukleolus akan melarut dan tidak tampak lagi dalam profase (tingkat awal dalam proses pembelahan sel) dan akan dibuat lagi oleh organisator pada akhir pembelahan sel (telofase).



**Gambar 1.5**  
Nukleus

Sumber: Image.google.co.id

### b. Mitokondria

Mitokondria adalah benda-benda bulat atau berbentuk batang yang ukurannya berkisar antara 0,2  $\mu\text{m}$  sampai 5  $\mu\text{m}$ . Jumlahnya berkisar dari hanya beberapa buah sampai lebih dari 1000 buah per sel. Sel-sel yang aktif atau yang memerlukan energi lebih besar memiliki mitokondria yang lebih banyak, misalnya sel hati yang mengandung lebih dari 1000 mitokondria.



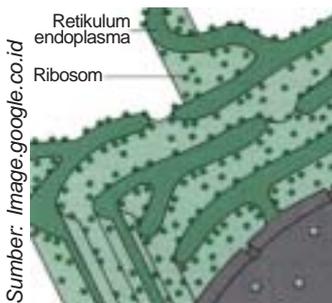
**Gambar 1.6**  
Mitokondria

Setiap mitokondria dibungkus oleh suatu membran ganda. Membran dalam maupun membran luar terdiri atas suatu lapisan ganda molekul fosfolipid. Membran luar bersifat licin, sedangkan membran dalam melipat berulang-ulang menjadi lipatan-lipatan yang masuk ke dalam ruang mitokondria sehingga membran dalam menjadi luas. Lipatan dalam ini, disebut *krista*.

Di dalam krista terdapat enzim untuk sistem *transmitte electron* yang sangat penting dalam mengubah energi potensial dari bahan makanan menjadi energi potensial yang disimpan di dalam ATP. Energi ATP ini digunakan oleh sel untuk melakukan berbagai kegiatan. Oleh karena itu, mitokondria cenderung berkumpul di daerah sel yang paling aktif, misalnya sel saraf dan sel otot. Kedua jenis sel tersebut mengandung banyak mitokondria, karena paling aktif terlibat dalam transmisi impuls listrik, kontraksi, dan sekresi.

### c. Ribosom

Ribosom merupakan struktur yang paling kecil dengan garis tengah lebih kurang 20 nm, berbentuk bulat, dan tersuspensi dalam sitoplasma. Ribosom mengandung RNA dan protein dengan perbandingan yang sama.



**Gambar 1.7**  
Ribosom

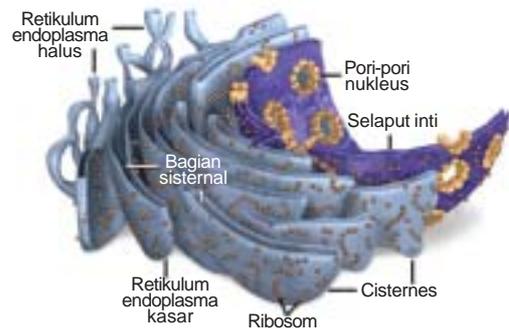
Ribosom berfungsi sebagai tempat pembuatan protein. Ribosom dapat terikat pada membran retikulum endoplasma atau terdapat bebas dalam matriks sitoplasma. Umumnya, ribosom yang menempel pada RE berfungsi mensintesis protein untuk dibawa keluar sel melalui RE dan golgi kompleks. Sedangkan, ribosom yang terdapat dalam sitoplasma, mensintesis protein untuk keperluan dalam sel. Dalam sel terdapat kelompok yang terdiri atas lima atau enam ribosom yang disebut *polisom* yang merupakan unit fungsional yang efektif dalam sintesis protein.

### d. Retikulum endoplasma (RE)

Retikulum endoplasma merupakan sistem membran yang sangat luas di dalam sel. Retikulum endoplasma di bawah mikroskop elektron, tampak seperti rongga atau tabung pipih yang saling berhubungan dan menutupi sebagian besar

sitoplasma. Membran-membran ini mempunyai struktur lipid protein yang sama dengan membran lain dalam sel tersebut. Setiap membran pada retikulum endoplasma memiliki satu permukaan yang menghadap sitosol dan yang lain menghadap bagian dalam rongga tersebut.

Retikulum endoplasma (RE) dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu retikulum endoplasma kasar (RE granular) yang banyak mengikat ribosom dan retikulum endoplasma halus (RE agranular) yang hanya terdiri atas membran saja. Kedua macam Retikulum endoplasma ini, dapat ditemukan di dalam satu sel yang sama. RE agranular mempunyai peranan dalam proses sekresi sel dan sintesis lemak, fosfolipid dan steroid. Sedangkan, RE granular berfungsi sebagai tempat sintesis protein. Di samping itu, retikulum endoplasma juga berfungsi sebagai sistem transpor substrat dan hasil-hasil dari sitoplasma ke luar sel dan ke nukleus.



Sumber: Image.google.co.id

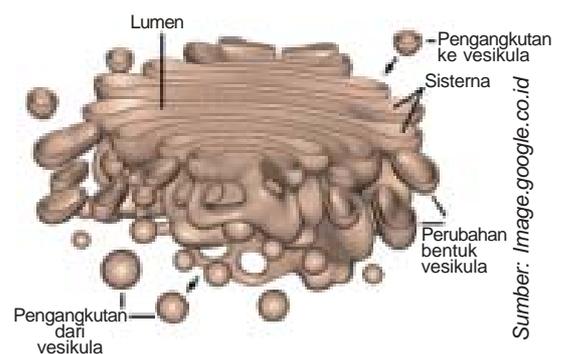
**Gambar 1.8**  
Retikulum endoplasma (RE)

#### e. Badan golgi

Badan golgi terdapat di dalam semua sel, kecuali sperma dewasa dan sel darah merah. Badan golgi terdiri atas anyaman saluran yang tidak teratur yang tampak seperti susunan membran yang sejajar tanpa granula. Bagian-bagian tertentu saluran ini dapat membesar membentuk suatu kantung atau vesikula yang berisi zat.

Badan golgi amat penting dalam sel-sel yang secara aktif terlibat dalam sekresi. Badan golgi digunakan sebagai tempat penimbunan sementara protein dan zat-zat lain yang dibuat dalam retikulum endoplasma. Zat-zat ini dalam badan golgi dibungkus kembali dalam kantung-kantung besar (vesikula). kemudian vesikula tersebut bergerak ke permukaan sel (membran plasma), lalu membran vesikula membuka dan mengeluarkan isinya ke luar sel.

Badan golgi juga merupakan tempat sintesis polisakarida, misalnya pada mukus. Selulosa yang disekresikan oleh sel tumbuhan untuk membentuk dinding sel, disintesis pada badan golgi.



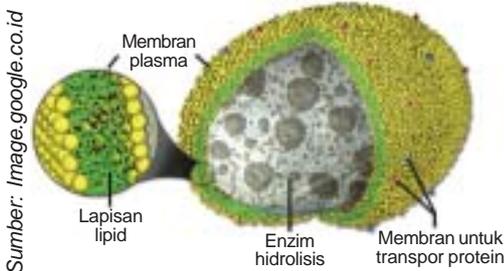
Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 1.9**  
Badan golgi

#### f. Lisosom

Lisosom adalah struktur yang agak bulat dan dibatasi oleh membran tunggal. Diameternya sekitar 1,5  $\mu\text{m}$ . Lisosom dihasilkan oleh badan golgi yang penuh dengan protein.

Lisosom mengandung berbagai macam enzim yang mampu melakukan hidrolisis makromolekul-makromolekul, seperti polisakarida, lipid, fosfolipid, asam nukleat, dan protein di dalam sel. Enzim-enzim hidrolitik ini terkurung di dalam lisosom sehingga menghalangi mencerna komponen-komponen dalam sel. Jika enzim-enzim hidrolitik ini merembes keluar dari lisosom, maka isi sel dapat terhidrolisis. Oleh karena itu, lisosom dinamakan kantong pembunuh diri.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 1.10**  
Lisosom

Apabila bahan di dalam sel harus dicerna, mula-mula bahan tersebut digabungkan dengan lisosom, kemudian dihidrolisis. Bahan-bahan tersebut adalah struktur subseluler lain, misalnya mitokondria yang telah berhenti berfungsi, partikel-partikel makanan, atau bakteri yang merugikan.

Lisosom juga berperan penting untuk menghancurkan sel-sel yang tidak berfungsi lagi. Bila sel luka atau mati, lisosomnya membantu dalam menghancurkannya. Misalnya, ekor kecebong yang secara bertahap dihancurkan oleh lisosom.

Kegagalan lisosom menjalankan fungsinya menyebabkan penyakit seperti silikosis dan rematik. Bagaimana prosesnya? Diskusikan dengan teman sekelompokmu.

### g. Peroksisom

Peroksisom besarnya hampir sama dengan lisosom (0,3 - 15  $\mu\text{m}$ ), dan dibatasi oleh membran tunggal. Peroksisom dihasilkan oleh retikulum endoplasma. Peroksisom juga penuh berisi enzim dan yang paling khas adalah katalase. Enzim ini mengkatalis perombakan hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), yaitu produk yang berpotensi membahayakan metabolisme sel.

Peroksisom juga berperan dalam perubahan lemak menjadi karbohidrat, dan dalam perubahan purin dalam sel. Pada hewan, peroksisom terdapat pada sel-sel hati dan ginjal. Sedangkan, pada tumbuhan, terdapat pada berbagai tipe sel. Peroksisom sel-sel tumbuhan sering mengandung bahan-bahan yang terkristalisasi.

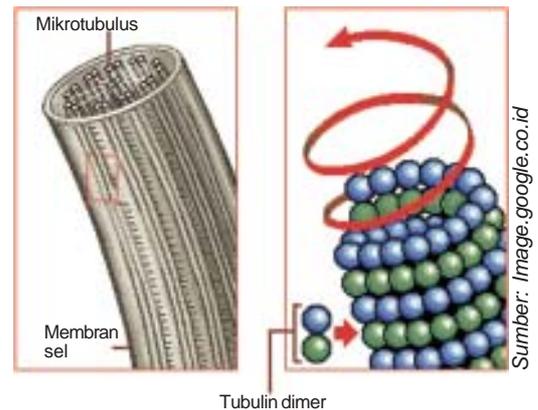
### h. Mikrotubulus

Mikrotubulus adalah silinder protein yang terdapat pada sebagian besar sel hewan dan tumbuhan. Diameter luarnya kira-kira 25 nm dan diameter lumennya sekitar 15 nm. Protein yang membentuk mikrotubulin disebut tubulin. Ada dua macam tubulin, yaitu  $\alpha$  tubulin dan  $\beta$  tubulin. Kedua tubulin ini memiliki susunan asam amino yang berbeda. Dua molekul ( $\alpha$  tubulin dan  $\beta$  tubulin) bergabung membentuk dimer. Dimer adalah blok bangunan yang membentuk mikrotubulus. Dimer membentuk dinding silinder dalam bentuk heliks (lihat Gambar 1.11). Mikrotubulus bersifat kaku sehingga penting dalam mempertahankan atau mengontrol bentuk sel.

Mikrotubulus berperan dalam pembelahan sel, karena setiap kromosom bergerak ke kutub pembelahan yang terikat pada gelendong mitotik yang dibentuk oleh mikrotubul. Selain itu, mikrotubul berguna sebagai saluran bagi arus zat sitoplasma di dalam sel dan merupakan komponen struktural yang penting dari silia dan flagela.

### i. Mikrofilamen

Mikrofilamen adalah serat tipis panjang berdiameter 5 - 6 nm, terdiri atas protein yang disebut *aktin*. Banyak mikrofilamen membentuk kumpulan atau jaringan pada berbagai tempat dalam sel, misalnya terbentuknya mikrofilamen yang memisahkan kedua sel anak yang akan membelah. Selain itu, mikrofilamen berperan dalam gerakan atau aliran sitoplasma. Mikrofilamen juga merupakan ciri-ciri yang penting dalam sel yang berubah-ubah bentuknya.



Gambar 1.11  
Mikrotubulus

Sel hewan dan sel tumbuhan memiliki bagian-bagian sel, seperti yang telah dijelaskan di atas. Selain memiliki persamaan, sel hewan dan sel tumbuhan memiliki perbedaan-perbedaan, di antaranya adalah pada sel hewan terdapat sentriol, sedangkan pada sel tumbuhan tidak terdapat organel tersebut. Tetapi, sel tumbuhan memiliki vakuola, kloroplas, dan dinding sel yang tidak dimiliki sel hewan.

## C Perbedaan antara Sel Hewan dan Sel Tumbuhan

### 1. Sel Hewan

Ciri khas sel hewan adalah memiliki sentriol. Sel hewan mengandung dua sentriol yang terdapat dalam sitoplasma di dekat permukaan sebelah luar nukleusnya. Setiap sentriol terdiri atas sebaris silinder sebanyak sembilan mikrotubul, setiap mikrotubul memiliki dua bagian yang terikat padanya. Kedua sentriol biasanya berhadapan dengan sudut tegak lurus.

Sebelum sel membagi diri, sentriolnya melakukan duplikasi dan satu pasang berpindah ke sisi berlawanan pada nukleus, kemudian gelendong pembelahan terbentuk di antaranya. Pada beberapa sel, sentriol berduplikasi membentuk benda basal silia dan flagelata.

## 2. Sel Tumbuhan

Sel tumbuhan memiliki struktur yang tidak dimiliki oleh sel hewan, di antaranya adalah adanya vakuola, kloroplas, dan dinding sel.

### a. Vakuola

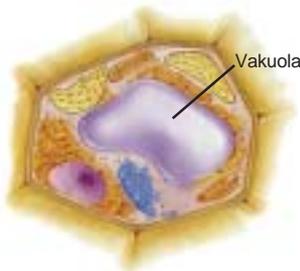
Vakuola adalah organel sitoplasma yang berisi cairan, dibatasi oleh membran yang identik dengan membran plasma. Vakuola sering terbentuk karena pelipatan membran sel ke arah dalam. Bahan atau buangan dapat ditemukan di dalam vakuola.

Sel tumbuhan berisi banyak vakuola kecil-kecil, tetapi dengan matangnya sel, terbentuklah vakuola tengah yang besar. Molekul makanan yang terlarut, bahan buangan, dan pigmen sering terdapat di dalamnya.

Vakuola memiliki beberapa fungsi, antara lain:

- 1) Memasukkan air melalui tonoplas yang bersifat diferensial permeabel untuk membangun turgor sel.
- 2) Vakuola ada yang berisi pigmen dalam bentuk larutan, seperti antosian, termasuk antosianin yang berwarna merah, biru, dan lembayung, juga warna gading dan kuning. Antosian dapat memberi warna pada bunga, buah, pucuk, dan daun. Hal ini, berguna untuk menarik serangga, burung, dan hewan lain yang berjasa bagi penyerbukan atau persebaran biji.
- 3) Vakuola tumbuhan, kadang-kadang mengandung enzim hidrolitik yang dapat bertindak sebagai lisosom waktu hidup. Setelah sel mati, tonoplas kehilangan sifat diferensial permeabelnya sehingga enzim-enzimnya lolos keluar menyebabkan autolisis (penghancuran diri).
- 4) Menjadi tempat timbunan sisa-sisa metabolisme, seperti kristal kalsium oksalat dan beberapa alkaloid, seperti tanin. Lateks (getah) dapat berkumpul dalam vakuola dalam bentuk emulsi. Sel khusus yang berfungsi seperti ini disebut *latisifer*, misalnya pada *Hevea brasiliensi* dan *Cannabis sativa*.
- 5) Menjadi tempat penyimpanan zat makanan terlarut yang sewaktu-waktu dapat digunakan oleh sitoplasma. Misalnya, sukrosa dan garam mineral.

Sumber: Image.google.co.id



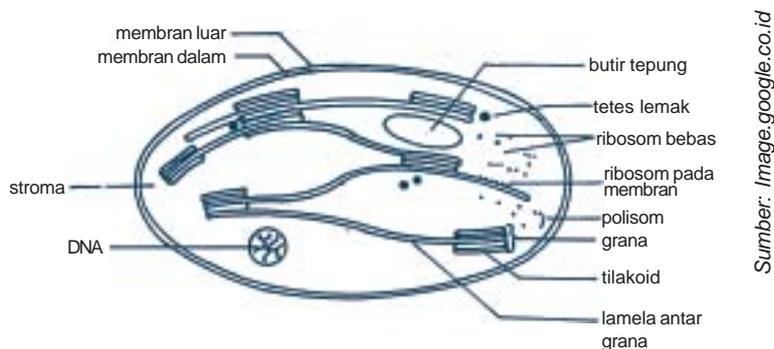
**Gambar 1.12**  
Vakuola

### b. Kloroplas

Kloroplas hanya terdapat pada sel-sel tumbuhan dan ganggang tertentu. Pada sel tumbuhan, kloroplas biasanya dijumpai dalam bentuk cakram dengan diameter 5 - 8  $\mu\text{m}$  dan tebal 2 - 4  $\mu\text{m}$ . Kloroplas dibatasi oleh membran ganda yang di dalamnya terdapat sistem luar membran interval yang

terbenam dalam matriks fluida yang disebut *stroma*. Membran dalam, kaya akan fosfolipid dan protein. Selain itu, kloroplas juga mengandung pigmen yang paling utama di antaranya adalah klorofil. Klorofil terdapat dalam struktur seperti tumpukan piring yang disebut granum (jamak: grana). Warna hijau klorofil yang tergabung dalam membran, memberi warna hijau pada kloroplas dan sel serta jaringan tumbuhan yang terkena cahaya.

Klorofil menangkap energi matahari dan digunakan untuk fotosintesis zat makanan. Jadi, kloroplas merupakan tempat fotosintesis.



Sumber: [Image.google.co.id](https://image.google.co.id)

**Gambar 1.13**  
Struktur kloroplas

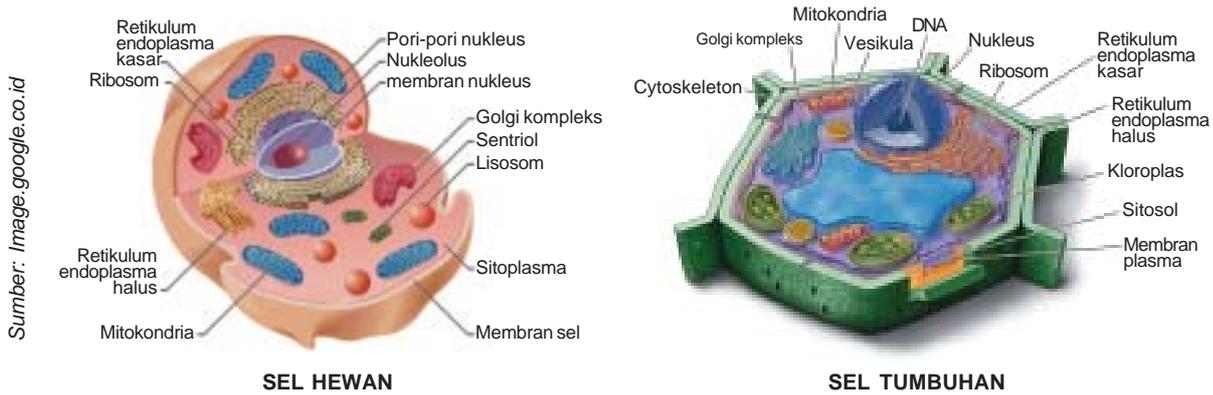
Pigmen-pigmen fotosintesis tumbuhan tingkat tinggi terbagi menjadi dua macam, yaitu klorofil dan karotenoid. Kedua pigmen ini berperan untuk menyerap energi cahaya, kemudian mengubahnya menjadi energi kimia. Kedua pigmen terletak di membran kloroplas. Klorofil berfungsi menyerap sinar merah dan biru-ungu, memantulkan sinar hijau, kecuali bila tertutup oleh pigmen warna lain. Karotenoid merupakan pigmen berwarna kuning, orange, merah atau coklat yang menyerap sinar bergelombang antara biru-ungu.

Karotenoid terdapat pada beberapa bunga dan buah-buahan sehingga memiliki warna yang cemerlang dan menarik insekta, burung atau hewan lain untuk membantu penyerbukan atau penyebaran biji. Misalnya, likopen yang merupakan karoten pada kulit buah tomat yang merah. Karotenoid juga berfungsi sebagai pelindung klorofil pada waktu sinar terlalu kuat dan oksidasi oleh oksigen yang dihasilkan dalam proses fotosintesis. Ada dua tipe karotenoid, yaitu *karoten* dan *xantofil*.

### c. Dinding sel

Sebagian besar ganggang dan semua tumbuhan, di luar membran sel terdapat pembungkus luar yang terdiri atas selulosa polisakarida dan yang membentuk dinding sel yang kaku.

Penataan fibril-fibril selulosa terlihat beraturan sehingga terbentuk dinding sel. Sifat-sifat linier molekul-molekul fibril selulosa dan mudahnya pengikatan hidrogen intermolekuler menyebabkan terbentuknya fibril-fibril yang panjang dan kaku. Selain selulosa, dinding sel juga mengandung polisakarida sebagai konstruksi penguat dinding sel. Untuk lebih mengetahui perbedaan antara sel hewan dan tumbuhan, mari cermati Gambar 1.14 di bawah ini.



**Gambar 1.14**  
Sel hewan dan tumbuhan

Setelah kamu mempelajari Gambar 1.14 di atas, berilah tanda (✓) pada kolom hewan dan tumbuhan bila organel yang dimaksud atau bagian lainnya ada.

**Tabel 1.1** Organel sel pada hewan dan tumbuhan

Organel atau Bagian Lainnya	Organisme	
	Hewan	Tumbuhan
Nukleus		
Nukleolus		
Sitoplasma		
Golgi kompleks		
Mitokondria		
Grana		
Retikulum endoplasma		
Kromatin		
Krista		
Matriks		
Ribosom		
Lisosom		
Kromosom		
Sentriol		
Sentrosom		
Dinding sel		
Lamela tengah		

Membran inti		
Stroma		
Kloroplas		
Vakuola		
Tonoplas		
Mikrofilamen		
Membran sel		
Plasmodesma		
Leukoplas		
Plastida		

Organisme multiseluler mempunyai sistem transportasi di dalam tubuhnya. Transportasi ini melibatkan sel atau membran sel yang memiliki ketebalan 5 - 10 nm (nano meter; 1 nm =  $1 \times 10^{-9}$ m). Membran ini menghalangi gerak ion dan molekul melewati membran. Hal ini sangat penting untuk menjaga kestabilan pH, menjaga konsentrasi ion dalam sel, untuk kegiatan enzim, mengeluarkan sisa-sisa metabolisme yang bersifat racun, dan memasok ion-ion yang penting dalam kegiatan saraf dan otot.

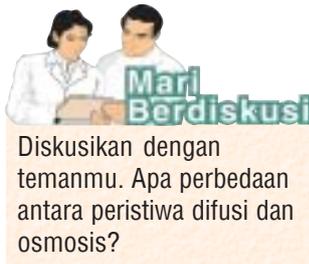
Berikut ini akan dibahas macam-macam gerakan yang melewati membran sel. Gerakan-gerakan ini terjadi pada selaput organel dalam sel. Pada dasarnya, hanya ada empat macam gerakan lewat membran sel ini, yaitu *difusi*, *osmosis*, *transpor aktif*, dan *endositosis* atau *eksositosis*. Setelah mempelajari subbab ini, kamu dapat membandingkan keempat transpor tersebut, mari cermati uraiannya.

## 1. Difusi

Difusi adalah, gerakan molekul dari suatu daerah dengan konsentrasi yang tinggi ke daerah lain dengan konsentrasi lebih rendah yang disebabkan oleh energi kinetik molekul-molekul tersebut. Kecepatan difusi melalui membran sel tergantung pada perbedaan konsentrasi, ukuran molekul, muatan, daya larut partikel-partikel dalam lipid dan suhu.

Pada umumnya, zat-zat yang larut dalam lipid, yaitu molekul hidrofobik lebih mudah berdifusi melalui membran daripada molekul hidrofilik. Selain itu, membran sel juga bersifat permeabel terhadap molekul-molekul kecil yang tidak bermuatan seperti  $H_2O$ ,  $CO_2$ , dan  $O_2$ . Dalam keadaan yang sama, molekul kecil lebih cepat berdifusi melalui membran sel

## D Transpor Melalui Membran Sel



daripada molekul besar. Difusi sederhana dari molekul hidrofilik yang besarnya lebih dari 7 - 8 Å (Å = angstrom =  $10^{-10}$  m) hampir tidak dapat berlangsung karena terhalang oleh membran sel, tetapi molekul tersebut dapat masuk ke dalam sel dengan cara difusi terbantu atau *facilitated diffusion*.

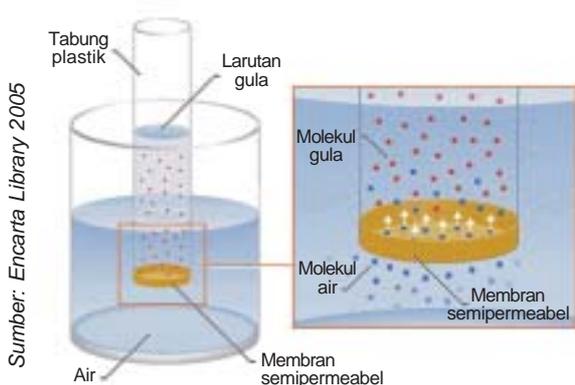
Difusi terbantu tergantung pada suatu mekanisme transpor khusus dari membran sel seperti permease. Permease adalah suatu protein (enzim) membran sel yang akan memberi jalan bagi ion dan molekul polar tidak bermuatan agar dapat melintasi dua lapisan lipid hidrofobik dari membran sel. Difusi ADP ke dalam dan ATP keluar dari mitokondria juga memerlukan difusi terbantu. Dalam semua proses difusi terbantu, molekul bergerak ke arah gradien konsentrasi.

## 2. Osmosis

Pada hakikatnya, osmosis merupakan suatu proses difusi. Osmosis adalah difusi dari tiap pelarut melalui suatu selaput yang permeabel secara diferensial. Pelarut universal adalah air. Jadi, dapat dikatakan bahwa osmosis adalah difusi air melalui selaput yang permeabel secara diferensial dari pelarut berkonsentrasi tinggi (banyak air) ke pelarut yang berkonsentrasi rendah (sedikit air). Proses osmosis akan berhenti jika konsentrasi di dalam dan di luar sel telah seimbang.

Bila sel memiliki konsentrasi zat terlarut lebih tinggi (sedikit air atau hipertonik) daripada di luar sel, maka air yang ada di luar sel akan masuk ke dalam sel. Peristiwa masuknya air ke dalam sel tersebut dapat mengakibatkan pecahnya sel pada sel hewan (hemolisis). Sedangkan, pada sel tumbuhan, sel hanya akan mengembang karena ditahan oleh dinding sel. Konsentrasi air yang tinggi di luar sel disebut *hipotonik*.

Sedangkan, bila sel memiliki konsentrasi zat terlarut lebih rendah (banyak air) daripada di luar sel, maka air yang ada di dalam sel akan keluar sel. Keluarnya air dari sel akan mengakibatkan sel mengerut. Pada sel hewan, mengerutnya sel ini disebut *krenasi*, sedangkan pada sel tumbuhan disebut *plasmolisis*.



Sumber: Encarta Library 2005

**Gambar 1.15**  
Contoh peristiwa osmosis

### 3. Transpor Aktif

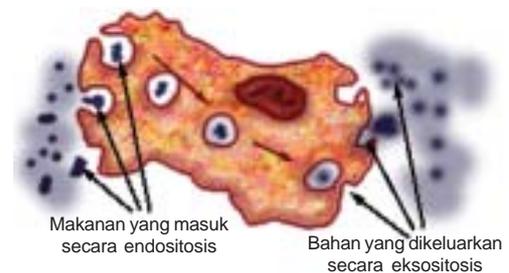
Transpor aktif merupakan gerakan ion dan molekul melawan suatu gradien konsentrasi dengan menggunakan energi untuk masuk atau keluar sel melalui membran sel. Selain memerlukan energi berupa ATP, transpor aktif juga memerlukan enzim untuk memindahkan molekul dan ion dari tempat konsentrasi rendah ke tempat konsentrasi tinggi. Agar enzim dapat berfungsi sebagai pompa, maka enzim tersebut harus dapat mengikat ion dan mengangkut ion dari satu sisi membran ke sisi yang lain.

Molekul gula dan asam amino diangkut secara aktif ke dalam sel menggunakan energi. Energi ini di peroleh dari gradien konsentrasi  $\text{Na}^+$  yang terjadi pada pengangkutan natrium-kalium. Dengan bantuan suatu protein transpor khusus, molekul glukosa dan ion natrium masuk ke dalam sel bersama-sama. Kemudian, natrium tersebut dikeluarkan lagi oleh pompa natrium-kalium. Dengan demikian, pompa natrium-kalium tidak hanya mengangkut secara aktif  $\text{Na}^+$  dan  $\text{K}^+$ , tetapi secara tidak langsung menyediakan energi untuk proses pengangkutan yang lain.

### 4. Endositosis dan Eksositosis

Endositosis adalah suatu mekanisme pengangkutan bahan, seperti makromolekul protein dari cairan di luar sel ke dalam sel dengan membungkus makromolekul tersebut dengan cara melekkukan sebagian dari membran sel ke dalam. Kantung yang terbentuk kemudian melepaskan diri dari bagian luar membran dan membentuk vakuola di dalam sitoplasma. Kemudian, lisosom menyatu dengan vakuola endositik tersebut dan isi dari organel tersebut menjadi satu membentuk lisosom sekunder. Enzim-enzim lisosom akan mencerna makromolekul menjadi bahan yang dapat larut (asam amino, gula, dan nukleotida).

Eksositosis adalah kebalikan dari endositosis. Pada sel-sel yang mengeluarkan protein dalam jumlah yang besar, protein tersebut pertama-tama berkumpul di dalam sebuah kantung yang dilapisi membran di dalam aparat golgi, kemudian bergerak ke permukaan sel, lalu mendekati pada membran sel dan mengosongkan isinya ke luar.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 1.16**  
Endositosis dan eksositosis



Kamu telah mempelajari sel. Hal-hal penting apa sajakah yang harus diketahui dalam mempelajarinya? Catatlah dalam bentuk rangkuman. Kemudian, tukarlah hasil rangkumanmu dengan rangkuman teman. Berikan masukan dan saran pada rangkuman masing-masing.

## Daftar Istilah

<b>Aktin</b>	= protein yang terdapat dalam otot dan menyatu dengan miosin membentuk aktomiosin, terdapat dalam bentuk filamen.
<b>Difusi</b>	= gerakan pasif molekul dalam larutan dari yang berkonsentrasi tinggi ke larutan yang berkonsentrasi rendah.
<b>Eksositosis</b>	= pengeluaran bahan dari dalam sel yang menggunakan energi sel.
<b>Endositosis</b>	= pemasukan bahan ke dalam sel menggunakan energi sel.
<b>Grana</b>	= butir-butir yang terdapat pada kloroplas, mempunyai membran tipis, mengandung klorofil dan karotenoid, ikut aktif dalam proses fotosintesis.
<b>Hipotonik</b>	= sel atau jaringan sel yang memiliki tekanan osmosis lebih rendah dibandingkan lingkungannya.
<b>Histon</b>	= protein basa yang kaya akan arginin dan lisin, terdapat pada DNA nukleus sel-sel eukariotik.
<b>Kloroplas</b>	= plastid hijau yang biasanya berbentuk cakram dan tersusun atas sistem selaput yang mengandung klorofil dan pigmen lain untuk proses fotosintesis.
<b>Krenasi</b>	= sel yang mengalami pengerutan karena kehilangan air.
<b>Nukleus</b>	= suatu massa bulat dan padat di dalam inti sel, terdiri atas protein dan butir-butir asam ribonukleat.
<b>Osmosis</b>	= gerakan pasif molekul dari larutan berkonsentrasi rendah ke larutan berkonsentrasi tinggi.
<b>Plasmolisis</b>	= proses mengerutnya protoplasma dan diikuti dengan penarikan sitoplasma dari dinding sel karena gerakan air keluar sel yang disebabkan oleh osmosis.

## M a r i B e r k o m p e t e n s i

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat di setiap soal-soal berikut.

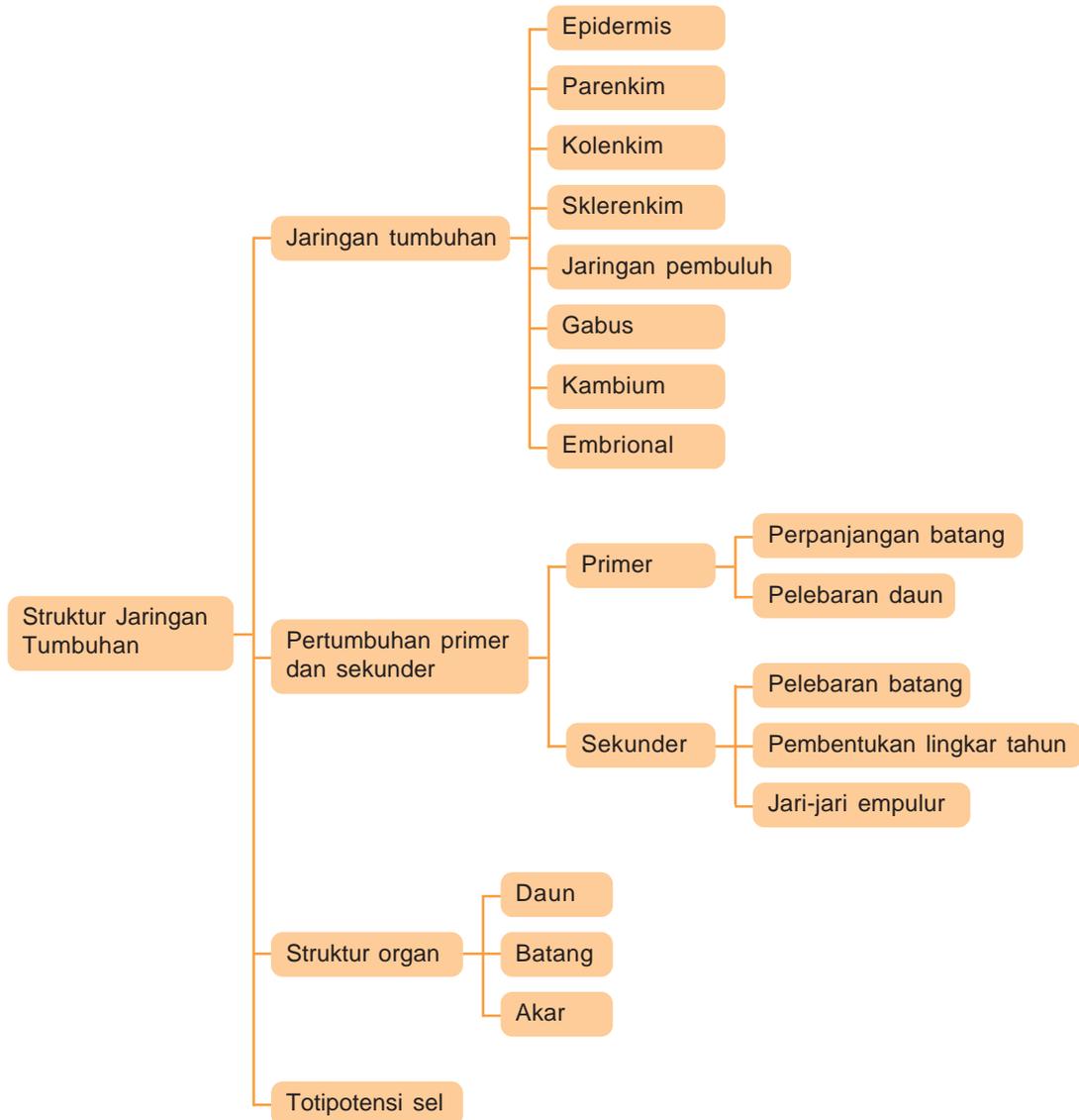
1. Membran sel sangat penting karena berbagai alasan, *kecuali* ....
  - a. bersifat diferensial permeabel
  - b. mengendalikan pertukaran zat antara sel
  - c. menjadi pembatas antara isi sel dengan lingkungan luarnya
  - d. menjadi pembatas antara sitoplasma dan nukleoplasma
  - e. sebagai reseptor
2. Transpor aktif merupakan transpor yang ....
  - a. mengkonsumsi energi untuk mengeluarkan atau memasukkan ion-ion atau molekul melalui membran sel
  - b. mengandalkan perbedaan konsentrasi larutan sebelah dalam dan luar membran sel
  - c. berjalan ke dua arah yang dipengaruhi muatan listrik
  - d. dipengaruhi oleh ion-ion Na dan K tanpa energi
  - e. mengeluarkan energi
3. Sel merupakan satuan fungsi makhluk hidup karena ....
  - a. semua jenis sel mempunyai fungsi yang sama
  - b. melakukan apa yang dilakukan oleh suatu individu organisme sebagai keseluruhan
  - c. semua makhluk hidup terdiri atas sel-sel
  - d. semua sel mempunyai jumlah dan macam organel yang sama
  - e. Sel adalah unit terkecil makhluk hidup
4. Enzim-enzim yang belum aktif dibentuk dalam organel ....
  - a. golgi kompleks
  - b. retikulum endoplasma
  - c. lisosom
  - d. mitokondria
  - e. ribosom
5. Peristiwa difusi merupakan ....
  - a. gerakan molekul dari ruang hampa ke ruang yang berisi udara
  - b. gerakan molekul tanpa melalui selaput permeabel
  - c. gerakan molekul dari daerah kerapatan rendah ke daerah kerapatan tinggi
  - d. gerakan molekul dari daerah kerapatan tinggi ke kerapatan rendah
  - e. gerakan molekul melalui selaput permeabel
6. Organel yang berfungsi untuk membentuk gelondong pembelahan pada hewan adalah ....
  - a. sentriol
  - b. lisosom
  - c. mikrofilamen
  - d. mikro tubulus
  - e. mitokondria
7. Organel yang berfungsi menghasilkan energi adalah ....
  - a. badan golgi
  - b. peroksisom
  - c. ribosom
  - d. mitokondria
  - e. sentriol
8. Berikut ini adalah organel-organel yang hanya terdapat pada tumbuhan, *kecuali* ....
  - a. kloroplas
  - b. dinding sel
  - c. vakuola
  - d. sentriol
  - e. plastida
9. Protein dihasilkan oleh organel ....
  - a. mitokondria
  - b. ribosom
  - c. badan golgi
  - d. peroksisom
  - e. sentriol

10. Organel sel yang disebut kantung pembunuh diri adalah ....
  - a. badan golgi
  - b. mitokondria
  - c. retikulum endoplasma
  - d. lisosom
  - e. ribosom
11. Organ sel yang berperan mengarahkan kromosom ke kutub pada saat pembelahan sel adalah ....
  - a. nukleolus
  - b. nukleus
  - c. badan golgi
  - d. sentriol
  - e. ribosom
12. Membran plasma terdiri atas komponen berikut, *kecuali* ....
  - a. glikolipida
  - b. karbohidrat
  - c. fosfolipida
  - d. glikoprotein
  - e. sterol
13. Krista terdapat pada organel ....
  - a. badan golgi
  - b. mitokondria
  - c. lisosom
  - d. ribosom
  - e. nukleus
14. Keluarnya air dari sel akan menyebabkan sel mengkerut. Pada sel hewan peristiwa mengkerutnya sel ini disebut ....
  - a. plasmolisis
  - b. hemolisis
  - c. krenasi
  - d. hipotonik
  - e. endositosis
15. Peristiwa mengkerutnya sel pada sel tumbuhan karena air keluar dari sel disebut ....
  - a. plasmolisis
  - b. hemolisis
  - c. krenasi
  - d. hipotonik
  - e. endositosis

**B. Jawablah soal-soal berikut dengan singkat dan jelas.**

1. Apa perbedaan antara transpor aktif dan transpor pasif? Jelaskan dan beri contoh.
2. Organel apa yang berkaitan dengan respirasi atau daur Krebs?
3. Mengapa lisosom pada suatu ketika dapat berfungsi sebagai kantong pembunuh diri?
4. Jika nukleus merupakan pengendali seluruh kegiatan sel, bagaimana hal ini dapat dibuktikan?
5. Organel atau bagian apa yang dimiliki oleh sel tumbuhan, tetapi tidak dimiliki oleh sel hewan? Mengapa tumbuhan harus memiliki organel tersebut, sedangkan hewan tidak?

Peta Konsep





Sumber: Encarta Library 2005

**Gambar 2.1**  
Pohon oak

Pernahkah kamu melihat pohon *oak*? Pohon *oak* memiliki kulit yang sangat tebal sehingga dapat terlupas tanpa melukai pohon. Kulit kayu ini terbuat dari gabus. Lapisan gabus ini dibentuk oleh jaringan gabus. Masih ingatkah kamu, apa yang dimaksud dengan jaringan? Pada tumbuhan terdapat beberapa jenis jaringan, seperti jaringan epidermis, parenkim, kolenkim, sklerenkim, pembuluh, dan gabus. Jaringan-jaringan ini berkelompok membentuk organ tumbuhan, seperti batang, akar, daun, dan buah.

Untuk mengetahui struktur tumbuhan diperlukan pengetahuan tentang jaringan. Sekarang, kamu akan mempelajari jaringan tumbuhan Angiospermae (tumbuhan berbiji tertutup) yang terdiri atas tumbuhan monokotil dan dikotil. Kedua tumbuhan tersebut memiliki struktur yang berbeda. Setelah mempelajari bab ini kamu akan mengetahui struktur dan fungsi jaringan tumbuhan. Mari cermati uraiannya.

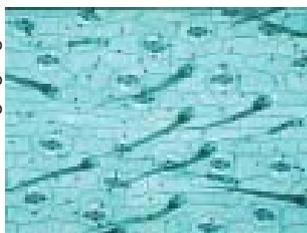
## A Jaringan Tumbuhan

Organ akar, batang, dan daun tumbuhan tersusun atas berbagai jaringan. Jaringan merupakan kelompok sel sejenis yang mempunyai bentuk dan fungsi yang sama. Jaringan pada tumbuhan terdiri atas jaringan epidermis, parenkim, meristem, jaringan pengangkut berupa xilem dan floem, serta jaringan penyokong. Jaringan-jaringan ini akan membentuk struktur tubuh pada tumbuhan.

### 1. Jaringan Epidermis

Jaringan epidermis tumbuhan merupakan jaringan yang terdiri atas sel-sel berbentuk empat persegi panjang dan terdiri atas satu lapis sel. Epidermis menutupi permukaan organ daun, batang, dan akar muda. Pada akar dan daun, permukaan epidermis biasanya ditutupi zat kimia (*kutikula*) yang berfungsi untuk mengurangi penguapan tanaman. Pada dinding sel epidermis tidak terjadi fotosintesis, karena tidak memiliki kloroplas, dan susunan antarselnya pun cukup rapat.

Pada organ tumbuhan tertentu, epidermis dapat mengalami modifikasi. Contohnya pada akar memiliki modifikasi berupa tonjolan keluar yang disebut *rambut akar*, pada bunga mawar, modifikasi berupa duri atau spina.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 2.2**  
Epidermis daun

## 2. Jaringan Parenkim

Jaringan parenkim adalah jaringan yang memiliki bentuk sel segienam dan memiliki diameter yang sama ke berbagai arah (isodiametrik). Jaringan parenkim memiliki dinding sel yang tipis dengan ruang interseluler yang cukup banyak. Letak inti sel mendekati dasar sel (bersifat basalis). Jaringan parenkim disebut juga jaringan dasar, karena jaringan ini dapat berdiferensiasi menjadi jaringan lain. Dasar metabolisme dan reproduksi pada tumbuhan berasal dari aktivitas jaringan parenkim. Jaringan parenkim pada batang muda banyak yang mengandung kloroplas yang dinamakan *klorenkim*.

Sel parenkim berperan untuk menyimpan cadangan makanan. Cadangan makanan ini dapat ditemukan berupa larutan dalam vakuola atau dalam bentuk partikel padat maupun cair pada sitoplasma (lihat Gambar 2.3a).

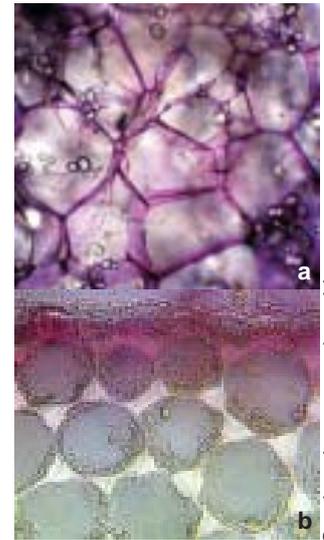
## 3. Jaringan Kolenkim

Ukuran dan bentuk sel kolenkim cukup beragam (lihat Gambar 2.3b). Pada umumnya, sel ini berbentuk segienam. Pada potongan membujur, sel ini terlihat memanjang. Dinding sel kolenkim telah mengalami penebalan oleh selulosa dan pektin. Penebalan yang terjadi tidak merata, biasanya terjadi pada bagian sudut-sudut sel. Adanya penebalan selulosa dan pektin pada jaringan kolenkim dapat meningkatkan kekuatan jaringan atau organ sehingga jaringan kolenkim disebut juga jaringan penyokong. Selain itu, dengan adanya penebalan selulosa dan pektin membuat tumbuhan menjadi lentur. Sehingga, tidak mudah patah jika ada hembusan angin. Jaringan kolenkim adalah jaringan pertama hasil diferensiasi jaringan parenkim.

## 4. Jaringan Sklerenkim

Jaringan sklerenkim adalah jaringan yang tersusun atas sel-sel yang mengalami penebalan dinding sekunder berupa lignin. Sel sklerenkim dapat berbeda bentuk, asal, dan perkembangannya. Berdasarkan bentuk sel penyusunnya, sklerenkim dibedakan menjadi dua macam, yaitu *sklereid* dan *serabut* (serat).

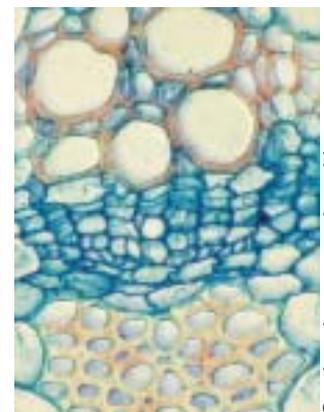
Sklereid adalah jaringan sklerenkim yang bentuk selnya membulat dengan penebalan dinding sel yang tebal. Pada sebagian besar tumbuhan, sklereid terbentuk sebagai kumpulan sel yang padat di bagian dalam jaringan parenkim yang lunak. Biasanya, sel ini sudah mati dan ditemukan pada sel-sel penyusun tempurung kelapa (*Cocos nucifera*).



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 2.3**

- (a) Jaringan parenkim  
(b) Jaringan kolenkim



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 2.4**  
Jaringan sklerenkim

Serabut ditemukan di berbagai tempat pada tumbuhan. Serabut sklerenkim terdiri atas sel-sel yang memanjang dengan dinding sel yang tebal dan ujungnya lancip. Antara sel yang satu dengan sel yang lain saling menyambung. Adanya lapisan dinding sekunder, berupa lignin pada jaringan sklerenkim dapat memperkuat tubuh tanaman sehingga jaringan sklerenkim termasuk jaringan penyokong.

## 5. Jaringan Pembuluh

Jaringan pembuluh pada tumbuhan ada dua macam, yaitu pembuluh kulit kayu atau disebut juga pembuluh tapis (floem) dan pembuluh kayu (xilem). Mari cermati uraiannya.

### a. Floem

Floem tersusun oleh kelompok sel yang memiliki bentuk, seperti piramid. Floem tersusun atas parenkim floem, serabut floem, buluh floem (buluh tapis), dan sel pengiring.

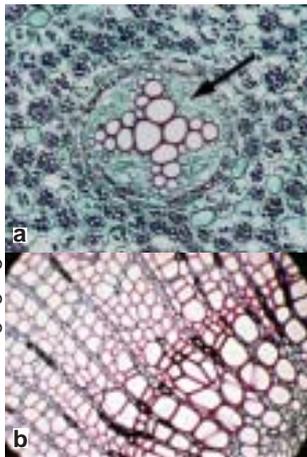
Parenkim floem berfungsi sebagai tempat menyimpan cadangan makanan dan untuk memisahkan antara floem yang satu dengan floem yang lain. Serabut floem merupakan jaringan sklerenkim yang berfungsi memperkuat pembuluh floem. Buluh floem (buluh tapis), yaitu suatu saluran atau pembuluh yang berperan mengangkut hasil fotosintesis dari daun ke seluruh tubuh tanaman. Sel pengiring (*companion cell*) adalah sel yang terletak sepanjang tubuh floem. Sel ini berfungsi menyuplai makanan ke sel-sel lain yang masih hidup.

### b. Xilem

Berkas pembuluh xilem (pembuluh kayu) terdiri atas buluh kayu, trakeid dan *serabut xilem*. Buluh kayu adalah sel mati yang bentuknya memanjang berupa saluran. Saluran yang satu dengan saluran yang lain saling menyambung. Saluran ini berfungsi untuk mengangkut air dan garam mineral dari akar ke seluruh tubuh tanaman.

Trakeid merupakan komponen penyusun berkas pembuluh xilem yang tersusun atas sel-sel berbentuk lancip dan panjang dengan dinding sel yang berlubang-lubang. Dinding trakeid memiliki pori untuk meneruskan air dan mineral ke sel di sekitarnya.

Serabut kayu atau serabut xilem berbentuk panjang dengan ujung-ujungnya saling berhimpit. Serabut xilem ukurannya lebih kecil dan lebih lancip daripada trakeid.



Sumber: Image.google.co.id

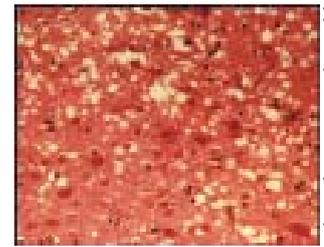
**Gambar 2.5**

- (a) Floem
- (b) Xilem

## 6. Jaringan Gabus

Sel gabus memiliki bentuk memanjang dan dinding selnya bergabus. Sel gabus banyak ditemukan di permukaan luar batang. Cabang dan akar lapisan gabus memiliki pori-pori, seperti spons yang berfungsi untuk melindungi organ tanaman dari kekeringan.

Lapisan gabus yang tebal terdapat pada batang yang tua, sel-selnya sudah mati, dan protoplasmanya sudah hilang sehingga diisi dengan udara. Hal ini menyebabkan gabus menjadi ringan. Sel gabus memiliki fungsi melindungi organ dari gangguan mekanik.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 2.6**  
Jaringan gabus

## 7. Jaringan Kambium

Jaringan kambium merupakan jaringan dewasa yang bersifat meristimatis atau aktif membelah. Pada tanaman terdapat *kambium gabus* atau *felogen*. Kambium gabus atau felogen adalah kambium yang terletak di bawah epidermis batang dan akar yang tua.

Felogen yang bekerja ke arah luar membentuk zat gabus sehingga menutupi epidermis yang dinamakan *felem*. Felogen yang aktivitasnya ke arah dalam dinamakan *feloderm*.

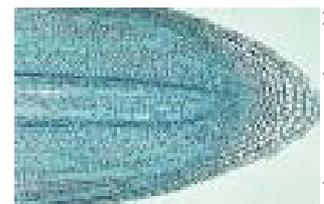
Di antara floem dan xilem atau antara kayu dan kulit kayu, terdapat *kambium pembuluh* atau *kambium fasis*. Kambium fasis ke arah luar membentuk kulit kayu, sedangkan ke arah dalam membentuk kayu. Pada masa pertumbuhan aktivitas kambium ke arah dalam lebih aktif dibandingkan ke arah luar. Hal ini menyebabkan kulit kayu lebih tipis dari kayu. *Kambium interfasis* adalah kambium yang terdapat di antara berkas pembuluh dan dapat membentuk jari-jari empulur.

## 8. Jaringan Embrional

Pada tumbuhan terdapat dua titik tumbuh, yaitu titik tumbuh akar dan titik tumbuh batang. Pada kedua titik tumbuh tersebut terdapat sel-sel yang aktif membelah dan bersifat meristematis.

Daerah meristem terletak di belakang tudung akar. Meristem apikal merupakan pusat pembelahan sehingga dihasilkan sel-sel meristem primer. Di belakang sel-sel meristem terletak daerah pemanjangan yang berfungsi menyimpan cadangan makanan dan berperan menekan ujung akar agar memanjang.

Titik tumbuh batang terletak pada ujung tanaman. Titik tumbuh batang disebut juga meristem apikal batang. Meristem apikal batang dibentuk oleh sel-sel yang membelah pada ujung tunas.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 2.7**  
Meristem apikal akar

## B

### Pertumbuhan Primer dan Sekunder

Pertumbuhan pada tanaman dikotil dapat dibedakan menjadi *pertumbuhan primer* dan *pertumbuhan sekunder*. Pertumbuhan primer, yaitu pertumbuhan yang berasal dari aktivitas titik tumbuh. Sedangkan, pertumbuhan sekunder adalah pertumbuhan yang berasal dari aktivitas kambium.

Pertumbuhan primer meliputi pertumbuhan atau pembentukan epidermis, korteks, floem primer, xilem primer, dan empulur. Pertumbuhan primer menyebabkan perpanjangan batang dan pelebaran daun. Hal ini terjadi, karena pembelahan sel parenkim, pembentukan cabang, dan pembentukan daun.

Pertumbuhan sekunder menyebabkan pelebaran batang, pembentukan lingkaran tahun, dan jari-jari empulur. Jari-jari empulur adalah jaringan parenkim yang menghubungkan kulit kayu dengan empulur.

## C

### Struktur Organ

Organ tumbuhan terdiri atas daun, batang, akar, bunga, dan buah. Berikut ini akan dibahas berbagai organ pada tumbuhan, kecuali buah tidak akan dibahas pada subbab ini. Mari cermati uraian berikut ini.

#### 1. Daun

Secara morfologis dan anatomi, daun merupakan organ tumbuhan yang paling bervariasi. Daun dapat dibedakan, menjadi beberapa bagian, yaitu *pangkal daun*, *tangkai daun*, dan *helaian daun*. Bentuk, struktur, dan ukuran daun pada tumbuhan berbeda-beda. Hal ini, digunakan untuk klasifikasi tumbuhan. Daun tersusun atas tiga tipe sistem jaringan, yaitu *epidermis*, *mesofil*, dan *jaringan pembuluh*.

##### a. Epidermis

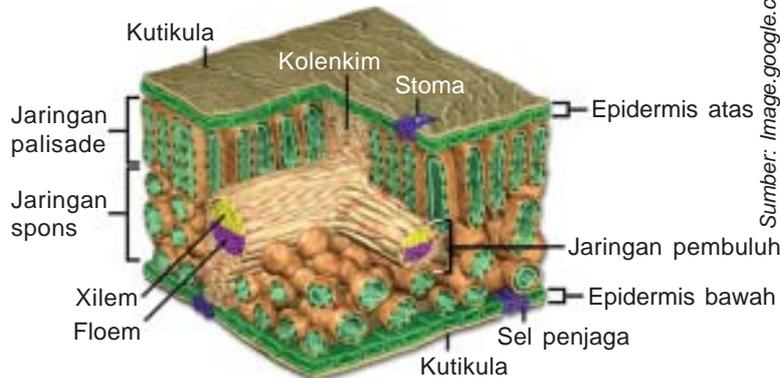
Daun memiliki epidermis pada bagian permukaannya, baik permukaan atas, dinamakan *permukaan adaksial*, maupun pada permukaan bawah, yang dinamakan *permukaan abaksial*.

Sel epidermis umumnya tersusun rapat membentuk suatu lapisan yang kompak, tanpa ruang interseluler. Pada beberapa tumbuhan, sel-sel epidermis memanjang yang disebut sel panjang. Di sebelah atas tulang daun terdapat sel pendek yang terdiri atas dua tipe sel, yaitu *sel silika* dan *sel gabus*.

Pada epidermis terdapat hubungan yang putus-putus oleh suatu lubang yang sangat kecil. Bagian tersebut adalah ruang antarsel yang dibatasi oleh dua sel khusus yang disebut *sel*

*penjaga*. Sel penjaga bersama-sama membentuk *stroma*. Jadi, stomata terdiri atas sel penutup yang berkloroplas, sel yang tidak berkloroplas, dan celah stomata.

Stomata berfungsi dalam pertukaran gas dan penguapan air. Pada tumbuhan darat, stomata umumnya terletak pada bagian bawah permukaan daun. Sedangkan, pada tumbuhan air, stomata terletak pada permukaan atas daun (mari perhatikan Gambar 2.8).



**Gambar 2.8**  
Anatomi daun

### b. Mesofil

Mesofil adalah jaringan yang bersifat parenkim, di sebelah dalam epidermis. Mesofil terdiri atas *jaringan palisade* dan *jaringan bunga karang* (jaringan spons). Kedua jaringan tersebut banyak mengandung kloroplas sehingga menjadi tempat terjadinya fotosintesis. Jaringan palisade terletak langsung di bawah epidermis, tetapi kadang-kadang ada hipodermis di antara epidermis dan jaringan palisade.

Sel-sel parenkim bunga karang bentuknya beragam, dapat menyerupai sel-sel palisade, karena diameternya hampir sama atau dapat pula memanjang sejajar dengan arah permukaan daun. Pada jaringan spons terdapat ruang antar sel (sel-selnya tidak rapat). Pada jaringan spons, terdapat kloroplas yang jumlahnya lebih sedikit dibandingkan jaringan palisade. Ciri khas sel-sel parenkim bunga karang ialah adanya cuping-cuping yang menghubungkan sel-sel di sebelahnya.

### c. Jaringan pembuluh

Jaringan pembuluh pada daun terdapat pada tulang daun. Selain itu, pada daun terdapat urat-urat halus yang berperan sebagai pembuluh nadi yang membawa makanan ke seluruh tubuh. Tulang daun berfungsi untuk menguatkan daun. Selain itu, urat-urat daun pada tumbuhan berperan sebagai kerangka daun.



Perhatikan tumbuhan yang ada di sekitarmu. Ambillah daunnya dan gambarkan bentuk daun tersebut. Mengapa bentuk daun berbeda-beda? Diskusikan dengan temanmu.



Kamu dapat mengetahui umur sebuah pohon tanpa harus memotongnya untuk menghitung cincin-cincinnya. Sebagian besar pohon tumbuh dengan menambah ketebalan kira-kira 2,5 cm setiap tahun.

(Ilmu Pengetahuan Tumbuhan, 1995)



Bekerjalah dengan temanmu.

### Judul

Susunan Jaringan pada Daun

### Tujuan

Mengenal susunan jaringan pada daun.

### Alat dan Bahan

- 1) daun yang terdapat di lingkungan sekolah
- 2) air
- 3) kaca objek
- 4) mikroskop
- 5) kaca penutup
- 6) pipet
- 7) silet

### Cara Kerja

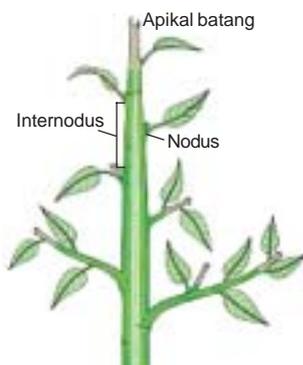
- 1) Siapkan daun yang masih segar, yang tumbuh di lingkungan sekolahmu. Akan lebih baik jika menggunakan daun karet (*Ficus elastica*).
- 2) Irislah setipis mungkin dengan menggunakan silet sehingga diperoleh selaput epidermisnya.
- 3) Siapkan kaca objek yang telah diberi setetes air, kemudian tutuplah dengan menggunakan kaca penutup.
- 4) Periksa di bawah mikroskop, dengan perbesaran lemah terlebih dahulu. Kemudian, untuk mengamati bagian-bagian sel daun dapat menggunakan perbesaran kuat.
- 5) Gambarlah bagian-bagian penampang melintang daun tersebut dan beri keterangan.

Apa yang dapat disimpulkan? Diskusikan hasil kelompokmu dengan kelompok lain.

## 2. Batang

Batang adalah organ tumbuhan yang berfungsi untuk menegakkan tubuh tumbuhan. Selain itu, batang berfungsi menghubungkan bagian akar dan daun. Pada batang terdapat tempat munculnya daun yang disebut buku (*nodus*). Pada setiap buku dapat ditemukan satu, dua, atau lebih daun. Jarak buku yang satu dengan yang lainnya disebut *internodus*. Untuk lebih memahami, mari perhatikan Gambar 2.9.

Sumber: Image.google.co.id



**Gambar 2.9**  
Morfologi batang tumbuhan dikotil

Batang memiliki susunan jaringan epidermis, korteks batang, dan silinder pusat (stele). Bagian batang sebelah luar dibatasi oleh selapis sel rapat yang memiliki bentuk yang khas, memiliki sel penjaga, idioblas, dan berbagai tipe trikoma. Pada tahun pertama, epidermis pada batang digantikan oleh lapisan gabus.

Korteks batang adalah suatu daerah berbentuk silinder di antara epidermis dan silinder pusat. Korteks terdiri atas jaringan parenkim berdinding tipis. Pada beberapa tumbuhan, parenkim batangnya berfungsi sebagai alat fotosintesis.

#### a. Susunan anatomi batang dikotil

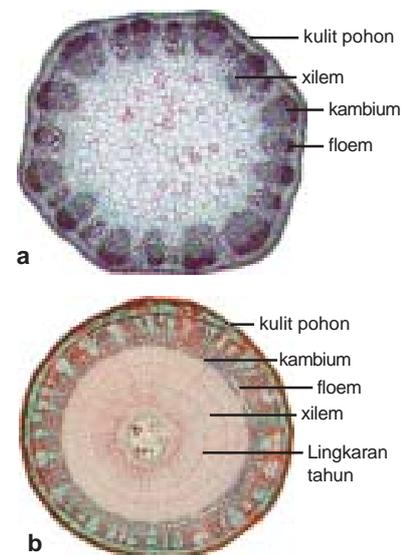
Anatomi batang tumbuhan dikotil terdiri atas kulit kayu, kayu, dan empulur. Empulur sangat sulit ditemukan pada batang kayu yang tua. Kulit kayu bagian terluar memiliki epidermis. Pada bagian epidermis terdapat *kambium gabus (felogen)*. Felogen yang bekerja ke arah luar untuk membentuk lapisan gabus yang menutupi epidermis dinamakan *felem*, sedangkan yang bekerja ke arah dalam dinamakan *feloderm*. Kelompok sel epidermis yang tidak tertutupi zat gabus dinamakan *lentisel* yang berfungsi untuk penguapan dan pertukaran gas. Pada kulit kayu terdapat jaringan parenkim, jaringan penyokong, berkas floem, buluh floem, sel pengiring, dan parenkim floem. Jaringan sklerenkim merupakan penyusun serabut floem.

Berkas pembuluh floem letaknya berdampingan dengan pembuluh xilem. Di antara berkas pembuluh xilem dan floem terdapat kambium pembuluh atau kambium fasis. Kambium fasis merupakan bagian yang memisahkan kulit kayu.

Jika letak floem dan xilem berdampingan, maka tipe ikatan pembuluh tersebut dinamakan *kolateral*. Tipe kolateral dibagi menjadi dua, yaitu *kolateral terbuka* dan *kolateral tertutup*. Disebut kolateral terbuka jika ada kambium di antara floem dan xilem, sedangkan kolateral tertutup, jika di antara floem dan xilem tidak ada kambium.

Batang dikotil memiliki struktur yang khas. Batang dikotil muda dan batang dikotil tua memiliki struktur yang sedikit berbeda. Untuk lebih memahami, mari cermati Gambar 2.10.

Gambar 2.10a adalah penampang melintang batang dikotil muda. Pada gambar tersebut telah terbentuk suatu lingkaran kayu dengan pembuluh angkutan di sekitar empulurnya. Gambar 2.10b adalah batang dikotil yang telah tua. Dari gambar tersebut, kamu dapat melihat lingkaran tahun dan jari-jari empulur yang tampak seperti ruji-ruji.



**Gambar 2.10**  
Struktur batang dikotil  
(a) dikotil muda  
(b) dikotil tua

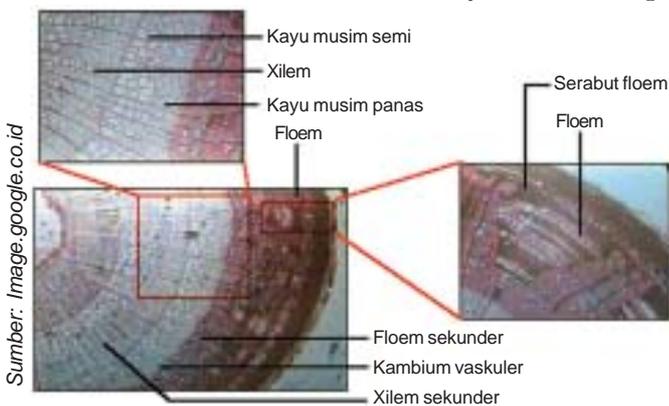
Sumber: Image.google.co.id

Kayu adalah bagian yang terletak antara kambium fasis dengan empulur. Kayu tersusun atas saluran-saluran (trakea) yang merupakan sel mati dan letak ujung-ujungnya saling menyambung. Saluran tersebut berfungsi menyalurkan air dan garam mineral dari akar ke daun.

Pada kayu terdapat trakeid yang bentuk selnya memanjang, ujung-ujungnya lancip, dan ukurannya lebih kecil dari trakea. Trakeid berfungsi menyokong atau memperkuat batang. Kambium fasis membentuk kayu ke arah dalam dan kulit kayu ke arah luar. Aktivitas pembentukan kayu lebih aktif daripada pembentukan kulit kayu. Hal ini mengakibatkan bagian kayu lebih besar dari kulit kayu.

Pembentukan kayu pada musim hujan lebih aktif daripada musim kemarau. Sehingga, menimbulkan batas perbedaan kedua aktivitas pembentukan kayu yang dinamakan *lingkaran tahun*. Pada negara yang memiliki empat musim, setiap tahunnya akan didapatkan empat batas lingkaran tahun.

Empulur merupakan jaringan parenkim yang berfungsi menyimpan cadangan makanan. Empulur ditemukan pada batang yang muda. Empulur tidak ditemukan pada batang yang telah tua, karena empulur makin hilang sejalan dengan pertambahan diameter batang. Untuk lebih memahami, mari perhatikan potongan melintang kayu pada Gambar 2.11.



**Gambar 2.11**  
Potongan melintang kayu dan bagian-bagiannya

### b. Susunan anatomi batang dikotil tanaman herba

Tanaman herba, seperti tanaman kacang-kacangan, bagian luarnya terdapat epidermis. Batang tanaman herba tidak memiliki kambium gabus. Anatomi batang dikotil tanaman herba, tidak begitu berbeda, baik struktur maupun fungsinya.

Perbedaan yang jelas, yaitu aktivitas kambium yang menyebabkan perbedaan jumlah floem dan xilem. Jumlah floem dan xilem yang dibentuk lebih sedikit. Bagian korteks tersusun menyimpan cadangan makanan.

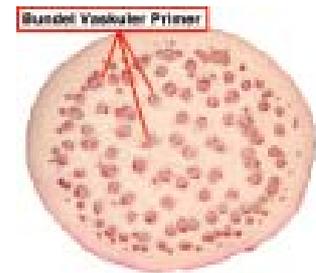
### c. Anatomi batang monokotil

Anatomi batang monokotil sangat berbeda dengan anatomi batang dikotil. Epidermis tanaman monokotil memiliki dinding sel yang tebal. Di bawah epidermis terdapat jaringan tipis yang terdiri atas jaringan sklerenkim yang merupakan kulit batang. Kulit batang berperan memperkuat dan mengeraskan bagian luar batang.

Ikatan pembuluh menyebar di seluruh batang, tetapi yang paling banyak pada daerah yang mendekati kulit batang. Ikatan pembuluh floem berdampingan dengan xilem yang dikelilingi sklerenkim. Tipe ikatan pembuluh ini disebut *vibrovascular*.

Pada monokotil tidak terdapat kambium. Jadi, pertumbuhan yang terjadi hanya memanjang untuk memperbesar batang melalui pembentukan rongga reksigen sehingga pembesaran batang sangat terbatas. Berbeda dengan batang dikotil, anatomi atau struktur batang monokotil muda dan monokotil tua memiliki struktur yang persis sama. Untuk mengetahui struktur batang monokotil, mari perhatikan Gambar 2.12.

Untuk lebih mengetahui tentang struktur batang monokotil, coba kamu lakukan percobaan berikut ini.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 2.12**  
Struktur batang monokotil



*Bekerjalah dengan temanmu.*

**Judul**

Struktur Batang Monokotil

**Tujuan**

Untuk mengetahui struktur sel pada batang monokotil.

**Alat dan Bahan**

- |                                |                 |           |
|--------------------------------|-----------------|-----------|
| 1) kertas isap                 | 5) kaca objek   | 8) pinset |
| 2) anilin sulfat               | 6) kaca penutup | 9) silet  |
| 3) batang muda tumbuhan jagung |                 |           |
| 4) mikroskop                   | 7) kaca penutup |           |

**Cara Kerja**

- 1) Siapkan batang muda tumbuhan jagung yang masih segar.
- 2) Buatlah sayatan melintang setipis mungkin, dengan menggunakan silet pada akar tersebut.
- 3) Simpanlah sayatan tersebut pada kaca objek yang telah ditetesi anilin sulfat.
- 4) Amati preparat tersebut di bawah mikroskop dengan perbesaran kecil. Setelah itu, untuk melihat bentuk-bentuk jaringan pada batang, gunakan perbesaran kuat.
- 5) Gambarlah setiap jaringan yang terlihat dan berilah keterangan bagian-bagiannya. Untuk mempermudah, kamu gunakan buku panduan.

Apa yang dapat disimpulkan? Diskusikan hasil kelompokmu dengan kelompok lain. Kemudian, kumpulkan hasilnya ke guru.

**Mari Berdiskusi**

Mengapa batang tumbuhan dikotil dapat bertambah besar, sedangkan batang tumbuhan monokotil tidak? Diskusikan dengan teman sebangkumu.

### 3. Akar

Akar merupakan bagian bawah tumbuhan yang biasanya berkembang di bawah permukaan tanah. Beberapa tumbuhan ada yang memiliki akar yang tumbuh di udara. Bentuk dan struktur akar sangat beragam. Keadaan ini berkaitan dengan fungsi akar sebagai penyimpan cadangan makanan, akar sukulen, akar napas, dan akar rambut.

Jika biji tumbuhan dikotil berkecambah, pada bagian bawah akan keluar akar. Akar tersebut disebut pula radikula yang akan menembus tanah. Akar ini dinamakan akar primer. Setelah beberapa periode akar akan membentuk akar cabang yang dinamakan *akar sekunder*.

Anatomi akar dapat diamati dengan cara melakukan pemotongan akar secara melintang. Urutan dari luar ke dalam, struktur anatomi akar terdiri atas epidermis, korteks, endodermis, dan silinder pusat (stele).

#### a. Epidermis

Sel-sel epidermis akar berdinding tipis dan biasanya tidak memiliki kutikula. Ciri yang paling khas dari epidermis akar ialah pembentukan rambut akar. Rambut akar merupakan organ yang sangat sesuai untuk pengambilan air dan garam mineral.

#### b. Korteks

Pada bagian sebelah dalam epidermis terdapat *korteks* yang tersusun atas jaringan parenkim yang berperan menyimpan cadangan makanan. Bentuk sel korteks relatif bulat (isodiametris) dengan ruang interseluler yang jelas. Air dan garam-garam mineral dari bulu akar akan melewati sel-sel korteks melalui ruang interseluler. Peristiwa ini disebut transportasi ekstra vasikuler secara apoplas. Sel-sel korteks mengandung cadangan makanan berupa amilum dan substansi lain.

Bagian sebelah dalam korteks terdapat jaringan endodermis yang terdiri atas satu lapis sel dengan dinding sel yang tebal dan mengandung lilin. Endodermis berada di antara silinder pusat dengan korteks.

#### c. Endodermis

Pada dinding sel-sel terdapat plasmodesmata. Endodermis merupakan jaringan yang dapat mengatur pemasukan air ke dalam jaringan angkut yang berada di dalam silinder pusat.

Antara floem dengan xilem terdapat kambium interfasis yang berperan dalam pembentukan jari-jari empulur (jaringan

parenkim yang menghubungkan antara empulur dan kulit kayu). Empulur merupakan jaringan parenkim yang berada di bagian pusat akar atau batang. Pada dinding sel endodermis yang berhubungan dengan sel endodermis lain, terdapat lapisan gabus yang dinamakan *pita kaspari*. Endodermis yang tidak memiliki pita kaspari dinamakan sel *penerus*.

#### d. Stele (silinder pusat)

Sebelah dalam endodermis terdapat daerah silinder pusat yang menempati bagian tengah akar. Jaringan pembuluh primer dikelilingi oleh kumpulan sel yang dinamakan jaringan *perisikel* yang letaknya berdampingan. Jaringan ini merupakan parenkim. Perisikel bersifat aktif membelah (meristematis), seperti kambium sehingga disebut juga *perikambium*, dan mampu membentuk *akar cabang* (*akar sekunder*). Pada bagian dalam perisikel terdapat jaringan sekunder, berkas pembuluh floem, dan xilem. Berkas ini merupakan jaringan sekunder yang dikelilingi oleh jaringan parenkim. Floem dan xilem sekunder dibentuk oleh kambium fasis dan menyebabkan bertambah lebarnya diameter batang. Kambium fasis merupakan batas antara kulit kayu dengan kayu.

Untuk lebih mengenal struktur sel-sel yang menyusun jaringan dalam akar dan mengetahui letak jaring-jaringan pada akar, coba kamu lakukan percobaan berikut ini.



### MANIPULA

Bekerjalah dengan temanmu.

#### Judul

Struktur Sel Akar

#### Tujuan

Untuk mengetahui struktur sel akar.

#### Alat dan Bahan

- 1) akar muda tumbuhan jagung dan kacang tanah
- 2) kertas isap
- 3) anilin sulfat 1%
- 4) kaca objek
- 5) mikroskop
- 6) kaca penutup
- 7) pinset
- 8) silet

#### Cara Kerja

- 1) Siapkan akar muda tumbuhan jagung dan kacang tanah yang masih segar.



Bagaimana cara mengukur umur pohon tanpa menghitung cincinnya?

- Ukurlah keliling batang pohon 1,5 meter dari tanah.
- Bagilah keliling pohon dengan 2,5 cm.

- 2) Buatlah sayatan melintang setipis mungkin dengan menggunakan silet pada akar tersebut.
- 3) Simpanlah sayatan tersebut pada kaca objek yang telah ditetesi anilin sulfat.
- 4) Amati preparat tersebut di bawah mikroskop dengan perbesaran kecil. Setelah itu, untuk melihat bentuk-bentuk jaringan pada akar, gunakan perbesaran kuat.
- 5) Gambarlah setiap jaringan yang terlihat dan berilah keterangan bagian-bagiannya. Untuk mempermudah, kamu gunakan buku panduan.

Apa yang dapat disimpulkan? Diskusikan hasil kelompokmu dengan kelompok lain.

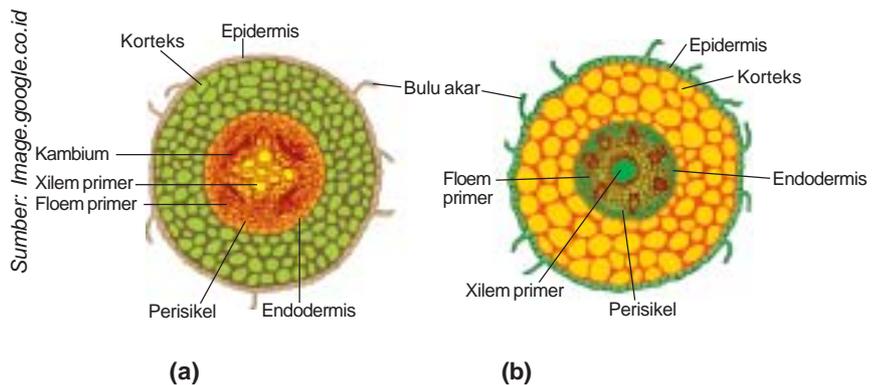
Susunan akar monokotil sedikit berbeda dengan akar tumbuhan dikotil. Berikut ini akan diuraikan akar monokotil dan akar dikotil. Mari cermati uraiannya.

### 1) Susunan anatomis akar dikotil

Akar dikotil memiliki xilem primer. Xilem dikelilingi oleh floem. Setiap sel epidermis dilengkapi pita kaspari yang berfungsi mencegah masuknya air dari korteks ke epidermis (lihat Gambar 2.13a).

### 2) Susunan anatomis akar monokotil

Akar monokotil xilem primer ada yang besar di bagian tengah dan menempati pusat akar yang berukuran kecil berjejer mengelilingi xilem besar. Letak floem primer berselang-seling dengan xilem primer kecil (lihat Gambar 2.13b).



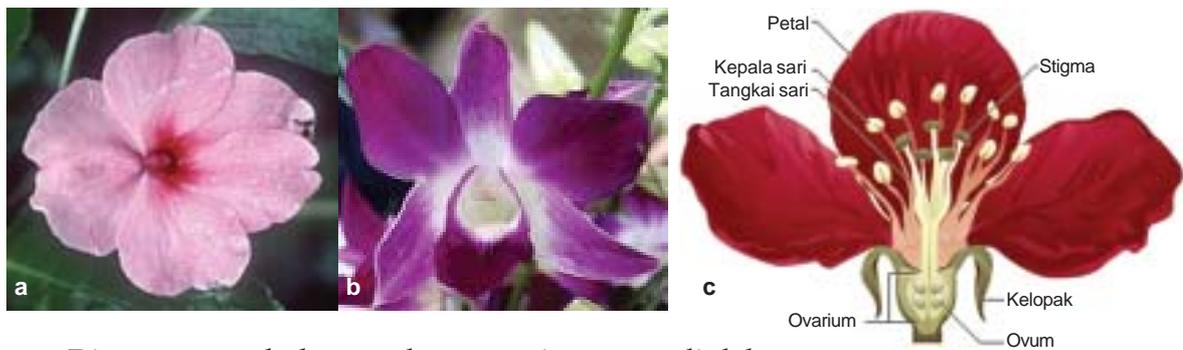
**Gambar 2.13**

- (a) Anatomi akar dikotil muda
- (b) Anatomi akar monokotil muda

## 4. Anatomi Bunga Tumbuhan Monokotil dan Dikotil

Pada dasarnya, anatomi bunga tumbuhan monokotil dan tumbuhan dikotil adalah sama. Bunga merupakan alat reproduksi seksual (generatif).

Bunga terletak pada dasar bunga atau reseptakulum. Pada reseptakulum terdapat kelopak bunga (*kaliks*) yang terdiri atas satuan kelopak bunga (*sepal*). Bagian utama dari bunga adalah mahkota bunga (*corolla*) yang terdiri atas *petal*. Mahkota tumbuhan dikotil umumnya empat atau lima helai. Sedangkan, daun mahkota tumbuhan monokotil tiga atau enam helai. Untuk lebih memahami, mari perhatikan Gambar 2.14.

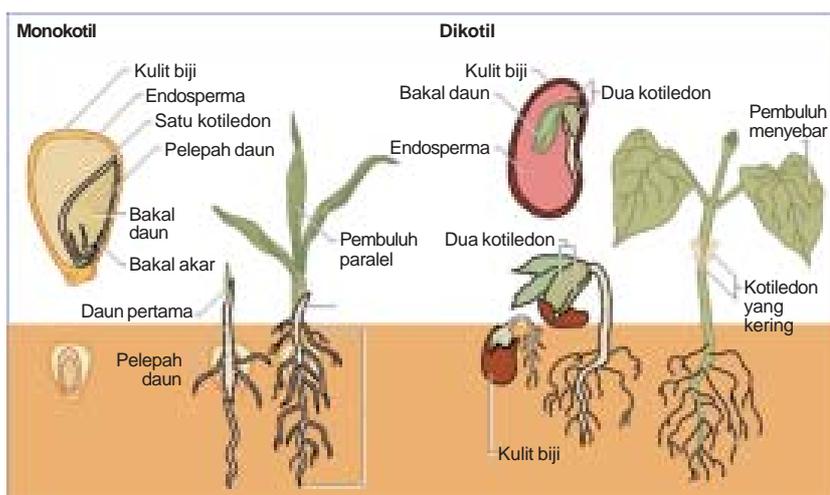


**Gambar 2.14**  
 (a) bunga dikotil  
 (b) bunga monokotil  
 (c) bunga dan bagian-bagiannya

Di atas reseptakulum terdapat ovarium yang di dalamnya terdapat bakal biji (ovum). Ovarium berhubungan dengan putik yang terdiri atas tangkai putik (stigma). Bakal biji melekat pada dinding ovarium dengan plasenta (*funiculus*). Pada bunga terdapat benang sari (alat kelamin jantan) yang terdiri atas kepala sari (*anthera*) dan tangkai sari (*filamen*). Dari anthera dihasilkan serbuk sari atau polen yang mengandung gamet.

## 5. Perbedaan Tumbuhan Monokotil dan Dikotil

Setelah mempelajari struktur tumbuhan monokotil dan dikotil, selanjutnya kamu akan mempelajari perbedaan tumbuhan monokotil dan dikotil. Untuk lebih memahami, mari perhatikan Gambar 2.15.



Perhatikan Gambar 2.15. Setelah itu amati tumbuhan yang ada di sekitarmu. Tentukan jenis tumbuhan yang ada di sekitarmu, apakah termasuk kelompok dikotil atau monokotil. Diskusikan dengan temanmu.

**Gambar 2.15**  
 Perbedaan tumbuhan monokotil dan dikotil

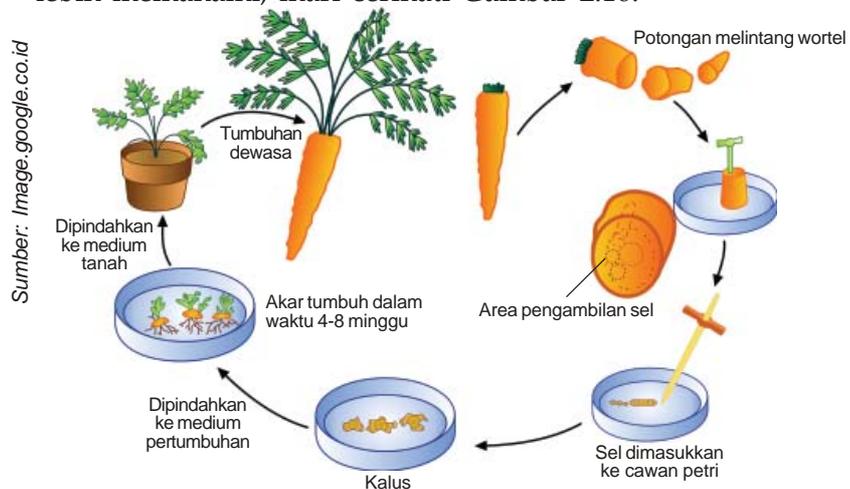
## D Totipotensi Sel

Setelah kamu mengetahui fungsi dan jenis jaringan pada tumbuhan, kamu dapat memanfaatkan jaringan ini untuk memperbanyak sel. Setiap sel dalam satu tumbuhan memiliki informasi genetik yang sama. Sel ini memiliki kemampuan untuk tumbuh menjadi individu baru yang utuh seperti induknya, karena mampu melakukan seluruh aktivitas metabolisme dan mengekspresikan semua informasi genetiknya di bawah kondisi yang memenuhi syarat sehingga dapat membentuk organisme yang lengkap dan terdiferensiasi penuh. Potensi sel ini disebut *totipotensi* atau berpotensi penuh.

Dengan *totipotensi*, satu tanaman dapat di klon menjadi banyak tanaman yang identik. Kemampuan sel ini menyebabkan para ilmuwan tertarik untuk mengembangkan sel atau jaringan tersebut menjadi individu baru. Usaha untuk memperoleh individu baru dari satu sel atau jaringan disebut *kultur jaringan*.

Prinsip dasar kultur jaringan sama dengan stek. Setiap potongan bagian tubuh tumbuhan akan menjadi satu individu baru yang utuh (mikropropagasi). Jika kondisi lingkungan sesuai dan cukup nutrisi, maka setiap irisan bagian tubuh tumbuhan ini akan mampu tumbuh menjadi sejumlah individu yang memiliki sifat yang sama dengan induknya.

Tumbuhan memiliki hormon endogen yang bisa memacu pertumbuhan, seperti *auksin* dan *sitokinin*. Hormon ini akan memacu pembelahan sel tumbuhan sehingga terjadi pertumbuhan. Dengan menambah hormon pertumbuhan (auksin) pada kultur sel, sel-sel atau jaringan ini akan membelah membentuk massa sel-sel kalus yang belum terdiferensiasi. Terdiferensiasi adalah awal proses terbentuknya organ yang ditandai dengan hasil pembelahan sel yang berbeda bentuk polanya ke arah pembentukan organ tertentu. Kemudian, sel-sel kalus tersebut ditumbuhkan menjadi individu baru. Untuk lebih memahami, mari cermati Gambar 2.16.



**Gambar 2.16**  
Sistem kultur jaringan

Pada kultur jaringan, tahap-tahap perkembangan sel somatik menjadi embrio sama dengan pertumbuhan zigot. Bedanya zigot ( $2n$ ) dihasilkan melalui perkawinan sperma dan ovum yang bersifat haploid ( $n$ ). Pertumbuhan embrio ini dimulai dari sel → globular → bentuk jantung → bentuk torpedo → bentuk kotiledon → tumbuhan muda.

Tumbuhan hasil kultur jaringan disebut *klon*. Tumbuhan baru ini dapat dikembangkan di lahan biasa atau pada media hidroponik. Dengan kultur jaringan akan dihasilkan tanaman secara massal tanpa areal yang luas dengan kualitas dengan induknya sehingga kebutuhan pangan masyarakat akan terpenuhi.

Sekarang, kultur jaringan tidak digunakan untuk memperbanyak tanaman tetapi digunakan sebagai bioteknologi untuk mendapatkan tanaman bebas virus, untuk produksi obat, produksi tanaman unggul dan sebagainya.



Setelah kamu mempelajari tentang totipotensi sel sebagai dasar kultur jaringan, coba kamu cari di buku, koran atau sumber lain tentang kelebihan atau kekurangan kultur jaringan dan apa dampaknya di masyarakat. Diskusikan hasilnya dengan kelompok lain.



Kamu telah mempelajari struktur jaringan tumbuhan. Hal-hal penting apa sajakah yang harus diketahui dalam mempelajarinya? Catatlah dalam bentuk rangkuman. Kemudian, tukarlah hasil rangkumanmu dengan rangkuman teman. Berikan masukan dan saran pada rangkuman masing-masing.

## Daftar Istilah

Diferensiasi	= proses perubahan bentuk sel yang disesuaikan dengan fungsinya.
Empulur	= medula atau bagian tengah stele batang dikotil, terdiri atas jaringan parenkim.
Floem	= jaringan pembuluh yang berfungsi mengangkut zat makanan hasil fotosintesis dari daun ke bagian yang lain. Floem terdiri atas unsur-unsur tapis, sel sklerenkim, parenkim dan sel pengiring.
Kambium	= jaringan meristem yang membentuk pertumbuhan sekunder batang dan akar, terdapat di antara floem dan xilem atau antara kulit dan kayu pada tumbuhan dikotil.
Kolateral	= tipe jaringan pengangkut batang dikotil, letak floem mengarah keluar dari xilem.

Klorenkim	= jaringan parenkim yang sel-selnya mengandung banyak kloroplas.
Lentisel	= jaringan spesifik yang terdapat pada periderm, memiliki ruangan antarsel, berpori-pori dan berbentuk lonjong, berfungsi untuk pertukaran gas.
Meristematis	= jaringan yang sel-selnya memiliki kemampuan membelah secara terus-menerus.
Parenkim	= jaringan dasar yang tak terdiferensiasi. Umumnya terdiri atas sel isi diametris berdinding tipis tak berlignin dan berisi protoplasma.
Pertumbuhan primer	= pertumbuhan memanjang batang atau akar karena aktivitas jaringan meristem di ujung batang atau ujung akar.
Pertumbuhan sekunder	= pertumbuhan membesar batang atau akar karena aktivitas kambium.
Sklerenkim	= jaringan dasar hasil modifikasi parenkim, mengalami penebalan lignin di seluruh dindingnya.
Xilem	= jaringan pembuluh yang berfungsi mengangkut air dan zat hara lainnya dari tanah ke daun. Jaringan xilem terdiri atas sel-sel trakea, trakeid, dan parenkim pengiring.

## M a r i B e r k o m p e t e n s i

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat di setiap soal-soal berikut.

1. Pembentukan lapisan gabus pada batang suatu tumbuhan dikotil merupakan aktivitas ....
  - a. perikambium
  - b. prokambium
  - c. perisikel
  - d. endodermis
  - e. felogen
2. Jaringan berikut termasuk silinder pusat batang tumbuhan dikotil, *kecuali* ....
  - a. perisikel
  - b. kambium
  - c. ikatan pembuluh
  - d. endodermis
  - e. empulur
3. Terbentuknya lingkaran tahun pada batang dikotil merupakan aktivitas ....
  - a. kambium
  - b. meristem
  - c. felogen
  - d. dermatogen
  - e. histogen
4. Pembentukan akar cabang pada tumbuhan dikotil merupakan aktivitas ....
  - a. kambium
  - b. perikambium interfasis
  - c. felogen
  - d. dermatogen
  - e. felem
5. Pada waktu mencangkok tanaman kamu harus menghilangkan jaringan-jaringan berikut, *kecuali* ....
  - a. gabus
  - b. perikambium interfasis
  - c. floem
  - d. xilem
  - e. kambium
6. Batang tumbuhan menjadi kuat karena mengandung jaringan-jaringan berikut, *kecuali* ....
  - a. parenkim
  - b. kolenkim
  - c. endoderm
  - d. floem
  - e. xilem
7. Kulit akar atau kulit batang tersusun oleh jaringan-jaringan berikut, *kecuali* ....
  - a. epidermis
  - b. kolenkim
  - c. endodermis
  - d. floem
  - e. xilem
8. Batang tumbuhan memiliki daya lentur tertentu jika dihembus angin karena memiliki jaringan ....
  - a. parenkim
  - b. kolenkim
  - c. sklerenkim
  - d. trakea
  - e. xilem
9. Tumbuhan monokotil dapat dibedakan dari tumbuhan dikotil berdasarkan ciri-ciri khas berikut yang terdapat pada semua struktur di bawah ini, *kecuali* ....
  - a. susunan akar
  - b. susunan anatomi batang
  - c. morfologis bunganya
  - d. sifat haploid sel kelaminnya
  - e. bangun dasar daunnya
10. Pada tanaman dikotil, titik-titik kaspari terdapat jaringan ....
  - a. perisikel
  - b. endodermis
  - c. parenkim
  - d. korteks
  - e. silinder pusat
11. Tempurung kelapa tua sangat keras, karena mengandung jaringan ....
  - a. trakeid
  - b. endodermis
  - c. parenkim
  - d. kolenkim
  - e. sklerenkim
12. Pada batang tumbuhan dikotil, yang membentuk lapisan kayu adalah ....
  - a. xilem
  - b. floem
  - c. empulur
  - d. korteks
  - e. kambium fasis
13. Fungsi jari-jari empulur pada batang tumbuhan dikotil adalah ....

- a. meneruskan air dan garam makanan dari korteks ke stele
- b. membentuk floem dan xilem
- c. memberi makan pada xilem dan floem
- d. melebarkan batang
- e. membentuk empelur

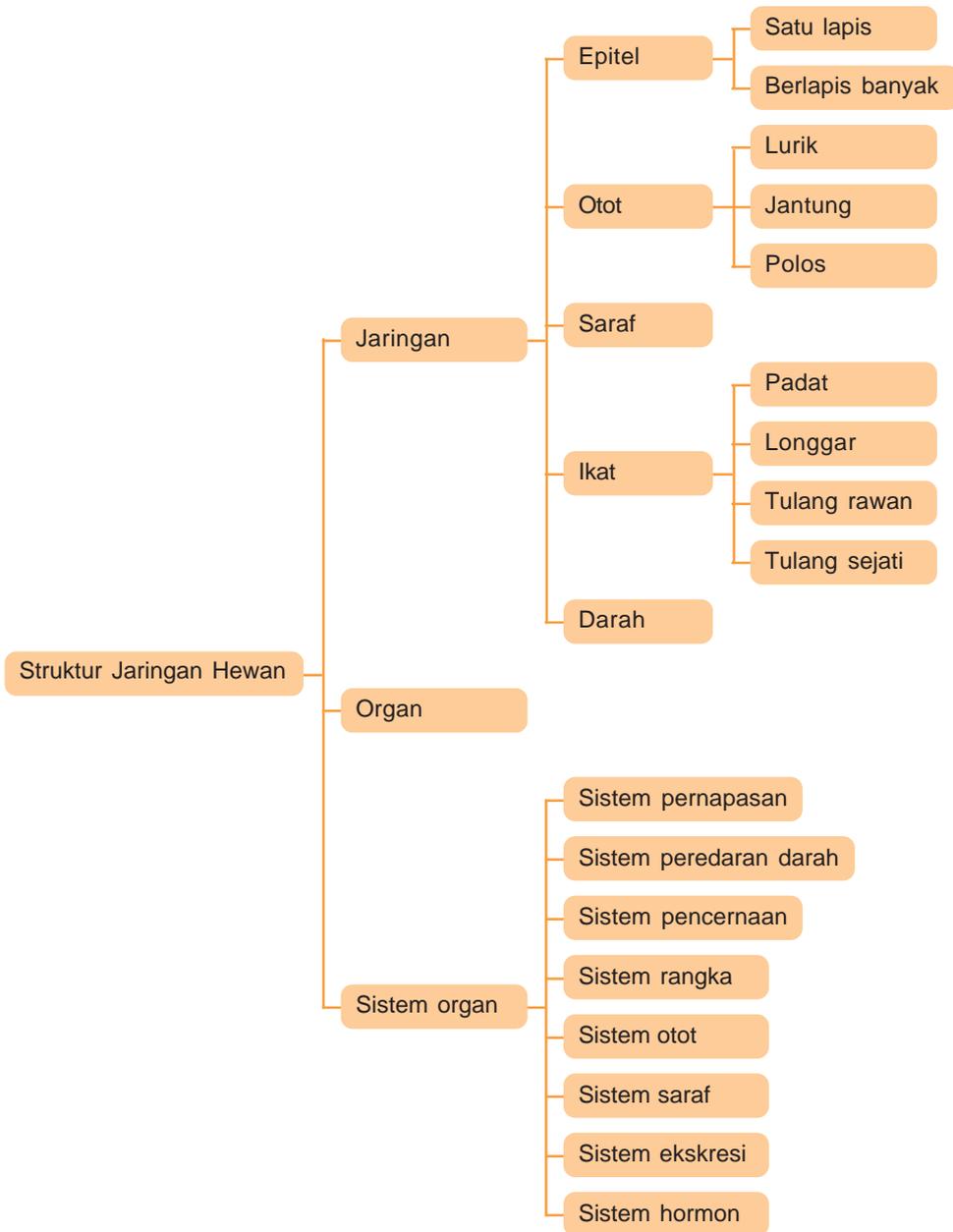
14. Pada batang tumbuhan dikotil dan monokotil tidak ditemukan bagian-bagian berikut, *kecuali* ....
- a. letak ikatan pembuluh
  - b. tipe ikatan pembuluh
  - c. tidak memiliki korteks
  - d. tidak punya silinder pusat
  - e. memiliki floem dan xilem

15. Untuk kultur jaringan, sel diambil dari jaringan ....
- a. meristem
  - b. sklerenkim
  - c. parenkim
  - d. akar
  - e. semua sel tubuh

**B. Jawablah soal-soal berikut dengan singkat dan jelas.**

1. Jelaskan perbedaan batang dikotil tua dan dikotil muda.
2. Jelaskan perbedaan jaringan sklerenkim dan kolenkim.
3. Jelaskan secara singkat jaringan embrional pada ujung akar.
4. Jelaskan istilah-istilah berikut:
  - a. kambium
  - b. internodus
  - c. mesofil
5. Daun tersusun atas tiga tipe sistem jaringan. Jelaskan ketiga sistem jaringan tersebut.

Peta Konsep



Pernahkah kamu melihat hati ayam? Bagaimanakah bentuknya? Hati ayam merupakan organ yang terdiri atas beberapa jaringan, yaitu jaringan epitel, ikat, otot, dan jaringan saraf. Jaringan ini dibentuk oleh sel-sel yang memiliki bentuk dan fungsi yang sama.

Sel merupakan satuan terkecil dari suatu organisme yang dapat melakukan fungsi hidupnya sendiri. Sel menyusun tubuh organisme. Sel-sel mengalami spesialisasi struktural dan fungsional membentuk suatu jaringan tertentu, misalnya jaringan epitel. Jaringan yang berkelompok dan melaksanakan suatu fungsi disebut organ, misalnya organ jantung dan paru-paru. Sedangkan, sistem organ adalah kelompok organ-organ yang melaksanakan fungsi tertentu, misalnya sistem pencernaan dan sistem saraf. Kemudian, kumpulan dari bermacam-macam sistem organ membentuk organisme atau satu individu. Setelah mempelajari bab ini, kamu akan mengetahui tentang struktur dan fungsi jaringan pada hewan. Mari ikuti uraiannya.

## A Jaringan

Sel-sel yang membentuk tubuh hewan tingkat tinggi dan manusia tidak sama, tetapi mengalami diferensiasi dan spesialisasi untuk melaksanakan fungsi tertentu secara lebih efisien daripada yang dapat dilakukan oleh sel yang tidak mengalami spesialisasi. Spesialisasi ini juga mengakibatkan saling ketergantungan beberapa bagian tubuh, jika terjadi luka atau kerusakan sel pada satu bagian tubuh dapat menyebabkan kematian organisme itu.

Keuntungan spesialisasi lebih besar daripada kerugiannya. Sekelompok atau selapis sel-sel tubuh yang mengalami spesialisasi yang sama untuk bersama-sama melaksanakan suatu fungsi khusus disebut *jaringan*. Setiap jaringan terdiri atas sel yang mempunyai bentuk, ukuran, dan susunan yang khas.

Jaringan disusun oleh sel-sel yang memiliki bentuk dan fungsi yang sama. Jaringan yang menyusun tubuh hewan dapat dibagi menjadi empat kelompok, yaitu jaringan epitel, jaringan ikat, jaringan otot, dan jaringan saraf.

Jaringan epitel adalah jaringan yang melapisi permukaan tubuh dan rongga tubuh. Jaringan ikat, yaitu jaringan yang menunjang dan mengisi bagian-bagian tubuh yang lain. Jaringan otot merupakan jaringan yang mengendalikan pergerakan tubuh. Sedangkan, jaringan saraf adalah jaringan yang menerima dan menyampaikan rangsang dari bagian tubuh yang satu ke bagian tubuh yang lain.

## 1. Jaringan Epitel

Jaringan epitel terdiri atas satu lapis atau lapis ganda sel-sel yang menutupi permukaan tubuh atau melapisi ruang-ruang di dalam tubuh. Biasanya terdapat membran dasar nonseluler yang merupakan alas lapisan sel-sel epitel.

Di bagian tubuh luar, jaringan epitel membentuk lapisan pelindung terhadap luka-luka mekanis, bahan-bahan kimia, bakteri, dan terhadap kekeringan. Lapisan epitel dalam saluran pencernaan menyerap air dan zat-zat makanan untuk keperluan tubuh. Lapisan ini dan berbagai lapisan epitel lain menghasilkan dan mengeluarkan sejumlah besar zat-zat. Epitel yang menutupi permukaan tubuh dilalui oleh rangsangan untuk sampai pada reseptor yang khas untuk rangsangan tersebut. Dengan demikian fungsi epitel adalah untuk perlindungan, absorpsi, sekresi, dan rangsangan.

Jaringan epitel mempunyai bentuk sel penyusun yang bermacam-macam tergantung fungsi dan letaknya. Jaringan epitel ini kadang dilengkapi dengan mikrovili, silia, dan flagela. Jaringan epitel dapat dibedakan berdasarkan bentuk sel dan jumlah lapisan penyusunnya, yaitu:

### a. Epitel satu lapis (*simple epithelium*)

#### 1) Epitel pipih satu lapis

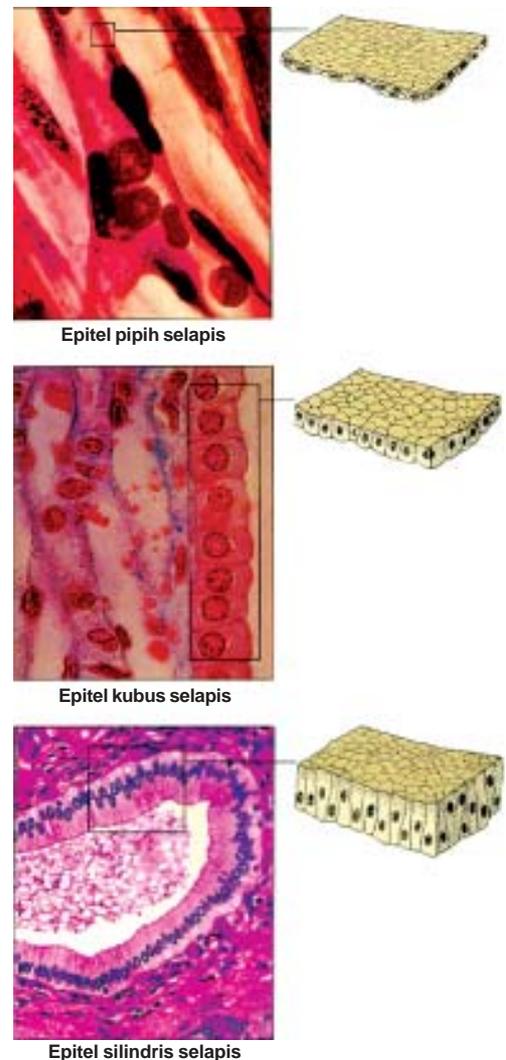
Epitel pipih selapis terdiri atas selapis sel-sel yang berbentuk pipih, seperti ubin. Kerapatan antarsel sangat dekat. Epitel pipih selapis terdapat pada epitel pembuluh limfa dan lapisan endotel pembuluh darah, epitel selaput pembungkus paru-paru, jantung, alveoli, dan perikardium.

#### 2) Epitel kubus satu lapis

Epitel kubus selapis disusun oleh selapis sel-sel berbentuk kubus. Inti sel berbentuk bulat dan besar dan terletak di tengah. Epitel ini terdapat pada kelenjar gondok, permukaan lensa mata, dan ovarium. Fungsi dari epitel kubus selapis adalah melindungi bagian di bawahnya dan sekresi (mengeluarkan zat yang diperlukan tubuh).

#### 3) Epitel silindris satu lapis

Epitel ini berbentuk silinder satu lapis dan mempunyai inti di tengah. Epitel ini terdapat pada dinding usus dan kantung empedu. Pada permukaan sel yang berbatasan dengan lumen, membran sel menonjol membentuk mikrovili sehingga permukaan sel menjadi lebih luas.



**Gambar 3.1**  
Jaringan epitel satu lapis

Sumber: Image.google.co.id

Permukaan sel yang luas ini akan mengoptimalkan absorpsi makanan. Selain berfungsi untuk absorpsi, epitel silinder selapis berfungsi juga untuk proteksi dan sekresi.

### b. Epitel berlapis banyak (*stratified epithelium*)

#### 1) Epitel pipih berlapis banyak

Epitel pipih berlapis banyak terdiri atas dua atau lebih lapisan sel berbentuk pipih. Epitel pipih berlapis banyak terdapat pada lapisan rongga mulut, esofagus, vagina, epidermis, dan ujung uretra. Epitel pipih berlapis banyak berfungsi sebagai proteksi atau perlindungan organ yang dilapisi.

#### 2) Epitel kubus berlapis banyak

Epitel kubus berlapis banyak disusun oleh lebih dari satu lapisan sel, dan memiliki bentuk kubus pada bagian dalamnya. Makin ke arah permukaan, bentuknya semakin pipih. Struktur ini melindungi permukaan jaringan dari gesekan.

Epitel ini terdapat pada kelenjar keringat, kelenjar minyak, dan folikel di ovarium. Hal ini berarti lapisan epitel berfungsi sebagai saluran sekresi dan ekskresi.

#### 3) Epitel silinder berlapis banyak

Umumnya, epitel silinder berlapis banyak terletak pada lapisan luar, sedangkan bagian dalamnya biasanya berbentuk tidak teratur atau kubus. Epitel silinder berlapis banyak terdapat pada saluran ekskresi kelenjar ludah, kelenjar susu, uretra, faring, dan laring.

#### 4) Epitel transisional

Epitel transisional sering disebut epitel peralihan yang memiliki banyak lapisan dan bentuknya berubah-ubah, terutama pada saat jaringan menggelembung. Epitel silinder yang memiliki silia banyak terdapat di saluran pernafasan, kandung kemih, dan ureter. Untuk mengetahui bentuk-bentuk epitel berlapis banyak, cermati Gambar 3.2.

Secara umum, jaringan epitel mempunyai fungsi, antara lain:

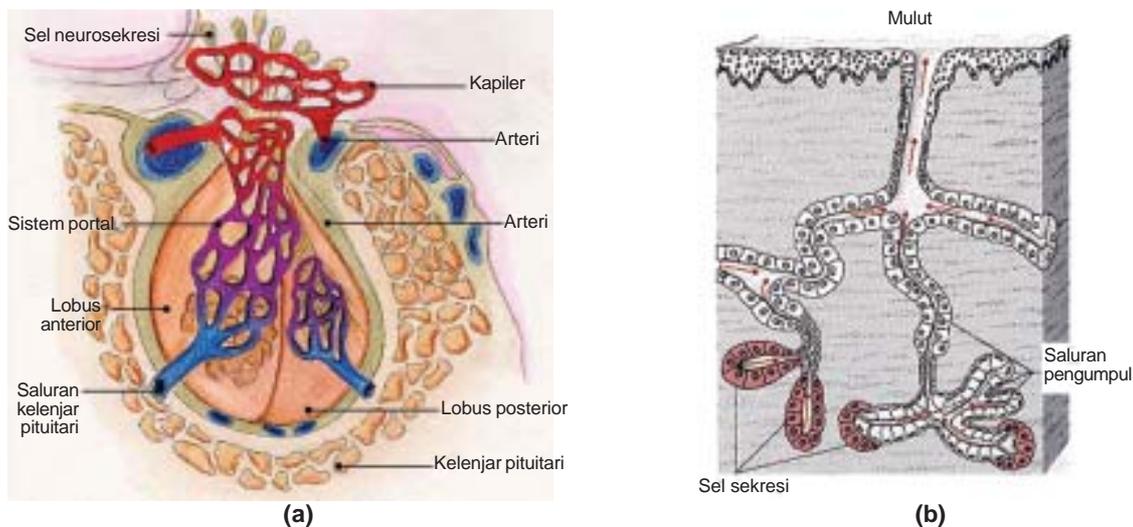
- Epitel sebagai pintu masuk dan keluarnya zat-zat. Epitel menyerap zat ke dalam tubuh dan mengeluarkan zat keluar dari tubuh. Contohnya, epitel jonjot usus yang menyerap makanan dan epitel alveolus yang memasukkan  $O_2$  ke dalam tubuh dan mengeluarkan  $CO_2$  keluar tubuh.
- Epitel sebagai pelindung jaringan yang terdapat di dalamnya. Misalnya, jaringan epitel kulit dan selaput rongga mulut.
- Epitel sebagai penerima rangsang (reseptor) yang disebut *neuroepitelium*.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 3.2**  
Macam-macam epitel berlapis banyak

- d) Epitel sebagai kelenjar. Jaringan ini menghasilkan suatu sekresi cair berupa senyawa makromolekul yang disimpan dalam sel berbentuk butir-butir kecil atau granula sekresi. Epitel kelenjar ini dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:
- (1) Kelenjar eksokrin, menghasilkan senyawa yang dialirkan melalui saluran. Misalnya, kelenjar air liur.
  - (2) Kelenjar endokrin, menghasilkan senyawa yang dialirkan langsung ke darah atau tidak melalui saluran. Misalnya, kelenjar tiroid dan pituitari.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 3.3**  
Kelenjar endokrin (a) dan pada kelenjar eksokrin (b)

## 2. Jaringan Otot

Gerakan hewan umumnya disebabkan oleh kontraksi sel-sel yang berbentuk panjang, silinder, atau gelendong yang masing-masing mengandung serabut kontraktile mikroskopik yang panjang dan paralel disebut *miofibril*. Miofibril ini terdiri atas protein miosin dan aktin. Sel-sel otot melakukan kerja mekanik dengan cara kontraksi menjadi tebal dan pendek. Lapisan membran yang membatasi sel otot disebut *sarkolema*. Sedangkan, bagian sitoplasma sel otot disebut *sarkoplasma*. Berdasarkan strukturnya, jaringan otot dapat dibagi menjadi tiga macam, yaitu otot lurik, otot jantung, dan otot polos. Mari cermati uraiannya.

### a. Otot lurik

Otot lurik adalah otot yang bertaut pada tulang dan menggerakkan tulang-tulang tubuh. Tiap sel otot lurik mempunyai banyak inti sel atau nukleus yang terletak di tepi sel, karena sel-sel ini secara embrionik berkembang dari sel-sel yang lebih kecil yang berfusi antara ujung sel dengan ujung sel yang lain. Sel otot lurik memiliki panjang lebih dari 2 cm, dan tebal serabut otot berkisar dari 10 sampai 100  $\mu\text{m}$ . Aktivitas yang berat dan terus-menerus meningkatkan ketebalan otot.

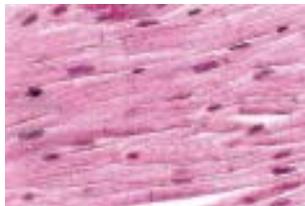


Diskusikan dengan teman sekelompokmu. Apa perbedaan otot rangka, jantung dan lurik? Coba kamu lengkapi Tabel 3.1 di bawah ini.

**Tabel 3.1** Perbedaan otot polos, otot lurik dan otot jantung

Pembeda	otot polos	otot lurik	otot jantung
Sel			
Sifat kerja			
Reaksi terhadap rangsangan			
Letak			

Miofibril otot-otot lurik mempunyai pita-pita melintang gelap (pita anisotrop) berselang terang (pita isotrop) sehingga disebut *lurik*. Otot lurik ini mempunyai peranan yang penting dalam kontraksi. Selama kontraksi, pita yang gelap tetap dan pita terang memendek. Sel otot ini memiliki persediaan energi dalam bentuk ATP dan fosfokreatin. Sedangkan, energi cadangannya berupa glikogen atau gula otot. Otot lurik termasuk otot sadar, artinya kontraksi otot lurik terkendali atau dipengaruhi oleh susunan saraf pusat. Otot lurik dapat berkontraksi dengan cepat, tetapi tidak dapat tetap dalam keadaan kontraksi sehingga otot lurik memerlukan istirahat.



Otot lurik



Otot jantung



Otot polos

Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 3.4**  
Jaringan otot

### b. Otot jantung

Otot jantung memiliki percabangan dan memiliki nukleus banyak yang terletak di tengah sel. Otot jantung memiliki garis gelap dan garis terang yang mirip dengan otot lurik. Garis gelap ini dinamakan *discus intercalaris*. *Discus intercalaris* ini terlihat seperti garis lurus yang membentuk tangga untuk pelekatan aktin dan sarkomer. Sel otot jantung membentuk berkas yang erat sehingga dapat membentuk gelombang kontraksi. Otot jantung bekerja terus-menerus, bereaksi cepat, tahan kelelahan, dan tidak dipengaruhi oleh kehendak (otot tidak sadar).

### c. Otot polos

Sel otot polos berbentuk lonjong yang panjangnya sekitar 30 - 200  $\mu\text{m}$  dengan kedua ujung meruncing, mempunyai satu nukleus yang terletak di tengah. Membran plasmanya disebut *sarkolema*, sedangkan sitoplasmanya sering disebut *sarkoplasma*. Di sekitar inti sel otot polos terdapat banyak mitokondria. Otot polos bereaksi sangat lamban, tetapi dapat bertahan pada keadaan kontraksi yang cukup lama, dan termasuk otot tidak sadar atau bekerja tidak dipengaruhi kehendak. Otot polos terdapat pada dinding saluran pernapasan, saluran pencernaan pembuluh getah bening, dan di kulit.

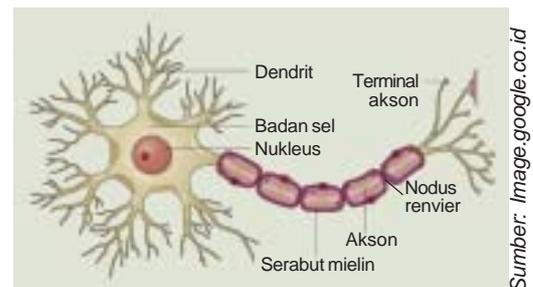
## 3. Jaringan Saraf

Jaringan saraf berperan dalam penerimaan rangsang dan penyampaian rangsang. Jaringan ini berasal dari lapisan ektoderm. Jaringan ini terdapat pada sistem saraf pusat (otak dan sumsum tulang belakang) dan pada sistem saraf tepi. Sel dibagi menjadi dua macam, yaitu sel saraf (neuron) dan sel pendukung (sel glia). Sel yang mengkhususkan diri untuk penerimaan dan transmisi rangsangan disebut *neuron*.

Sedangkan, sel glia merupakan sel-sel yang menunjang dan melindungi neuron.

Suatu neuron terdiri atas badan sel yang membesar secara khas dan mempunyai nukleus dan dua atau lebih penjurulan sitoplasma, serabut saraf, dan jalur yang dilewati rangsangan. Lebar serabut saraf berkisar antara beberapa mikrometer sampai 30 atau 40 mikrometer dan panjangnya berkisar dari 1 mm sampai 1 meter lebih (pada hewan besar, seperti kuda). Ada dua jenis serabut saraf, yaitu akson yang meneruskan rangsangan menjauhi badan sel, dan dendrit yang mendekati atau membawanya ke badan sel. Pertautan antara akson suatu neuron dan dendrit dari neuron lainnya di dalam rantai itu disebut *sinapsis*. Pada sinapsis, akson dan dendrit sebenarnya tidak saling menyentuh, tetapi di antara kedua penjurulan tersebut terdapat celah sempit. Transmisi suatu rangsangan melalui sinapsis memerlukan mekanisme yang berbeda dengan transmisi dalam serabut saraf. Suatu rangsangan hanya dapat melewati sinapsis jika datang dari akson menuju dendrit. Jadi, sinapsis berfungsi sebagai katup yang mencegah arus balik dari impuls.

Tiap serabut saraf akson atau dendrit dikelilingi oleh neurilema atau lapisan mielin. Neurilema adalah membran halus transparan berbentuk tabung yang terbentuk dari sel-sel yang membungkus serabut. Lapisan mielin terbuat dari bahan lemak non seluler yang membentuk lapisan putih mengkilat antara serabut dan neurilema. Pada selubung mielin terdapat sel schwann yang berfungsi membentuk selubung mielin baru. Bagian akson yang tertutupi oleh selubung mielin disebut *nodus renavier*.



Sumber: Image.google.co.id

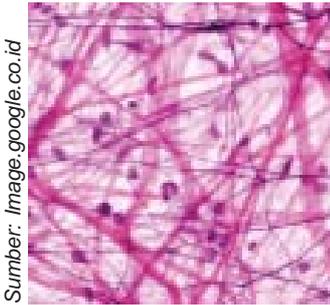
**Gambar 3.5**  
Jaringan saraf tersusun oleh sel-sel (neuron)

## 4. Jaringan Ikat

Jaringan ikat seperti tulang, tulang rawan, tendon, ligamen, jaringan ikat fibrosa dan jaringan lemak berfungsi menyangga dan menyatukan jaringan dan organ-organ lain. Sel-sel jaringan ikat secara khas membuat suatu bahan mati yang disebut *matriks*. Sifat dan fungsi tiap jaringan ikat ditentukan oleh sifat matriks interseluler.

### a. Jaringan ikat longgar

Jaringan ikat longgar memiliki serabut kolagen berwarna putih, serabut elastis, dan serabut retikulum. Contoh sel jaringan ini adalah sel fibroblas, sel plasma, dan sel makrofag. Fungsi jaringan pengikat longgar adalah membungkus organ-organ tubuh, pembuluh darah, dan saraf.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 3.6**  
Contoh jaringan ikat

### b. Jaringan ikat padat

Jaringan ikat padat disebut juga jaringan ikat serabut putih. Jaringan ikat padat mengandung serabut kolagen yang berwarna putih. Di antara serat kolagen terdapat sel fibroblas. Jaringan ini bersifat fleksibel, tetapi tidak elastis.

Jaringan ikat padat terdapat pada selaput pembungkus otot (fascia), tendon, dan ligamen. Ligamen adalah jaringan penghubung antartulang. Tendon adalah ujung otot yang melekat pada tulang.

Jaringan ikat padat memiliki fungsi memberikan sokongan dan proteksi terhadap organ tubuh. Selain itu, jaringan ini menghubungkan berbagai organ tubuh, seperti tulang dengan tulang dan otot dengan tulang.

### c. Jaringan tulang rawan (kartilago)

Jaringan tulang rawan disusun oleh sel-sel tulang rawan (kondrosit) yang dilindungi fibrosa dalam matriks. Matriks tulang rawan mengandung serabut kolagen, serabut elastis, dan serabut fibrosa. Kandungan serabut kolagen yang tinggi makin menguatkan tulang rawan tersebut. Tulang rawan tidak memiliki kapiler darah sehingga mendapat makanan dari jaringan ikat di sekitarnya. Pada anak-anak jaringan tulang rawan berasal dari jaringan pengikat embrional (mesenkim). Sedangkan, tulang rawan pada orang dewasa dibentuk oleh selaput tulang rawan (perikardium). Jaringan tulang rawan dibedakan menjadi tiga macam, yaitu tulang rawan hialin, tulang rawan fibrosa, dan tulang rawan elastis. Untuk lebih mengetahui ketiga tulang rawan tersebut. Mari cermati pembahasan berikut ini.

#### 1) Tulang rawan hialin

Matriks tulang hialin mengandung serabut elastis lebih banyak daripada serabut kolagen. Pada embrio, sebagian besar rangkanya adalah tulang rawan hialin. Sedangkan, pada orang dewasa, tulang rawan hialin terdapat pada ujung tulang rusuk, persendian, dan pada saluran pernapasan. Dalam tubuh manusia, tulang rawan hialin banyak ditemukan berwarna putih kebiru-biruan dan tembus cahaya.

#### 2) Tulang rawan elastis

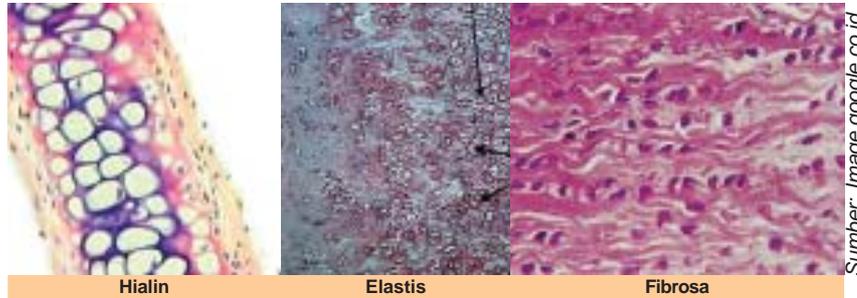
Tulang rawan ini terdapat pada epiglotis, laring, saluran *eustachius*, saluran telinga luar dan daun telinga. Tulang rawan elastis, matriksnya berwarna keruh kekuning-kuningan dan mengandung banyak serabut kolagen. Fungsi tulang rawan elastis ialah memberikan fleksibilitas dan sokongan.



Apa perbedaan antara tulang rawan hialin elastis dan fibrosa? Diskusikan dengan teman sebangkumu.

### 3) Tulang rawan fibrosa

Matriks tulang rawan fibrosa berwarna gelap dan keruh serta mengandung serabut kolagen kasar. Tulang rawan ini terdapat pada hubungan antartulang. Tulang rawan fibrosa berfungsi memberikan sokongan dan proteksi.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 3.7**  
Jaringan tulang rawan

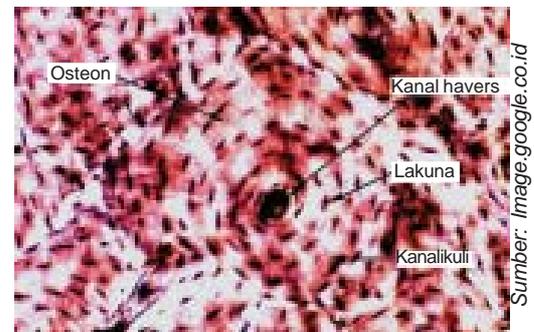
### d. Jaringan tulang sejati (osteon)

Jaringan tulang terdiri atas sel-sel tulang (osteosit) dan matriks tulang. Osteosit dibentuk oleh osteoblas (sel yang bertanggung jawab dalam sintesis komponen organik matriks tulang). Sedangkan, matriks terdiri atas zat pekat kolagen dan endapan garam-garam mineral (terutama garam kapur atau kalsium).

Usia manusia atau hewan yang makin bertambah akan menurunkan kadar kolagen dan meningkatkan kadar zat kapur, proses ini disebut *pengapuran*. Jaringan tulang berfungsi memberi sokongan pada tubuh, melindungi organ-organ tubuh, dan tempat melekatnya otot rangka.

Berdasarkan susunan matriksnya, jaringan tulang dibagi menjadi dua macam, yaitu tulang kompak dan tulang spon. Jaringan tulang kompak matriksnya rapat dan tidak berongga. Sedangkan, jaringan tulang spons matriksnya berongga.

Satu osteon terdiri atas sejumlah lamella konsentris yang mengelilingi kanal havers. Sel-sel tulang terdapat pada lamella di dalam ruang yang disebut *lakuna*.



Sumber: Image.google.co.id

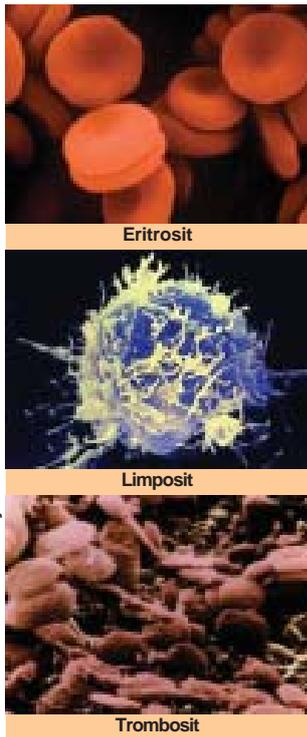
**Gambar 3.8**  
Struktur osteon

### e. Jaringan darah

Jaringan darah terdiri atas plasma darah, sel darah merah, sel darah putih, dan keping-keping darah. Mari cermati uraian berikut ini.

#### 1) Plasma darah

Plasma darah disusun oleh sebagian besar air, protein, senyawa anorganik, dan senyawa organik. Protein plasma



Sumber: Encarta Library 2005

**Gambar 3.9**  
Komponen darah

terdiri atas albumin, globulin, dan fibrinogen. Fibrinogen diperlukan untuk membentuk fibrin dalam proses pembekuan darah. Fungsi plasma darah adalah mengedarkan sari-sari makanan.

## 2) Sel darah merah (eritrosit)

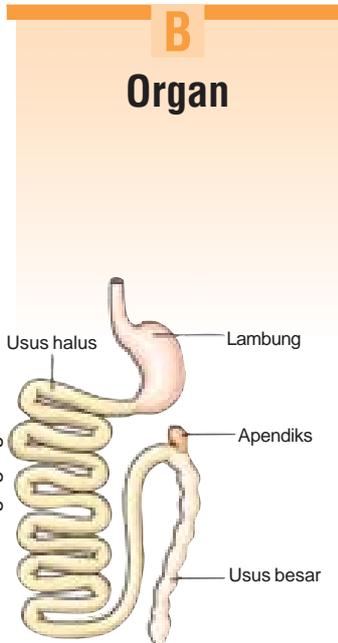
Sel eritrosit berbentuk cakram bikonkaf, dan tidak mempunyai inti. Garis tengah 2 - 7 $\mu$ m. Dalam eritrosit terdapat hemoglobin yang berfungsi mengikat O<sub>2</sub> dan membentuk oksihemoglobin. Eritrosit dibentuk dalam sumsum tulang merah.

## 3) Sel darah putih (leukosit)

Sel darah putih dibagi menjadi dua kelompok, yaitu granulosit (terdapat granula protein) dan agranulosit (tidak memiliki granula protein). Granulosit dibagi menjadi eosinofil, neutrofil, dan basofil. Sedangkan, agranulosit terbagi menjadi monosit dan limfosit. Leukosit berperan dalam pertahanan seluler.

## 4) Trombosit

Trombosit atau keping-keping darah berbentuk cakram dengan garis tengah 2 - 5  $\mu$ m dan tidak berinti. Trombosit mengandung enzim trombokinase yang berperan dalam pembekuan darah.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 3.10**  
Contoh organ

Suatu organ tersusun atas berbagai jenis jaringan untuk melakukan suatu fungsi tertentu. Contohnya, usus yang terdiri atas berbagai jenis jaringan. Usus memiliki empat lapisan utama, yaitu lapisan serosa, otot, lapisan submukosa dan lapisan mukosa. Lapisan serosa terdiri atas jaringan ikat longgar dan jaringan epitel pipih.

Lapisan otot tersusun atas jaringan otot polos yang di dalamnya terdapat pembuluh darah limfa dan saraf. Lapisan submukosa tersusun oleh pembuluh darah limfa, saraf, dan jaringan ikat longgar. Sedangkan, lapisan mukosa tersusun atas jaringan epitel, jaringan ikat longgar, dan jaringan otot polos. Berbagai jaringan penyusun organ pencernaan (usus) menjalankan fungsi yang sama, yaitu mencerna dan menyerap makanan.

## C Sistem Organ

Organ-organ bergabung menjalankan fungsi fisiologis tertentu untuk tujuan yang sama dalam suatu sistem organ. Masing-masing organ merupakan suatu komponen yang tidak terpisahkan dalam sistem tersebut. Dalam tubuh hewan vertebrata terdapat sembilan sistem organ, yaitu:

### 1. Sistem Pernapasan

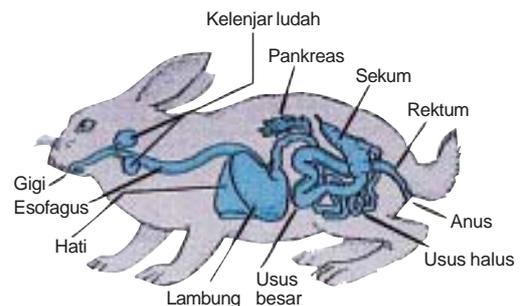
Sistem pernafasan terdiri atas hidung, trakea, bronkus, dan paru-paru. Fungsi sistem pernafasan adalah mendapatkan  $O_2$  dan mengeluarkan  $CO_2$  untuk memperoleh energi dengan menyederhanakan senyawa organik.

### 2. Sistem Peredaran Darah

Sistem peredaran darah terdiri atas jantung, darah, pembuluh darah arteri, vena, pembuluh limfa, dan kelenjar limfa serta cairan limfa. Sistem peredaran darah berfungsi mengangkut sari-sari makanan dari usus halus ke seluruh tubuh.

### 3. Sistem Pencernaan

Sistem pencernaan terdiri atas rongga mulut (di dalamnya terdapat gigi, lidah, dan kelenjar ludah), saluran pencernaan (dimulai dari kerongkongan, lambung, usus halus, usus besar, rektum, dan anus), kelenjar pencernaan, hati, dan pankreas. Sistem pencernaan berfungsi untuk mencerna makanan agar bisa diserap tubuh.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 3.11**  
Sistem pencernaan kelinci

### 4. Sistem Rangka

Sistem rangka pada hewan vertebrata dapat dibedakan menjadi skeleton aksial dan skeleton apendikular. Skeleton aksial terdiri atas tulang tengkorak, tulang belakang, tulang dada, tulang iga, dan tulang selangka.

Rangka apendikular terdiri atas tungkai atas yang tersusun oleh tulang belikat, tulang lengan atas, tulang lengan bawah, tulang pengupil, tulang hasta, tulang pergelangan tangan, tulang telapak tangan, dan tulang jari. Sedangkan, tungkai bawah terdiri atas tulang paha, tulang tempurung, tulang pergelangan kaki, tulang telapak kaki, jari kaki dan tulang tumit. Sistem rangka berfungsi memberikan bentuk tubuh, melekatkan otot-otot, melindungi bagian-bagian lunak, dan menyimpan berbagai mineral.

## 5. Sistem Otot

Sistem otot tersusun atas otot rangka (sebagai alat gerak aktif karena menggerakkan tulang), otot polos (terdapat pada organ-organ tertentu seperti lambung), dan otot jantung. Sistem otot berfungsi menentukan postur tubuh, sebagai alat gerak, dan menyimpan glikogen.

## 6. Sistem Saraf

Sistem saraf terdiri atas sistem saraf pusat, yaitu otak besar, batang otak, otak kecil, dan sumsum tulang belakang. Sedangkan, saraf tepi terdiri atas 12 pasang saraf otak dan 31 pasang saraf punggung. Saraf tepi ini berhubungan dengan alat-alat indera. Sistem saraf berfungsi menerima dan merespon rangsang dari luar.

## 7. Sistem Reproduksi

Sistem reproduksi pada jantan terdiri atas testis, vas deferens, duktus epididimis, kelenjar prostat, dan uretra. Sedangkan, sistem reproduksi pada betina terdiri atas indung telur, rahim, oviduk, dan vagina. Sistem reproduksi berfungsi sebagai alat perkembangbiakan.

## 8. Sistem Ekskresi

Organ sistem ekskresi, meliputi kulit (kelenjar keringat mengeluarkan keringat), paru-paru (mengeluarkan  $\text{CO}_2$  dan uap air), ginjal (terdiri atas berjuta-juta nefron, ureter, kantung kemih, dan uretra), dan hati.

## 9. Sistem Hormon

Beberapa organ dalam tubuh menghasilkan hormon, seperti ovarium, testis, pankreas, kelenjar anak ginjal, hipofisis, dan kelenjar gondok. Dinding usus halus dan lambung juga mengeluarkan hormon untuk merangsang pengeluaran enzim.



Kamu telah mempelajari struktur jaringan hewan. Hal-hal penting apa sajakah yang harus diketahui dalam mempelajarinya? Catatlah dalam bentuk rangkuman. Tuliskan pula daftar istilah tentang struktur jaringan hewan yang menurutmu sulit. Gunakanlah kamus biologi untuk mencari artinya. Kemudian, tukarlah hasil rangkumanmu dengan rangkuman teman. Berikan masukan dan saran pada rangkuman masing-masing.

## M a r i B e r k o m p e t e n s i

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat di setiap soal-soal berikut.

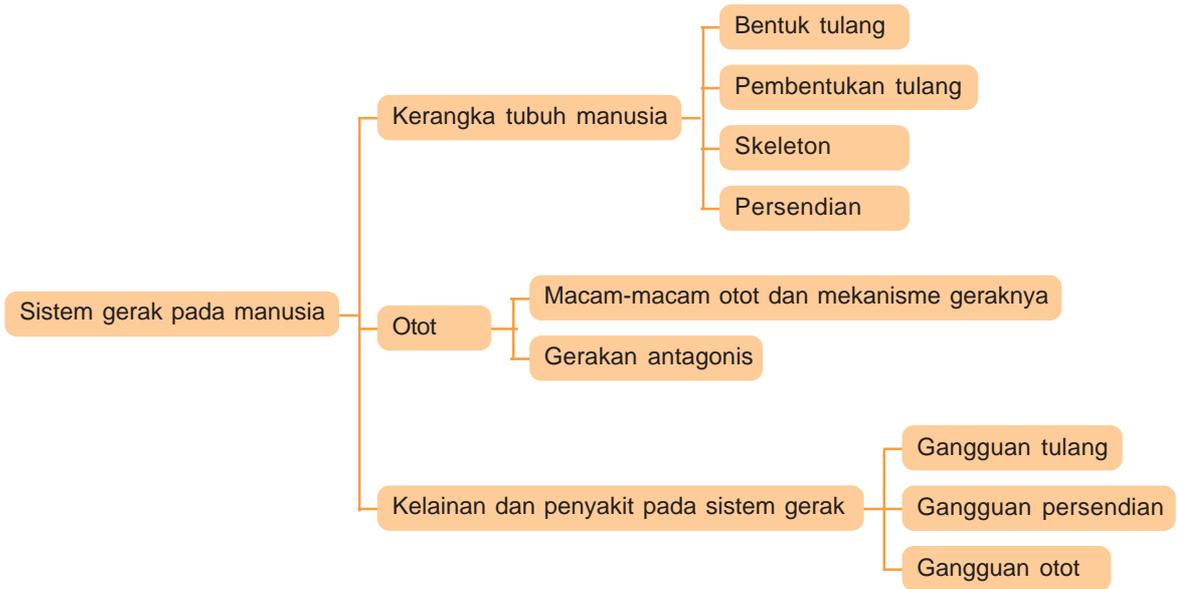
1. Pada darah manusia, bagian yang berperan dalam pembekuan darah adalah ....
  - a. eosinofil
  - b. basofil
  - c. leukosit
  - d. trombosit
  - e. monosit
2. Bagian akson tertutup oleh selubung mielin yang tersusun oleh ....
  - a. lipoprotein
  - b. glikolipid
  - c. kreatin fosfat
  - d. fosfolipid
  - e. glikogen
3. Paru-paru merupakan organ pernapasan dan tertutup oleh epitel ....
  - a. pipih selapis
  - b. kubus selapis
  - c. silindris
  - d. epitel transisional
  - e. epitel kubus berlapis
4. Bagian tulang keras yang paling luar dan berfungsi mengeluarkan bahan pembentuk tulang adalah ....
  - a. osteosit
  - b. osteoblas
  - c. osteoklas
  - d. osifikasi
  - e. periosteum
5. Tulang rawan terdapat pada bagian-bagian tubuh berikut, *kecuali* ....
  - a. persendian antartulang belakang
  - b. daun hidung
  - c. rongga hidung
  - d. ujung tulang rusuk dengan tulang dada
  - e. tulang pipi
6. Hal-hal berikut ini merupakan pembeda antara otot lurik dengan otot jantung, *kecuali* ....
  - a. letak inti
  - b. bentuk sel
  - c. jumlah inti
  - d. sifat kerja
  - e. letak dalam tubuh
7. Tempat hubungan bagian terminal saraf yang satu dengan ujung dendrit saraf yang lain dinamakan ....
  - a. sinapsis
  - b. akson hillock
  - c. *motor-end-plate*
  - d. dendrit
  - e. perikarion
8. Otot polos terdapat pada organ-organ berikut dalam tubuh manusia, *kecuali* ....
  - a. saluran kapiler
  - b. dinding pembuluh vena
  - c. dinding lambung
  - d. otot lingkaran mata
  - e. otot erector vili
9. Lambung atau ventrikulus manusia memiliki tipe epitel berikut ....
  - a. silindris selapis
  - b. kubus selapis
  - c. kubus bersilia
  - d. transisional
  - e. pipih berlapis
10. Bagian otot dengan tulang dihubungkan oleh jaringan ikat padat yang dinamakan....
  - a. tendon
  - b. fascia
  - c. ligamen
  - d. intertio
  - e. origo
11. Kulit manusia yang berfungsi melindungi bagian tubuh yang ada di bawahnya memiliki tipe epitel ....
  - a. pipih selapis
  - b. pipih berlapis
  - c. kubus selapis
  - d. kubus berlapis
  - e. silindris bersilia

12. Bagian tulang yang dikelilingi lamela konsentris dan berisi pembuluh darah dan saraf disebut ....
- saluran volkman
  - nodus
  - saluran haversi
  - badan nissl
  - kondrosit
13. Otot berwarna merah, karena adanya pigmen respirasi berupa ....
- hemoglobin
  - mioglobin
  - bilirubin
  - fibrinogen
  - protrombin
14. Sifat-sifat berikut merupakan sifat otot polos, *kecuali* ....
- berinti tunggal
  - bekerja tanpa kesadaran
  - miofibril homogen
  - cepat lelah
  - lambat beraksi terhadap rangsang
15. Bagian-bagian berikut termasuk sistem pencernaan makanan, *kecuali* ....
- hati
  - pankreas
  - limfa
  - usus halus
  - kantung empedu

**B. Jawablah soal-soal berikut dengan singkat dan jelas.**

- Tuliskan dan jelaskan empat macam jaringan penyusun tubuh hewan.
- Tuliskan perbedaan antara otot lurik, otot polos, dan otot jantung.
- Jelaskan apa yang dimaksud dengan
  - ligamen
  - osteosit
  - dendrit
- Tuliskan dan jelaskan tiga macam jaringan tulang rawan.
- Tuliskan fungsi jaringan epitel.

Peta Konsep





Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 4.1**  
Gerakan pada manusia

Tanggapan terhadap rangsangan yang datang dari dalam maupun luar akan menimbulkan pergerakan baik pada tumbuhan, hewan, atau manusia. Gerak pada tumbuhan sulit diamati, sedangkan pada hewan dan manusia terlihat jelas.

Pergerakan pada hewan dan manusia merupakan perpaduan antara sistem rangka dan sistem otot. Rangka yang merupakan serangkaian tulang-tulang yang saling berhubungan melalui persendian dapat bergerak, karena digerakkan oleh otot yang melekat pada tulang. Oleh karena itu, rangka disebut sebagai *alat gerak pasif*. Sedangkan, otot yang menggerakkan rangka disebut *alat gerak aktif*. Setelah mempelajari bab ini, kamu akan mengetahui struktur, fungsi dan kelainan pada alat gerak manusia. Mari cermati uraiannya.

## A Kerangka Tubuh Manusia

Sebagian besar kerangka terdiri atas bagian-bagian keras dan kaku, kecuali pada persendian. Komponen yang paling lazim terdapat di dalam kerangka adalah senyawa kalsium. Pada banyak kerangka avertebrata, kalsium terdapat sebagai kalsium karbonat, sedangkan pada vertebrata sebagai kalsium fosfat. Selain itu, terdapat pula zat-zat lain, seperti garam-garam magnesium dan strontium.

Kerangka dapat terdiri atas zat organik khusus, seperti kitin dan kolagen, atau kompleks zat organik dan anorganik. Kompleks ini sangat kuat, karena zat anorganik tahan terhadap tekanan, dan komponen organik tahan terhadap tegangan dan memberi elastisitas.

Rangka pada tubuh manusia merupakan rangka endoskeleton, yaitu rangka yang terdapat di dalam tubuh. Rangka berfungsi untuk melekatnya otot rangka, sebagai alat gerak pasif, melindungi organ-organ tubuh yang lemah, menunjang tubuh, memberi bentuk tubuh, tempat pembentukan sel-sel darah, dan sebagai tempat penimbunan mineral.

### 1. Bentuk Tulang

Rangka adalah susunan tulang-tulang dengan sistem tertentu. Berdasarkan bentuknya tulang-tulang yang menyusun rangka tubuh dapat dibagi menjadi empat macam, yaitu:

#### a. Tulang pipih

Tulang pipih berbentuk pipih, contohnya adalah tulang rusuk, tulang belikat, dan tulang tengkorak. Tulang pipih memiliki dua lapisan tulang kompakta yang disebut *lamina eksterna* dan *interna osiskrani* yang dipisahkan oleh satu lapisan tulang spongiosa yang disebut *diploe*.

### b. Tulang pendek

Tulang pendek berbentuk kubus atau pendek tidak beraturan, contohnya ruas-ruas tulang belakang, pangkal lengan, dan pangkal kaki. Tulang ini memiliki inti tulang sponsiosa yang dikelilingi tulang kompakta.

### c. Tulang pipa

Tulang pipa terdiri atas epifisis (bagian ujung tulang yang membesar seperti bongkol) dan diafisis (bagian tengah tulang di antara dua epifisis). Di antara diafisis dan epifisis terdapat tulang rawan berbentuk lempengan atau cakram epifisis. Jika cakram epifisis masih aktif, maka tulang pipa masih dapat memanjang. Cakra epifisis tidak aktif lagi sekitar umur 20 tahun.

### d. Tulang tak berbentuk

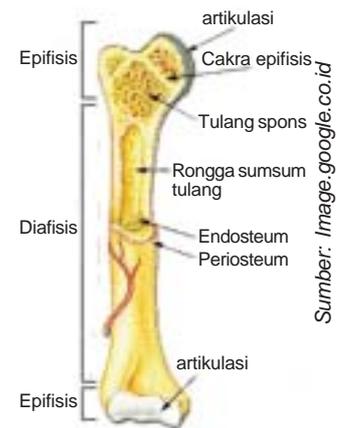
Tulang tak berbentuk memiliki bentuk yang tidak teratur. Tulang ini tidak memiliki bentuk, seperti pipa, pendek, atau pipih. Contoh tulang tak berbentuk, yaitu wajah dan tulang belakang.

## 2. Pembentukan Tulang

Selama perkembangan embrio, sebagian besar kerangka manusia terdiri atas tulang rawan atau kartilago. Kartilago berwarna transparan dan lebih lentur. Setelah dewasa, tulang rawan diganti dengan tulang. Tulang ini disebut tulang pengganti tulang rawan. Selain tulang tersebut, pada manusia dewasa juga terdapat tulang dermal yang berkembang di dalam atau tepat di bawah kulit tanpa melalui tahap tulang rawan. Kedua jenis tulang ini (tulang pengganti tulang rawan dan tulang) secara histologis adalah sama, tetapi hanya berbeda cara perkembangannya.

Awal pembentukan rangka berupa tulang rawan, pada manusia terbentuk secara sempurna pada akhir bulan kedua atau awal bulan ketiga pembentukan embrio. Rangka tulang rawan dibentuk oleh jaringan mesenkim yang mengalami osifikasi atau penulangan.

Osifikasi adalah pembentukan tulang rawan menjadi tulang. Osifikasi dimulai dari pembentukan sel-sel osteoblas (sel pembentuk tulang) pada rongga yang ada di tengah tulang rawan. Pembentukan tulang ini bertahap dari dalam ke luar. Sel-sel osteoblas juga menempati jaringan pengikat yang ada di sekeliling rongga. Sel-sel tulang ini mengelilingi saluran haversi yang berisi pembuluh darah kapiler arteri, vena, dan serabut saraf membentuk satu sistem yang disebut *sistem havers*. Pembuluh darah sistem



**Gambar 4.2**  
Struktur tulang pipa

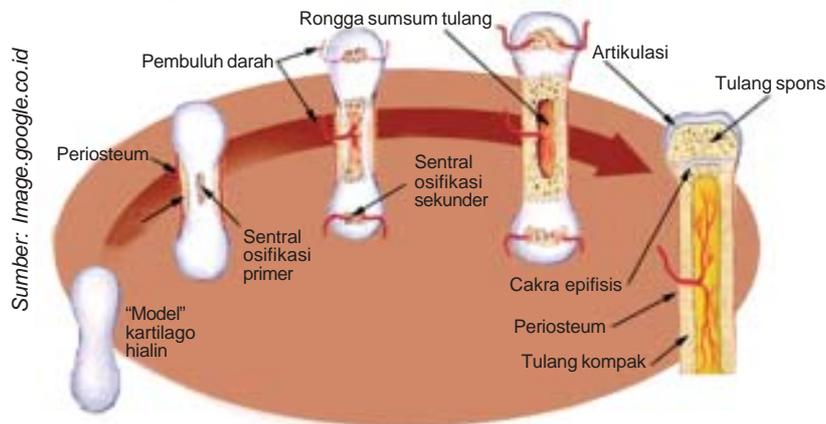
havers mengangkut zat fosfor dan kalsium menuju matriks sehingga matriks tulang menjadi keras. Kekerasan tulang diperoleh dari kekompakan sel-sel penyusun tulang.

Apabila matriks tulang berongga, maka akan membentuk tulang spons, contohnya tulang pipih. Sedangkan, jika matriks tulang menjadi padat dan rapat, maka akan terbentuk tulang keras atau tulang kompak, contohnya tulang pipa.

Tulang pipa berbentuk tabung dengan kedua ujung membulat. Sebagian besar terdiri atas tulang kompakta dan sedikit tulang spongiosa serta sumsum tulang pada bagian dalamnya. Rongga sumsum tulang dan rongga tulang spongiosa mengandung sumsum tulang kuning (terdiri atas sel lemak) dan sumsum tulang merah (tempat pembentukan sel darah merah).

Proses osifikasi pada tulang pipa terjadi dalam beberapa tahap, yaitu:

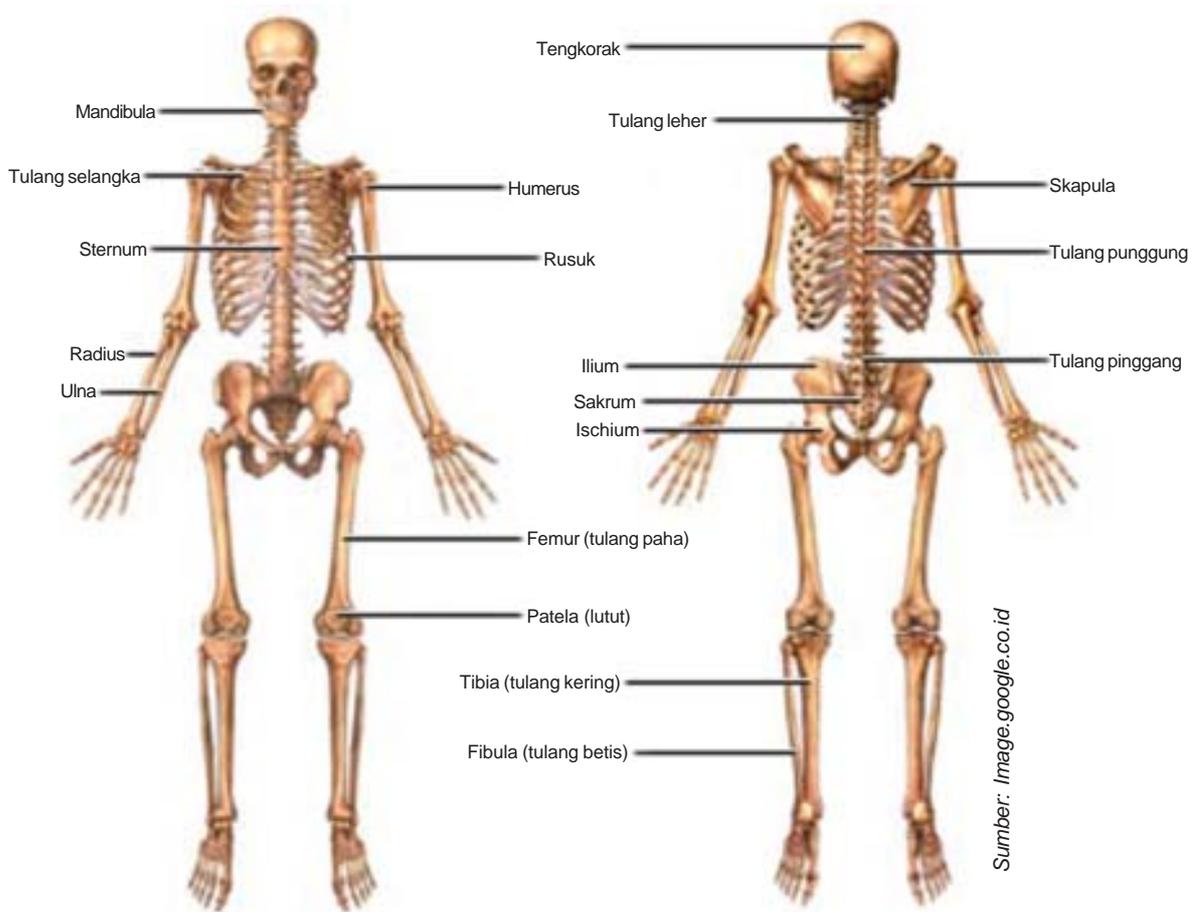
- Penulangan diawali dari tulang rawan yang banyak mengandung osteoblas. Bagian yang paling banyak mengandung osteoblas adalah epifisis dan diafisis.
- Terjadi perkembangan pusat osifikasi primer yang disertai dengan perluasan *bone collar*.
- Pada bagian sentral tulang terjadi perombakan sel-sel tulang (reabsorpsi tulang) sehingga pembuluh darah mulai masuk dan terbentuk rongga sumsum tulang.
- Pembentukan pusat osifikasi sekunder muncul pada setiap epifisis. Osifikasi sekunder ini menyebabkan pemanjangan tulang.



**Gambar 4.3**  
Proses osifikasi tulang panjang yang diawali dari tulang rawan terlebih dahulu

### 3. Skeleton (Kerangka Tubuh)

Pada manusia, kerangka tubuh (skeleton) dibagi menjadi skeleton aksial dan skeleton apendikuler. Skeleton aksial meliputi tengkorak, tulang belakang, tulang dada, dan tulang rusuk. Sedangkan, skeleton apendikuler terdiri atas tungkai atas dan anggota gerak atas, serta tungkai bawah dan anggota gerak bawah.



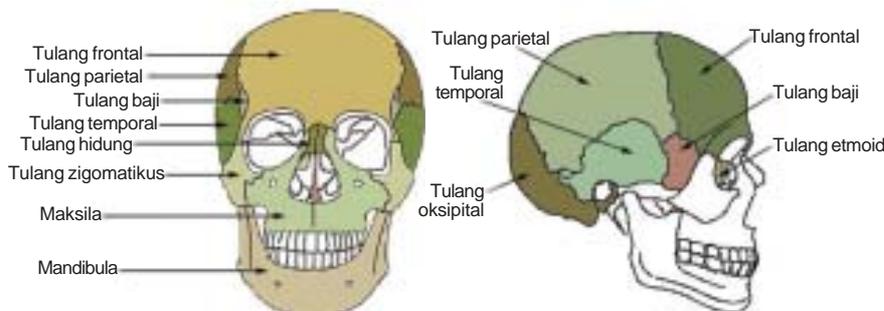
Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 4.4**  
Kerangka tubuh manusia

**a. Skeleton aksial**

**1) Tulang tengkorak**

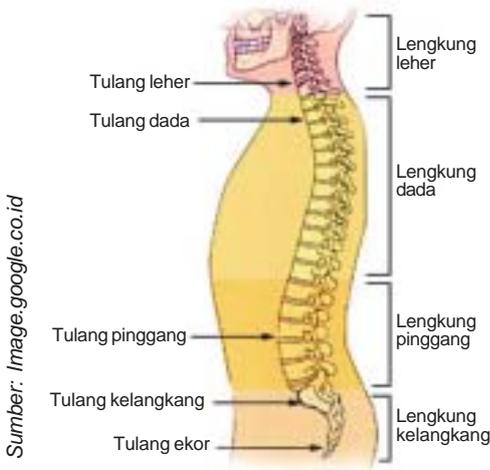
Tulang tengkorak terdiri atas 28 buah tulang. Tulang ini mempunyai fungsi yang amat penting, yaitu melindungi otak, mata, dan telinga bagian dalam. Tulang tengkorak yang lain berfungsi membentuk wajah, seperti tulang pipi (*os zigomatikus*), tulang hidung (*os natalis*), tulang rahang atas (*os maksila*), dan tulang rahang bawah (*os mandibularis*). Tulang tengkorak berhubungan dengan bagian atas tulang belakang (tulang leher).



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 4.5**  
Tulang tengkorak

## 2) Tulang belakang



Sumber: Image.google.co.id

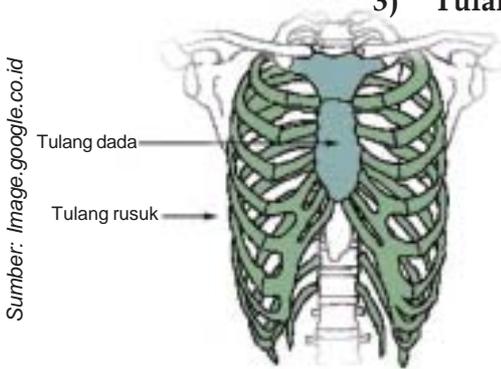
**Gambar 4.6**  
Susunan tulang belakang

Tulang belakang terdiri atas 33 buah ruas tulang yang dapat dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu:

- (a) 24 ruas *vertebrae* (tulang belakang) yang terdiri atas: 7 ruas *vertebrae servical* (tulang leher), 12 ruas *vertebrae torasik* (tulang punggung), dan 5 ruas *vertebrae lumbaris* (tulang pinggang).
- (b) 5 ruas *sacrum* (tulang kelangkang)
- (c) 4 ruas *coccyx* (tulang ekor)

Ruas-ruas pada tulang *sacrum* dan tulang *coccyx* telah menyatu semenjak masa embrio. Tulang belakang terdiri atas *carpus* (badan) yang memiliki tiga tonjolan spinalis (*proccesus spinalis*), yaitu *proccesus tranversus*, *proccesus anterior* dan *proccesus posterior*.

## 3) Tulang dada dan tulang rusuk



Sumber: Image.google.co.id

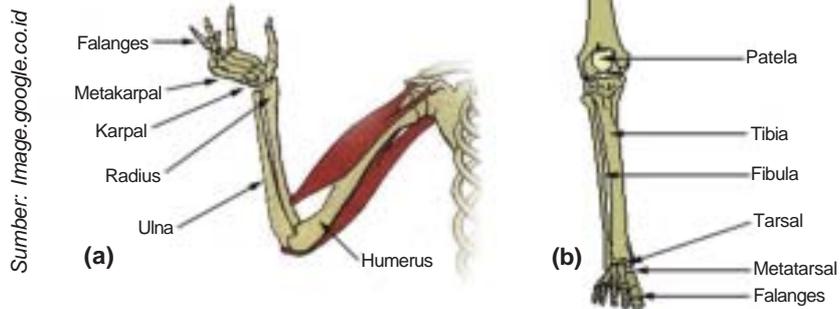
**Gambar 4.7**  
Tulang dada dan tulang rusuk

Tulang dada (*sternum*) terdiri atas kepala (*capit*), badan (*korpus*), dan ekor (*proccesus xiphoideus*). Pada tulang dada melekat tulang rusuk (*costae*) yang terdiri atas 7 pasang tulang rusuk sejati, 3 pasang rusuk palsu dan 2 pasang rusuk melayang. Tulang dada beserta tulang rusuk dan tulang punggung membentuk rongga dada yang di dalamnya terdapat organ penting, seperti paru-paru dan jantung.

### b. Skeleton apendikular

#### 1) Tungkai atas

Tungkai atas terdiri atas tulang selangka (*clafikula*), tulang belikat (*stapula*), tulang lengan atas (*humerus*), tulang hasta (*ulna*), tulang pengumpil (*radius*), 8 buah tulang pergelangan tangan (karpal), 5 buah tulang telapak tangan (*metakarpal*), dan 14 buah tulang jari (*falanges*).



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 4.8**  
(a) tulang anggota atas  
(b) tulang anggota bawah

## 2. Tungkai bawah

Tungkai bawah terdiri atas tulang pinggul atau *pelvic* (yang dibedakan menjadi *ilium*, *pubis*, dan *ischium*), tulang paha (femur), tulang tempurung lutut (patella), tulang betis (fibula), tulang kering (tibia), tulang pergelangan kaki (tarsal), tulang telapak kaki (metatarsal), dan tulang jari kaki (falanges). Pada tulang telapak kaki terdapat satu tulang yang berukuran besar, yaitu tulang tumit (kalkanius).

## 4. Artikulasi atau Persendian

Dalam membentuk rangka tubuh, tulang yang satu berhubungan dengan tulang yang lain melalui jaringan penyambung yang disebut *persendian*. Pada persendian terdapat cairan pelumas (cairan sinofial). Otot yang melekat pada tulang oleh jaringan ikat disebut *tendon*. Sedangkan, jaringan yang menghubungkan tulang dengan tulang disebut *ligamen*.

Persendian dapat dikelompokkan menjadi sinartrosis, amfiartrosis, dan diartrosis. Mari cermati uraian berikut ini.

### a. Sinartrosis

Persendian yang tidak memungkinkan terjadinya pergerakan disebut *sinartrosis*. Tulang-tulang dipersatukan oleh jaringan tulang, contohnya pada tulang-tulang kepala.

### b. Amfiartrosis

Persendian tulang dengan gerakan yang sangat terbatas disebut *amfiartrosis*. Amfiartrosis dibagi menjadi dua macam, yaitu *sinkondrosis* dan *sindesmosis*. Sinkondrosis ialah persendian yang dihubungkan oleh tulang rawan hialin. Contoh sinkondrosis pada pelekatan tulang dada dan tulang iga. Sedangkan, sindesmosis ialah persendian yang dihubungkan oleh jaringan penyambung.

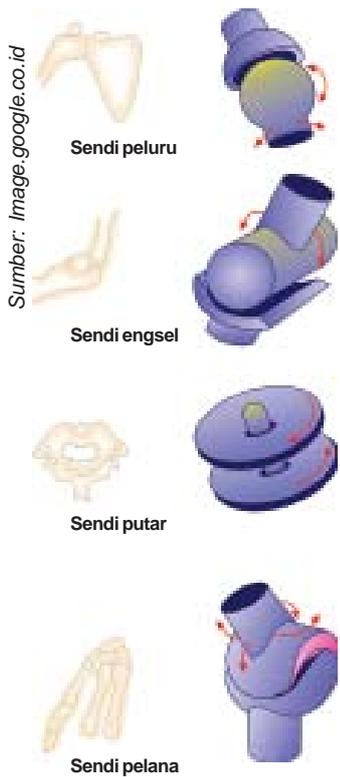
### c. Diartrosis

Diartrosis merupakan hubungan antara tulang yang satu dengan yang lain, yang dihubungkan oleh persendian. Persendian yang menyebabkan gerakan bebas dan mobilitasnya cukup besar, biasanya terjadi pada tulang-tulang panjang. Ujung tulang-tulang ini ditutupi oleh tulang rawan dan terdapat rongga sinofial yang berisi cairan sinofial untuk memudahkan gerakan. Persendian ini ditutupi oleh pembungkus jaringan fibrosa.

Persendian diartrosis dapat dibagi menjadi beberapa macam sendi, yaitu:

#### 1) Sendi putar

Persendian yang memungkinkan adanya gerakan rotasi



**Gambar 4.9**  
Macam-macam persendian

atau berputar. Hal ini terjadi apabila ujung tulang yang satu bergerak mengitari ujung tulang yang lain. Contoh sendi putar adalah tulang tengkorak dengan tulang atlas, pergelangan tangan, dan pergelangan kaki.

**2) Sendi engsel**

Persendian yang menyebabkan gerakan satu arah karena berporos satu disebut *sendi engsel*. Contoh sendi engsel ialah hubungan tulang pada siku, lutut, dan jari-jari.

**3) Sendi pelana**

Sendi pelana adalah persendian yang membentuk sendi, seperti pelana, dan berporos dua. Contohnya, terdapat pada ibu jari dan pergelangan tangan.

**4) Sendi peluru**

Sendi peluru adalah persendian yang memungkinkan gerakan yang lebih bebas. Sendi ini terjadi apabila ujung tulang yang satu berbentuk bonggol, seperti peluru masuk ke ujung tulang lain yang berbentuk cekungan. Contoh sendi peluru adalah hubungan tulang panggul dengan tulang paha, dan tulang belikat dengan tulang atas.

**B**  
**Otot**

Otot merupakan alat gerak aktif, karena otot memiliki kemampuan untuk berkontraksi. Kontraksi otot ini menyebabkan tulang yang dilekatinya dapat bergerak. Selain itu, otot mempunyai peranan dalam memberikan bentuk luar tubuh bersama dengan rangka.

Otot mempunyai tiga sifat dalam menjalankan tugasnya sebagai alat gerak aktif, yaitu *kontraksibilitas*, *ekstensibilitas*, dan *elastisitas*. Gerakan otot untuk memendek dari ukuran semula (kontraksi) sehingga tulang berubah posisi, hal ini disebut kontraksibilitas. Sedangkan, ekstensibilitas merupakan gerak kebalikan dari kontraksibilitas, yaitu kemampuan otot untuk memanjang atau kembali ke ukuran semula (relaksasi) yang menyebabkan tulang kembali ke kedudukan semula. Sifat ketiga adalah elastisitas, yaitu kemampuan otot dari berkontraksi menjadi relaksasi atau sebaliknya.

Secara makroskopis, kumpulan otot diselimuti oleh jaringan ikat berupa selaput transparan yang dinamakan *fascia*. Ujung-ujung kumpulan otot tersebut diikat oleh tendon (jaringan ikat

antara tulang dan otot) pada tulang. Perlekatan otot pada tulang ini membagi otot menjadi dua macam, yaitu *origo* dan *insersio*. *Origo* adalah pelekatan ujung otot pada tulang yang menyebabkan otot tidak dapat digerakkan atau sedikit gerak selama otot berkontraksi. Sedangkan, *insersio* adalah pelekatan ujung otot pada tulang sehingga otot dapat digerakkan saat otot berkontraksi.

## 1. Macam-Macam Otot dan Mekanisme Geraknya

Gerakan yang terjadi pada tubuh manusia merupakan gerakan yang dilakukan oleh otot lurik, otot polos, dan otot jantung.

### a. Otot lurik

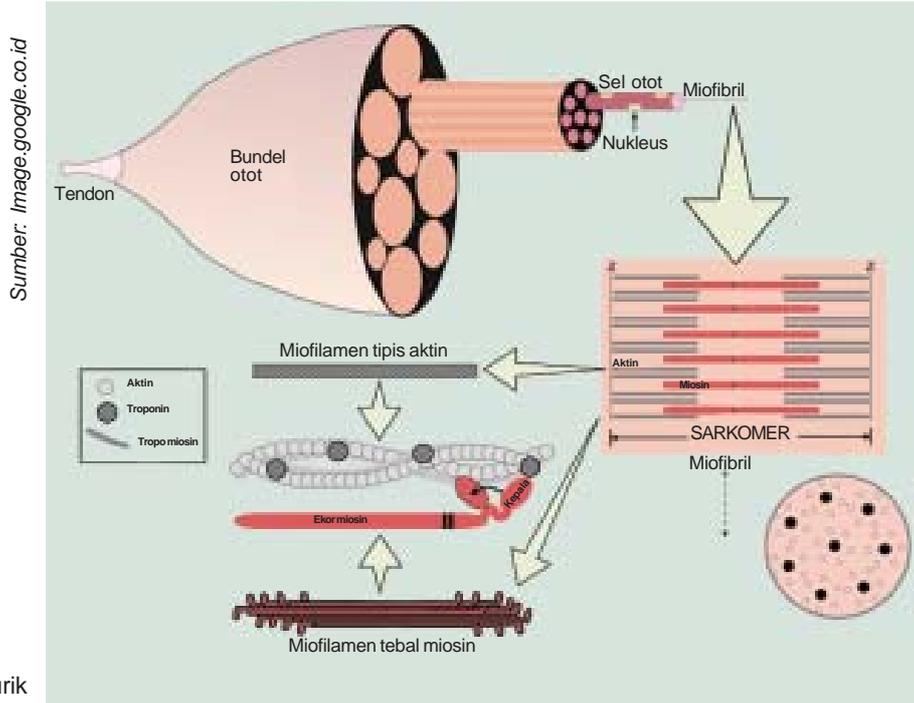
Otot lurik yang disebut juga otot rangka merupakan otot yang melekat pada tulang rangka sehingga jika otot berkontraksi menyebabkan tulang bergerak. Otot lurik bekerja dipengaruhi oleh susunan saraf pusat sehingga sering disebut otot sadar. Inti sel otot ini berjumlah banyak dan terletak di tepi. Otot ini disebut otot lurik, karena pada serabut-serabut panjang otot terdapat garis terang (isotrop) dan garis gelap (anisotropi) secara bergantian.

#### 1) Mekanisme gerak otot

Serabut otot lurik terdiri atas kumpulan serabut-serabut halus yang disebut *miofibril*. Setiap miofilamen longitudinal terdiri atas sejumlah besar protein miofilamen longitudinal terdiri atas dua macam, yaitu filamen tebal dan tipis. Filamen tipis terdiri atas monomer aktin globular yang ada hubungannya dengan kompleks tropomiosin dan troponin. Filamen tebal terdiri atas ekor-ekor molekul miosin yang memanjang. Kepala molekul miosin menjulur ke arah filamen tipis sebagai jembatan silang yang potensial dapat menghubungkan filamen-filamen tersebut. Tiap kepala dan ekor disatukan oleh suatu engsel. Filamen ini disusun sedemikian rupa sehingga satu filamen tebal dikelilingi oleh enam filamen tipis.

Filamen tebal yang lebih padat berhubungan satu sama lain dan membentuk pita A yang lebih gelap, dan filamen tipis membentuk pita I yang lebih terang. Kedua jenis filamen saling bertumpang tindih sebagian sehingga ada bagian yang lebih padat dan kurang padat pada pita A. Garis Z tempat bertautnya filamen tipis, menyeberangi miofibril di pusat pita I. Bagian miofibril yang terletak antara dua garis Z disebut *sarkomer*. Jika otot lurik berkontraksi, maka pita I menyempit dan zone H dapat hilang karena garis Z saling mendekat. Derajat penyempitan pita I tergantung pada kekuatan kontraksi.

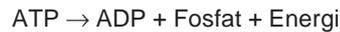
Pada waktu istirahat, tidak ada interaksi antara filamen-filamen, karena tempat aktif pada filamen aktin tempat kepala miosin dapat terikat diblokir oleh tropomiosin. Jika sebuah serabut otot dirangsang (impuls saraf sampai pada ujung suatu neuron), asetilkolin dilepaskan oleh ujung neuron yang menyebabkan ion  $Ca^{++}$  dilepaskan dan bersenyawa dengan troponin dan mengubah konfigurasinya. Hal ini, menyebabkan serat otot kepala miosin mengikat diri di tempat aktif filamen aktin menggantikan tropomiosin yang memblokade tempat aktif tersebut.



**Gambar 4.10**  
Mekanisme gerak otot lurik

## 2) Keperluan energi untuk kontraksi otot

Pengikatan dan pelepasan tiap kepala miosin menggunakan satu molekul ATP. Jika persediaan ATP yang di dalam sel habis terpakai, maka ATP disintesis lagi dari ADP dengan pemindahan satu gugus fosfat dari fosfat lain yang kaya energi, yaitu kreatin fosfat pada otot vertebrata. Fosfat kaya energi ini dibuat dengan metabolisme makanan dalam daur glikolitik dan asam nitrat.



Penggunaan energi oleh otot dengan laju kontraksi yang relatif pelan akan dapat diimbangi oleh pembentukan ATP dari fosforilasi oksidatif (metabolisme makanan dengan menggunakan oksigen). Jika kebutuhan oksigen tidak terpenuhi, maka kebutuhan energi dipenuhi dengan glikolisis anaerobik glikogen (glikolisis gula otot tanpa oksigen) yang menghasilkan ATP dan asam piruvat. Asam piruvat ini akan diubah menjadi asam

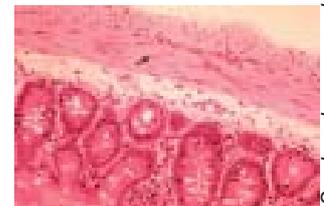
laktat. Timbunan asam laktat di dalam otot akan menyebabkan otot menjadi pegal. Jika oksigen tersedia lagi, sebagian besar asam laktat itu akan diubah menjadi glikogen otot.

Otot yang terus-menerus dirangsang akan meningkatkan kadar asam laktat di dalam otot sehingga pengembalian asam laktat menjadi gula otot lambat. Tertimbunnya asam laktat dalam otot yang berlebihan dan tidak dapat ditoleransi lagi menyebabkan tetanus atau kejang otot.

### b. Otot polos

Sel otot polos memiliki bentuk memanjang dengan kedua ujungnya yang runcing dan nukleus terletak di tengah sel otot. Serat miofibril pada otot polos bersifat homogen dan lebih kecil dari serabut otot lurik.

Otot polos terdapat pada dinding pembuluh darah, dinding saluran pencernaan, paru-paru, dan ovarium. Otot ini bersifat lambat bereaksi dalam menerima rangsang, tetapi tahan terhadap kelelahan, dan bekerja di bawah pengaruh saraf tak sadar.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 4.11**  
Otot polos

### Mekanisme gerak

Mekanisme dasar kontraksi otot polos sama dengan kontraksi otot lurik. Serabut-serabutnya mengandung aktin dan miosin, tetapi miofilamen ini tersebar. Serabut otot polos kecil, maka ion  $Ca^{++}$  disimpan dalam cairan ekstraseluler. Aktivasi untuk kontraksi meliputi pemasukan ion  $Ca^{++}$  dan pembentukan jembatan silang antara aktin dan miosin. Pada waktu jembatan itu terbentuk, filamen aktin menarik "benda padat" yang berada di posisi tetap dalam sitoplasma dan serabut itu memendek.

### c. Otot Jantung

Otot jantung dijumpai hanya pada dinding jantung. Struktur otot jantung menyerupai otot lurik, tetapi nukleus terletak di tengah sel dan memiliki percabangan. Setiap percabangan pada otot jantung terdapat jaringan pengikat yang disebut *discus interkalaris*. Otot jantung bekerja di bawah pengaruh saraf tidak sadar, cepat bereaksi terhadap rangsangan, dan tahan terhadap kelelahan.

Kontraksi otot jantung menimbulkan denyut jantung. Jantung akan berkontraksi terus-menerus selama organisme hidup. Pada manusia dewasa normal, jantung berdenyut sebanyak 72 kali setiap menit.

## 2. Gerakan Antagonistik

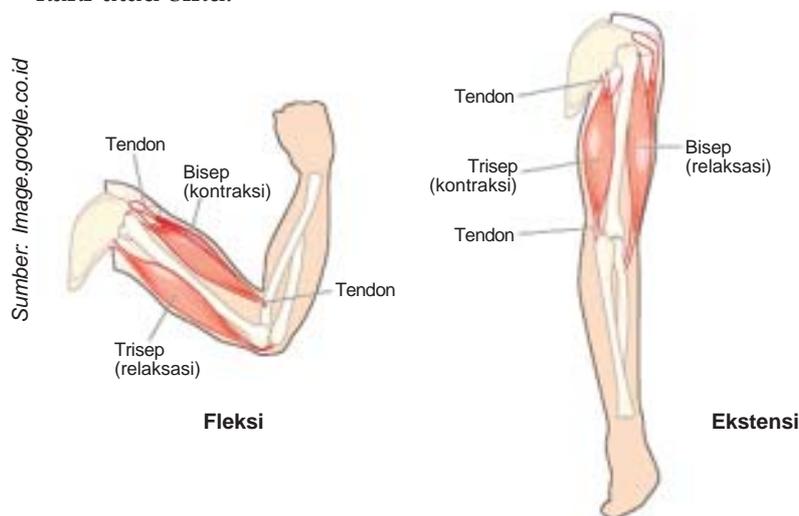
Gerakan antagonistik adalah gerak berlawanan antara dua atau lebih otot yang mengendalikan gerak pada suatu bagian tubuh. Sebagian besar otot tersusun dalam pasangan yang antagonis. Contoh gerakan antagonis ini adalah otot bisep dan trisep pada lengan.

Otot dilekatkan pada tulang oleh tendon. Tendon yang melekat pada tulang dan tidak menimbulkan gerakan disebut *origo*. Sedangkan, tendon yang melekat pada tulang dan menimbulkan gerakan disebut *insersio*. Otot bisep memiliki origo pada skapula dan humerusnya, serta insersio pada tulang radius. Sedangkan, otot trisep memiliki dua origo pada humerus dan insersio pada ulna. Jika, otot bisep berkontraksi, maka lengan bawah akan bergerak menekuk pada siku. Sedangkan, jika otot trisep berkontraksi, maka lengan bawah akan bergerak melurus.

Berdasarkan arah gerakannya, gerakan antagonis dapat dibedakan menjadi beberapa macam, yaitu:

### a. Fleksi >> Ekstensi

Fleksi merupakan gerak otot fleksor sehingga bagian tubuh menekuk, misalnya menekuknya lutut dan siku. Sedangkan, ekstensi merupakan gerakan otot ekstensor untuk meluruskan kembali bagian tubuh yang telah ditekuk, misalnya meluruskan kaki atau siku.



**Gambar 4.12**  
Gerak antagonistik otot pada otot bisep dan trisep

### b. Abduksi >> Aduksi

Abduksi adalah gerakan anggota tubuh menjauhi sumbu tubuh, misalnya merentangkan tangan hingga sejajar dengan bahu. Sedangkan, aduksi ialah gerakan anggota tubuh mendekati sumbu tubuh, misalnya menegapkan tangan kembali setelah direntangkan.

### c. Pronasi >< Supinasi

Pronasi adalah gerakan memutar telapak tangan dan jari untuk menelungkup. Sedangkan, supinasi adalah memutar telapak tangan dan jari untuk menengadahkan.

### d. Depresi >< Elevasi

Depresi adalah gerakan menurunkan anggota tubuh. Sedangkan, gerakan elevasi adalah mengangkat anggota tubuh.

Gangguan pada sistem gerak sering dialami oleh tulang, persendian, dan otot dalam melaksanakan tugasnya. Gangguan ini dapat terjadi, karena tulang dan otot di dalam tubuh sering menanggung beban terlalu berat, maupun karena pengaruh hormon, vitamin, infeksi kuman penyakit, dan lain-lain.

## C Kelainan dan Penyakit pada Sistem Gerak

### 1. Gangguan Tulang

#### a. Gangguan fisiologis

Gangguan fisiologis bisa disebabkan karena kelainan fungsi vitamin atau hormon. Contoh gangguan fisiologis ialah rakhitis, mikrosefalus, hidrosefalus, akromegali, dan osteoporosis.

- (1) Rakhitis ialah penyakit tulang karena kekurangan vitamin D. Vitamin D berfungsi membantu proses penimbunan zat kapur pada waktu pembentukan tulang. Jadi, jika kekurangan vitamin D menyebabkan tulang anggota gerak berbentuk X atau O.
- (2) Mikrosefalus ialah pertumbuhan tulang tengkorak yang terhambat karena abnormalitas tirosin sehingga ukuran kepala menjadi kecil.
- (3) Hidrosefalus ialah suatu kelainan yang ditandai dengan pengumpulan abnormal cairan spinal dan terjadi pelebaran rongga otak sehingga kepala membesar.
- (4) Akromegali ialah penyakit pada tulang pipa yang menebal karena kelebihan somatotropin yang bersifat lokal.
- (5) Osteoporosis ialah penurunan berat tulang karena osifikasi dan terjadi penghambatan reabsorpsi bahan tulang. Hal ini dapat disebabkan oleh kelainan fungsi hormon parahormon.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 4.13**  
Osteoporosis (kanan)

Sumber: Image.google.co.id



**Gambar 4.14**  
Macam-macam retak tulang

### b. Gangguan fisik

Gangguan secara fisik sering menyebabkan kerusakan tulang. Kerusakan tulang ini, contohnya adalah fraktura atau retak tulang. Retak tulang dapat dibedakan menjadi beberapa macam, yaitu:

- (1) *fraktura*, apabila tulang yang retak tidak sampai menyebabkan organ lain terluka atau dapat pula menyebabkan otot dan kulit terluka.
- (2) *Greenstick*, apabila tulang mengalami retak sebagian dan tidak sampai memisah.
- (3) *Komminudet*, apabila tulang mengalami retak menjadi beberapa bagian tetapi tidak sampai keluar dari otot.

### c. Gangguan pada tulang belakang

Kedudukan tulang belakang dapat berubah atau bergeser dari kedudukan normalnya. Kelainan kedudukan tulang belakang ini ada beberapa macam, yaitu

- (1) *Lordosis*, jika tulang pinggang melengkung ke depan sehingga kepala tertarik ke belakang.
- (2) *Kifosis*, jika tulang punggung melengkung ke belakang sehingga orang menjadi bungkuk.
- (3) *Skoliosis*, jika tulang belakang melengkung ke kiri atau ke kanan.



Mengapa pengobatan patah tulang pada anak-anak lebih cepat dibandingkan orang dewasa? Diskusikan dengan teman sebangkumu.

## 2. Gangguan Persendian

Gangguan persendian dapat diakibatkan oleh berbagai macam sebab sehingga terjadi gangguan gerak. Gangguan persendian ini dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu:

- 1) *dislokasi*, pergeseran kedudukan sendi karena perubahan ligamen,
- 2) *ankilosis*, persendian yang tidak dapat digerakkan; dan
- 3) *arthritis*, peradangan pada persendian yang disertai dengan rasa sakit untuk digerakkan. *Arthritis* dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu:
  - (a) *Reumatoid*, yang merupakan penyakit kronis pada jaringan penghubung sendi.
  - (b) *Gout arthritis*, yaitu gangguan persendian karena metabolisme asam urat yang gagal.
  - (c) *Osteoarthritis*, ialah penyakit sendi karena menipisnya tulang rawan.

### 3. Gangguan Otot

Otot berperan dalam gerakan sebagai alat gerak aktif. Jika otot mengalami gangguan, maka sistem gerak juga menjadi terhambat. Beberapa macam gangguan otot di antaranya adalah:

- Kejang otot, terjadi apabila otot terus-menerus melakukan aktivitas sampai akhirnya tidak mampu lagi berkontraksi karena kehabisan energi.
- Tetanus, yaitu otot terus menerus mengalami ketegangan karena infeksi bakteri *Clostridium tetani* yang menghasilkan toksin.
- Atrofi atau miastema grafis, yaitu keadaan otot mengecil sehingga menghilangkan kemampuan otot untuk berkontraksi. Hal ini menyebabkan otot mengalami kelumpuhan.
- Supertrofi, yaitu volume otot membesar karena otot setiap hari dilatih secara berlebihan.
- Hernia abdominalis, yaitu otot dinding perut yang lemah tersobek sehingga letak usus menurun.
- Stiff atau kaku leher, yaitu otot leher yang mengalami peradangan akibat gerakan atau hentakan yang salah sehingga leher terasa kaku.



Apa penyebab kejang otot? Apa perbedaannya dengan tetanus? Diskusikan dengan teman sebangkumu.



Kamu telah mempelajari sistem gerak pada manusia. Hal-hal penting apa sajakah yang harus diketahui dalam mempelajarinya? Catatlah dalam bentuk rangkuman. Kemudian, tukarlah hasil rangkumanmu dengan rangkuman teman. Berikan masukan dan saran pada rangkuman masing-masing.

## Daftar Istilah

Amfiartrosis	= persendian yang masih memungkinkan terjadinya sedikit gerakan.
Antagonis	= kontraksi otot yang berlawanan dengan otot lainnya.
Artikulasi	= hubungan antartulang atau antarsegmen.
Diartrosis	= persendian yang dapat digerakkan.
Endoskeleton	= rangka dalam.
Foramen magnum	= lubang di tengkorak belakang yang dilewati serabut saraf.
Fraktur	= patah tulang tampak luka pada otot.
Kontraksi	= memendek dan menegangnya serabut otot karena adanya rangsang.
Ligamen	= jaringan ikat atau tulang rawan bersifat elastis yang membalut persendian.
Osifikasi	= pembentukan tulang rawan menjadi tulang sejati.
Osteoblas	= sel pembentuk tulang yang mensekresikan matriks tulang.
Rawan hialin	= tulang rawan halus yang tampak mengkilat tidak memiliki serat yang jelas.
Rawan elastis	= jaringan ikat protein penyusun utama serabut elastis pada pembuluh darah dan ligamen.
Sinergis	= kontraksi otot yang seirama dengan otot lainnya.
Tendon	= tali serabut berwarna putih yang menghubungkan otot dengan struktur yang dapat bergerak.
Tetanus	= keadaan tegang yang terus-menerus pada otot.

## M a r i B e r k o m p e t e n s i

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat di setiap soal-soal berikut.

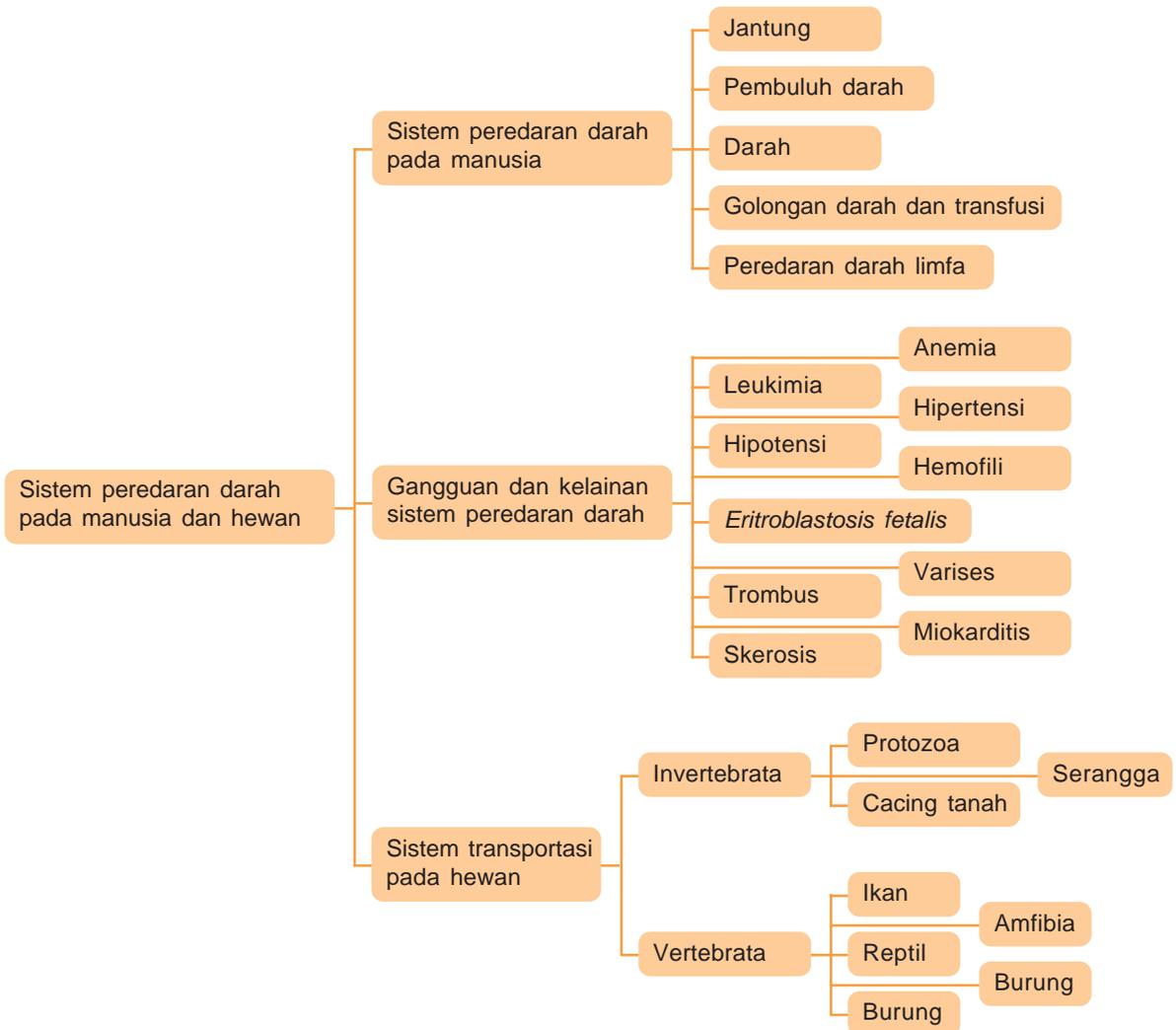
1. Protein otot aktin dan miosin terdapat dalam sel otot, yaitu pada bagian ....
  - a. sarkoplasma
  - b. nukleus
  - c. miofibril
  - d. sarkomer
  - e. plasmolema
2. Tulang-tulang berikut termasuk skeleton aksial, *kecuali* ....
  - a. ossternum
  - b. oskostae
  - c. oscervicalis
  - d. osilium
  - e. osclavieula
3. Persendian yang menghubungkan tulang femur dengan fibia tibula dinamakan sendi ....
  - a. diartrosis
  - b. sinartrosis
  - c. engsel
  - d. putar
  - e. pelana
4. Tulang-tulang berikut termasuk penyusun cranium atau tengkorak, *kecuali* ....
  - a. osteporalis
  - b. osparientalis
  - c. osnasalis
  - d. osoksipitalis
  - e. osfrontalis
5. Otot yang aktif bekerja biasanya mengalami rasa pegal yang disebabkan oleh ....
  - a. ATP
  - b. ADP
  - c. asam piruvat
  - d. asam laktat
  - e. glukosa
6. Keadaan-keadaan berikut dimiliki oleh otot jantung, *kecuali* ....
  - a. berinti banyak
  - b. letak inti di tengah
  - c. mengalami percabangan
  - d. dipengaruhi saraf sadar
  - e. cepat mengalami kelelahan
7. Kelainan tulang belakang yang melengkung ke arah samping kiri atau kanan dinamakan ....
  - a. skoliosis
  - b. kifosis
  - c. lordosis
  - d. ankoliosis
  - e. diskolasi
8. Biceps dan trisep merupakan otot yang bekerja secara antagonis dan biceps bersifat berikut, *kecuali* ....
  - a. fleksor
  - b. membengkokkan lengan bawah
  - c. memiliki dua insertio
  - d. memiliki dua origo
  - e. memiliki satu insertio
9. Berikut ini merupakan kelainan tulang akibat kelainan fisiologis, *kecuali* ....
  - a. aktromegali
  - b. osteoporosis
  - c. osteomalasia
  - d. rakhitis
  - e. fraktura
10. Berikut ini merupakan sifat-sifat otot rangka, *kecuali* ....
  - a. berkontraksi cepat
  - b. cepat lelah
  - c. dipengaruhi saraf pusat
  - d. letak inti di tengah
  - e. miofibril tidak homogen
11. Energi yang diperlukan agar terjadi gerak pada otot berasal dari ....
  - a. ATP
  - b. glukosa
  - c. saraf
  - d. ADP
  - e. protein
12. Yang disebut alat gerak aktif adalah ....
  - a. otot
  - b. tulang
  - c. tulang dan otot
  - d. tulang dan saraf
  - e. saraf

13. Kelelahan otot menyebabkan otot kejang. Keadaan ini disebut ....
- a. kram
  - b. tetanus
  - c. atropi otot
  - d. kontraksi
  - e. relaksasi
14. Pertumbuhan tulang tengkorak terhambat karena abnormalitas tirosin disebut ....
- a. hidrocefalus
  - b. mikrocefalus
  - c. akromegali
  - d. osteoporosis
  - e. rakhitis
15. Penyakit pada tulang pipa yang menebal karena kelebihan somatotropin disebut ....
- a. hidrocefalus
  - b. mikrocefalus
  - c. akromegali
  - d. osteoporosis
  - e. rakhitis

**B. Jawablah soal-soal berikut dengan singkat dan jelas.**

1. Jelaskan bagaimana pembentukan tulang pipa dan pemanjangannya.
2. Tuliskanlah dua macam kerangka tubuh (skeleton) dan tulang-tulang penyusunnya.
3. Tuliskanlah lima macam sendi pada persendian diartosis.
4. Jelaskan mekanisme gerak pada otot lurik dan kebutuhan energinya.
5. Tuliskanlah gangguan-gangguan yang dapat terjadi pada tulang, persendian, dan otot.

Peta Konsep



Tahukah kamu bagaimana zat makanan yang sudah dicerna didistribusikan ke seluruh tubuh? Kamu pasti ingat bahwa tubuh organisme merupakan gabungan dari berbagai sistem organ. Salah satunya adalah sistem peredaran darah yang berfungsi untuk mengedarkan zat makanan ke seluruh tubuh. Zat makanan berguna untuk pertumbuhan, mengganti sel-sel yang rusak, dan untuk beraktivitas.

Sistem peredaran darah disebut juga sistem transportasi, yang terjadi pada hewan vertebrata dan invertebrata. Pada hewan invertebrata lebih tepat digunakan istilah sistem transportasi. Hal ini disebabkan karena hewan invertebrata mengedarkan makanan tidak melalui pembuluh darah. Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat memahami tentang struktur, fungsi proses, dan penyakit pada sistem peredaran darah manusia dan hewan. Mari cermati uraiannya.

## A Sistem Peredaran Darah pada Manusia

Pada manusia, sistem transportasi atau peredaran darah terdiri atas tiga bagian utama, yaitu jantung, pembuluh darah, dan darah.

### 1. Jantung

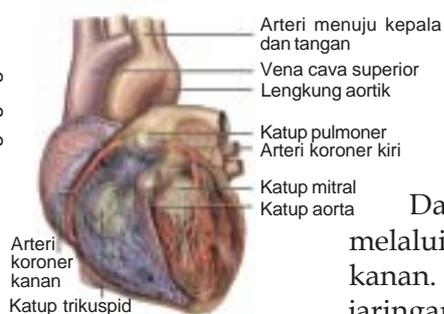
Jantung terletak di rongga dada, diselaputi oleh suatu membran pelindung yang disebut *perikardium*. Dinding jantung terdiri atas jaringan ikat padat yang membentuk suatu kerangka fibrosa dan otot jantung. Serabut otot jantung bercabang-cabang dan beranastomosis secara erat.

#### a. Struktur dan cara kerja jantung

Jantung manusia dan mamalia lainnya mempunyai empat ruangan, yaitu atrium kiri dan kanan, serta ventrikel kiri dan kanan. Dinding ventrikel lebih tebal daripada dinding atrium, karena ventrikel harus bekerja lebih kuat untuk memompa darah ke organ-organ tubuh yang lainnya. Selain itu, dinding ventrikel kiri lebih tebal daripada ventrikel kanan, karena ventrikel kiri bekerja lebih kuat memompa darah ke seluruh tubuh. Sedangkan, ventrikel kanan hanya memompa darah ke paru-paru. Atrium kiri dan kanan dipisahkan oleh sekat yang disebut *septum atriorum*. Sedangkan, sekat yang memisahkan ventrikel kiri dan kanan dinamakan *septum interventrikularis*.

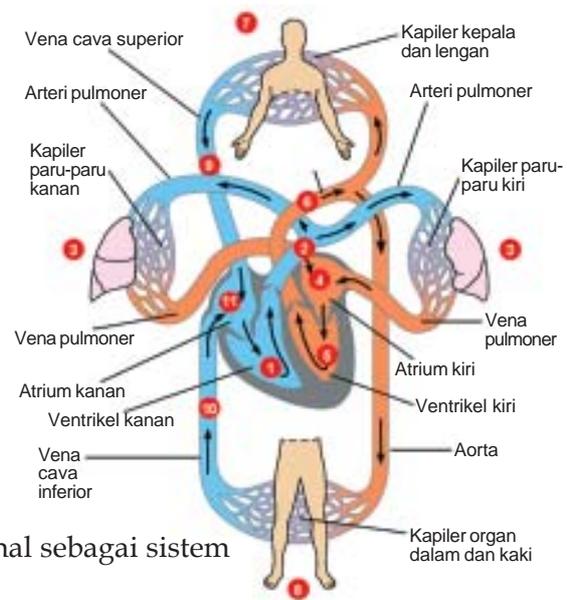
Darah kotor dari tubuh masuk ke atrium kanan, kemudian melalui katup yang disebut katup trikuspid mengalir ke ventrikel kanan. Nama trikuspid berhubungan dengan adanya tiga daun jaringan yang terdapat pada lubang antara atrium kanan dan ventrikel kanan. Kontraksi ventrikel akan menutup katup trikuspid, tetapi membuka katup pulmoner yang terletak pada

Sumber: [Image.google.co.id](https://image.google.co.id)



**Gambar 5.1**  
Struktur jantung

lubang masuk arteri pulmoner. Darah masuk ke dalam arteri pulmoner yang langsung bercabang-cabang menjadi cabang kanan dan kiri yang masing-masing menuju paru-paru kanan dan kiri. Arteri-arteri ini bercabang pula sampai membentuk arteriol. Arteriol-arteriol memberi darah ke pembuluh kapiler dalam paru-paru. Di sinilah darah melepaskan karbondioksida dan mengambil oksigen. Selanjutnya, darah diangkut oleh pembuluh darah yang disebut venul, yang berfungsi sebagai saluran anak dari vena pulmoner. Empat vena pulmoner (dua dari setiap paru-paru) membawa darah kaya oksigen ke atrium kiri jantung. Hal ini merupakan bagian sistem sirkulasi yang dikenal sebagai sistem pulmoner atau *peredaran darah kecil*.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 5.2**  
Skema peredaran darah manusia

Dari atrium kiri, darah mengalir ke ventrikel kiri melalui katup bikuspid. Kontraksi ventrikel akan menutup katup bikuspid dan membuka katup aortik pada lubang masuk ke aorta. Cabang-cabang yang pertama dari aorta terdapat tepat di dekat katup aortik. Dua lubang menuju ke arteri-arteri koroner kanan dan kiri. Arteri koroner ialah pembuluh darah yang memberi makan sel-sel jantung. Arteri ini menuju arteriol yang memberikan darah ke pembuluh kapiler yang menembus seluruh bagian jantung. Kemudian, darah diangkut oleh venul menuju ke vena koroner yang bermuara ke atrium kanan. Sistem sirkulasi bagian ini disebut *sistem koroner*.

Selain itu, aorta dari ventrikel kiri juga bercabang menjadi arteri yang mengedarkan darah kaya oksigen ke seluruh tubuh (kecuali paru-paru), kemudian darah miskin oksigen diangkut dari jaringan tubuh oleh pembuluh vena ke jantung (atrium kanan). Peredaran darah ini disebut *peredaran darah besar*.

**b. Denyut jantung dan tekanan darah**

Otot jantung mempunyai kemampuan untuk berdenyut sendiri secara terus menerus. Suatu sistem integrasi di dalam jantung memulai denyutan dan merangsang ruang-ruang di dalam jantung secara berurutan. Pada mamalia, setiap kontraksi dimulai dari simpul sinoatrium. Simpul sinoatrium atau pemacu terdiri atas serabut purkinje yang terletak antara atrium dan sinus venosus. Impuls menyebar ke seluruh bagian atrium dan ke simpul atrioventrikel. Selanjutnya, impuls akan diteruskan ke otot ventrikel melalui serabut purkinje. Hal ini berlangsung cepat sehingga kontraksi ventrikel mulai pada apeks jantung dan menyebar dengan cepat ke arah pangkal arteri besar yang meninggalkan jantung.



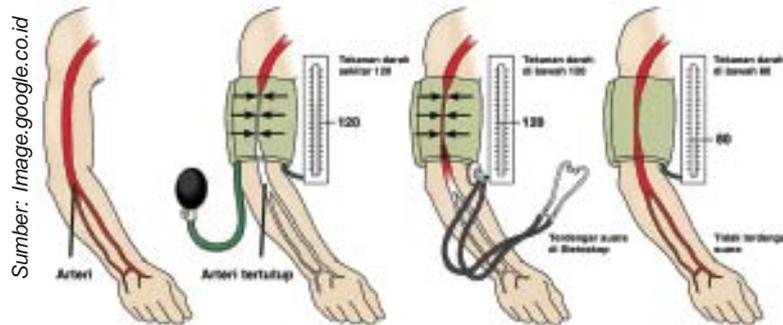
Mengapa jumlah denyut jantung orang yang sedang berolah raga lebih tinggi daripada orang yang sedang istirahat?

Diskusikan dengan teman sebangkumu.

Kecepatan denyut jantung dalam keadaan sehat berbeda-beda, dipengaruhi oleh pekerjaan, makanan, umur dan emosi. Irama dan denyut jantung sesuai dengan siklus jantung. Jika jumlah denyut ada 70 maka berarti siklus jantung 70 kali semenit. Kecepatan normal denyut nadi pada waktu bayi sekitar 140 kali permenit, denyut jantung ini makin menurun dengan bertambahnya umur, pada orang dewasa jumlah denyut jantung sekitar 60 - 80 per menit.

Pada orang yang beristirahat jantungnya berdetak sekitar 70 kali per menit dan memompa darah 70 ml setiap denyut (volume denyutan adalah 70 ml). Jadi, jumlah darah yang dipompa setiap menit adalah  $70 \times 70$  ml atau sekitar 5 liter. Sewaktu banyak bergerak, seperti olahraga, kecepatan jantung dapat menjadi 150 setiap menit dan volume denyut lebih dari 150 ml. Hal ini, membuat daya pompa jantung 20 - 25 liter per menit.

Darah mengalir, karena kekuatan yang disebabkan oleh kontraksi ventrikel kiri. Sentakan darah yang terjadi pada setiap kontraksi dipindahkan melalui dinding otot yang elastis dari seluruh sistem arteri. Peristiwa ketika jantung mengendur atau sewaktu darah memasuki jantung disebut *diastol*. Sedangkan, ketika jantung berkontraksi atau pada saat darah meninggalkan jantung disebut *sistol*. Tekanan darah manusia yang sehat dan normal sekitar 120 atau 80 mm Hg. 120 merupakan tekanan sistol, dan 80 adalah tekanan diastole.



Gambar 5.3  
Tekanan sistol dan diastol

## 2. Pembuluh Darah

Pembuluh darah merupakan jalan bagi darah yang mengalir dari jantung menuju ke jaringan tubuh, atau sebaliknya. Pembuluh darah dapat dibagi menjadi tiga macam, yaitu pembuluh nadi, pembuluh vena, dan pembuluh kapiler.

### a. Pembuluh nadi

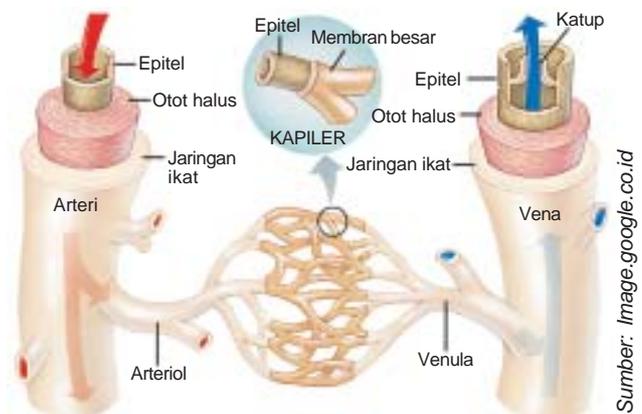
Pembuluh nadi atau pembuluh arteri ialah pembuluh darah yang membawa darah dari jantung menuju kapiler. Arteri vertebrata dilapisi endotel dan mempunyai dinding yang relatif tebal yang mengandung jaringan ikat elastis dan otot polos. Arteri cenderung terletak agak lebih dalam di jaringan badan.

Dinding arteri besar (aorta) yang keluar dari jantung banyak mengandung jaringan ikat. Kekuatan tiap sistol ventrikel mendorong darah ke dalam arteri dan melebarkannya agar dapat menampung darah tersebut. Pada waktu diastol, kelenturan dinding bagian pertama arteri tersebut membantu mendorong darah ke bagian arteri yang menjadi lebar. Elastisitas arteri yang besar itu mengubah arus darah menjadi mantap dan tenang. Peregangan dan kontraksi arteri yang terjadi bergantian dengan sangat cepat menuju perifer (7,5 m per detik) yang dapat dirasakan sebagai denyut nadi.

Setelah arteri mencapai jaringan, arteri akan bercabang-cabang. Pada tiap cabang rongga saluran menjadi makin sempit, tetapi jumlah luas penampang makin besar sehingga kecepatan arus darah berkurang dan tekanannya menurun.

**b. Pembuluh vena**

Pembuluh vena atau pembuluh balik ialah pembuluh darah yang membawa darah ke arah jantung. Pembuluh vena terdiri atas tiga lapisan, seperti pembuluh arteri. Dari lapisan dalam ke arah luar adalah endotel, jaringan elastik dan otot polos, serta jaringan ikat fibrosa. Pada sepanjang pembuluh vena, terdapat katup-katup yang mencegah darah kembali ke jaringan tubuh. Pembuluh vena terletak lebih ke permukaan pada jaringan tubuh daripada pembuluh arteri.



**Gambar 5.4**  
Arteri dan vena manusia

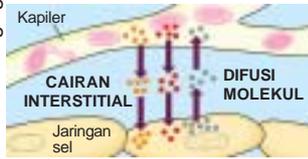
Perbedaan pembuluh arteri dengan pembuluh vena dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

**Tabel 5.1** Perbedaan arteri dengan vena

No.	Sifat	Arteri	Vena
1.	dinding	tebal dan elastis	tipis, kurang elastis
2.	katup	satu pada pangkal arteri	banyak, sepanjang vena
3.	letak	di bagian dalam tubuh	permukaan tubuh
4.	tekanan	kuat, jika terpotong darah memancar	lemah, jika terpotong darah menetes
5.	arah aliran	ke luar jantung	masuk ke jantung

Pada manusia dan mamalia, selain pembuluh darah vena dari jaringan tubuh yang kembali ke jantung, ada pula vena yang sebelum kembali ke jantung singgah dahulu ke suatu alat tubuh, misalnya darah dari usus sebelum ke jantung singgah dulu ke hati. Peredaran darah ini disebut *sistem vena porta*.

Sumber: Image.google.co.id



**Gambar 5.5**  
Pertukaran kapiler

### c. Pembuluh kapiler

Pembuluh kapiler ialah pembuluh darah kecil yang mempunyai diameter kira-kira sebesar sel darah merah, yaitu 7,5  $\mu\text{m}$ . Meskipun diameter sebuah kapiler sangat kecil, jumlah kapiler yang timbul dari sebuah arteri cukup besar sehingga total daerah sayatan melintang yang tersedia untuk aliran darah meningkat. Pada orang dewasa kira-kira ada 90.000 km kapiler.

Dinding kapiler terdiri atas satu lapis sel epitel yang permiablel daripada membran plasma sel. Oksigen, glukosa, asam amino, berbagai ion dan zat lain yang diperlukan secara mudah dapat berdifusi melalui dinding kapiler ke dalam cairan interstitium mengikuti gradien konsentrasinya. Sebaliknya, karbondioksida, limbah nitrogen, dan hasil sampingan metabolisme lain dapat dengan mudah berdifusi ke dalam darah.

## 3. Darah

Medium transpor dari sistem sirkulasi adalah darah. Darah tidak hanya mengangkut oksigen dan karbondioksida ke dan dari jaringan-jaringan dan paru-paru. Tetapi juga mengangkut bahan lainnya ke seluruh tubuh. Hal ini meliputi molekul-molekul makanan (seperti gula, asam amino) limbah metabolisme (seperti urea), ion-ion dari macam-macam garam (seperti  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ), dan hormon-hormon. Darah juga berfungsi mengedarkan panas dalam tubuh. Selain itu, darah memainkan peranan aktif dalam memerangi bibit penyakit.

Darah yang terdapat di dalam tubuh kira-kira 8% bobot tubuh. Jadi, seorang laki-laki dengan bobot badan 70 kg mempunyai volume darah kira-kira 5,4 liter.

Darah manusia terdiri atas dua komponen, yaitu sel-sel darah yang berbentuk padatan dan plasma darah yang berbentuk cairan. Jika darah disentrifugasi, maka darah akan terbagi menjadi beberapa bagian. Bagian paling bawah adalah sel-sel darah merah, lapisan di atasnya adalah lapisan berwarna kuning yang berisi sel-sel darah putih. Sedangkan, lapisan paling atas adalah plasma darah.

**Tabel 5.2** Komposisi darah dan fungsinya

Plasma 55%		Sel-Sel Darah	
Kandungan	Fungsi Utama	Jenis dan Jumlah ( $\text{mm}^3$ )	Kandungan
<b>Air</b>	pelarut bagi zat-zat lain	sel darah merah (5 - 6 juta)	mengangkut $\text{O}_2$ dan membantu $\text{CO}_2$
<b>Garam</b> - sodium - potassium - calcium	- Mempertahankan tekanan osmotik - Mempertahankan pH dan regulasi	sel darah putih (5.000 - 10.000)	pertahanan tubuh dan kekebalan

Sumber: Encarta Library 2005



**Gambar 5.6**  
Komponen darah terdiri atas komponen cair dan padat

- <i>magnesium</i> - <i>klorida</i>	- permeabilitas membran		
<b>Plasma protein</b> - <i>albumin</i> - <i>fibrinogen</i> - <i>imunoglobulins</i>	- mempertahankan tekanan osmotik dan pH - proses pembekuan darah - pertahanan tubuh (antibodi)	keping darah (250.000 - 400.000)	pembekuan darah

### a. Sel-sel darah

Sel-sel darah dapat dibagi menjadi tiga macam, yaitu sel darah merah, sel darah putih, dan keping-keping darah. Sel-sel darah ini cukup besar sehingga dapat diamati dengan mikroskop biasa.

#### 1) Sel darah merah (eritrosit)

Dari ketiga macam sel darah, sel darah merah mempunyai jumlah terbanyak. Pada wanita normal mempunyai kira-kira 4,5 juta sel darah merah dalam setiap mm<sup>3</sup> darah. Sedangkan, pada laki-laki normal sekitar 5 juta sel darah merah setiap mm<sup>3</sup>. Selain itu, jumlah sel darah merah juga dipengaruhi oleh ketinggian tempat seseorang hidup dan kesehatan seseorang.

Sel-sel darah merah mempunyai bentuk cakram bikonkaf dengan diameter 7,5 µm, ketebalan 2 µm, dan tidak berinti sel. Bentuk bikonkaf ini mempercepat pertukaran gas-gas antara sel-sel dan plasma darah. Sel darah merah dibentuk dalam tulang-tulang rusuk, tulang dada, dan tulang belakang. Eritrosit memiliki pigmen respirasi, yaitu hemoglobin yang berperan mengikat oksigen sehingga membentuk oksihemoglobin (HbO<sub>2</sub>).

Jangka hidup sel-sel darah merah kira-kira 120 hari. Sel-sel darah merah yang telah tua akan ditelan oleh sel-sel fagositik dalam hati. Sebagian besar besi dari hemoglobin digunakan kembali. Sedangkan, sisa dari molekul hemoglobin yang dipecah menjadi pigmen empedu yang diekskresikan oleh hati ke dalam empedu.



Sumber: Image.google.co.id

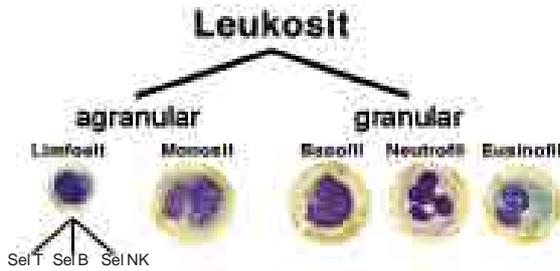
**Gambar 5.7**  
Sel darah merah

#### 2) Sel darah putih (leukosit)

Sel darah putih mempunyai satu inti sel dan berbentuk tidak tetap. Fungsi umum dari sel darah putih adalah melindungi tubuh dari infeksi. Umur leukosit dalam sistem peredaran darah adalah 12 - 13 hari. Berdasarkan granula yang dikandung sitoplasma, sel darah putih dapat dibedakan menjadi sel darah putih bergranula (granulosit) dan sel darah putih yang tidak bergranula (agranulosit). Leukosit yang bergranula, contohnya *eusinofil* (2 - 4 %), *basofil* (0,5 - 1 %), dan *neutrofil* (60 - 70 %). Sedangkan, leukosit yang tidak bergranula, contohnya limfosit (20 - 25 %) dan monosit (3 - 8 %).

Neutrofil dan monosit melindungi tubuh dengan cara melakukan endositosis terhadap partikel asing yang masuk ke dalam tubuh. Jumlah eusinofil akan meningkat jika tubuh

mengidap cacing-cacing parasit. Basofil berperan dalam reaksi alergi dengan membentuk sel *mast*. Sedangkan, limfosit berperan dalam pembentukan antibodi.



**Gambar 5.8**  
Macam-macam sel darah putih

Semua sel-sel darah putih dibuat dalam sumsum tulang dan kelenjar limfa. Jumlah sel darah putih di dalam tubuh kira-kira 5.000 - 10.000 sel setiap mm<sup>3</sup> darah. Jika terjadi infeksi, jumlah leukosit di dalam tubuh bisa meningkat mencapai 30.000. Jumlah leukosit yang melebihi jumlah normal ini disebut *leukopeni*. Sedangkan, jumlah leukosit yang kurang dari jumlah

normal disebut *leukositosis*. Contoh keadaan jumlah leukosit menjadi lebih besar dari normal adalah leukimia atau kanker darah. Leukosit yang sangat banyak ini mengakibatkan fagositosis terhadap sel darah merah oleh sel darah putih.

### 3) Keping-keping darah (trombosit)

Keping-keping darah adalah fragmen sel-sel yang dihasilkan oleh sel-sel besar (megakariosit) dalam sumsum tulang. Trombosit berbentuk seperti cakera atau lonjong dan berukuran 2  $\mu$ m. Keping-keping darah mempunyai umur hanya 8 - 10 hari. Secara normal dalam setiap mm<sup>3</sup> darah terdapat 150.000 - 400.000 keping-keping darah. Trombosit memiliki peranan dalam pembekuan darah.

#### b. Plasma darah

Plasma darah ialah cairan berwarna kekuning-kuningan dan terdapat sel-sel darah. Komponen terbesar dari plasma darah adalah air. Dalam plasma darah terlarut molekul-molekul dan ion-ion yang beraneka ragam. Molekul-molekul ini meliputi glukosa yang bekerja sebagai sumber utama energi untuk sel-sel dan asam amino. Selain molekul makanan, juga terdapat sisa metabolisme sel. Vitamin-vitamin dan hormon juga terdapat dalam plasma darah. Sejumlah ion, misalnya Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup> terdapat dalam plasma darah. Kira-kira 7 % plasma terdiri atas molekul-molekul protein, seperti fibrinogen yang esensial untuk proses pembekuan darah.

## 4. Golongan Darah dan Transfusi

Darah manusia dapat digolongkan berdasarkan komposisi aglutinogen dan aglutininnya. Antigen adalah suatu jenis protein yang mampu merangsang pembentukan antibodi. Penggolongan ini sangat bermanfaat untuk transfusi darah. Untuk lebih memahami, mari ikuti uraian tentang golongan darah dan transfusi darah berikut ini.

### a. Golongan darah

Golongan darah pada manusia dapat dibedakan menjadi empat golongan berdasarkan ada atau tidak adanya antigen (aglutinogen) dan antibodi (aglutinin). Orang yang bergolongan darah A, pada membran sel darah merah mengandung antigen atau aglutinogen A. Sementara, plasma darahnya mengandung aglutinin  $\beta$  (antibodi  $\beta$ ). Orang yang bergolongan darah B, pada membran sel darah merah mengandung aglutinogen B, sementara plasma darahnya mengandung aglutinin  $\alpha$  (antibodi  $\alpha$ ).

Orang yang bergolongan darah AB, pada membran sel darah merah mengandung aglutinogen A dan B, sementara plasma darahnya tidak mengandung antibodi  $\alpha$  dan  $\beta$ . Sedangkan, orang yang bergolongan darah O, pada membran sel darah merah tidak memiliki aglutinogen A dan B, sementara plasma darahnya mengandung aglutinin  $\alpha$  dan  $\beta$ . Untuk lebih memahami, mari perhatikan Tabel 5.3 di bawah ini.

**Tabel 5.3.** Aglutinogen dan aglutinin dalam darah

Golongan Darah	Aglutinogen	Aglutinin
A	A	$\beta$
B	B	$\alpha$
AB	A B	—
O	—	$\alpha$ dan $\beta$

### b. Transfusi darah

Transfusi darah adalah pemberian darah dari seseorang kepada orang yang memerlukan. Orang yang memberi darah disebut *donor*, sedangkan orang yang menerima darah disebut *resipien*. Dalam transfusi darah, donor harus memperhatikan jenis aglutinogen (antigen) yang dimilikinya. Sedangkan, pada resipien yang perlu diperhatikan adalah aglutininnya (antibodi).

Jika antigen A (aglutinogen A) bertemu dengan antibodi  $\alpha$  (aglutinin  $\alpha$ ), maka darah akan menggumpal atau membeku. Begitu pula sebaliknya, jika antigen B (aglutinogen B) bertemu dengan antibodi  $\beta$  (aglutinin  $\beta$ ), maka darah juga akan menggumpal atau membeku.

Golongan darah O dapat menjadi donor bagi semua golongan darah, karena golongan darah ini tidak memiliki aglutinogen A maupun B sehingga tidak menyebabkan aglutinasi atau penggumpalan darah. Oleh karena itu, golongan darah O disebut donor universal. Golongan darah O hanya dapat menerima darah dari orang yang bergolongan darah O juga, dan tidak dapat menerima darah dari golongan darah yang lainnya karena golongan darah O memiliki antibodi  $\alpha$  dan  $\beta$ .

**Tabel 5.4.** Skema Kemungkinan Terjadinya Transfusi Darah

		Resipien				
		Aglutinin				
D O N O R	Aglutinogen	A	B	AB	O	
	A	-	+	-	+	
	B	+	-	-	+	
	AB	+	+	-	-	
	O	-	-	-	-	

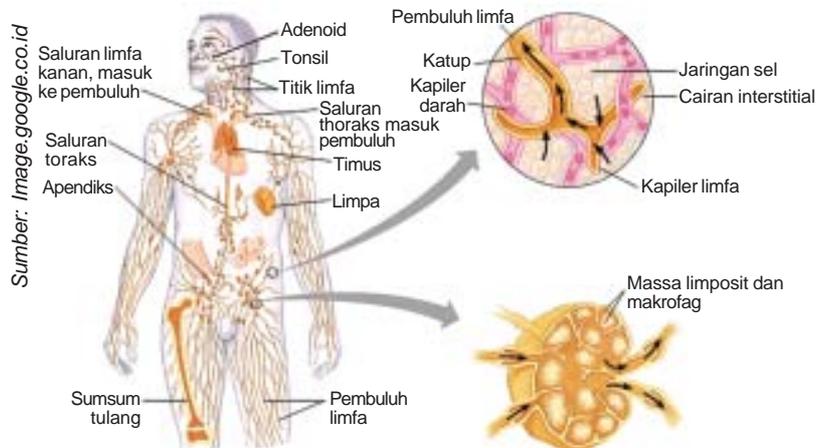
+ = terjadi penggumpalan  
- = tidak terjadi penggumpalan

Golongan darah AB merupakan resipien universal, karena dapat menerima darah dari golongan darah A, B, AB, maupun O. Hal ini disebabkan karena golongan darah AB tidak mempunyai antibodi (aglutinin)  $\alpha$  maupun  $\beta$ , tetapi hanya memiliki antigen (aglutinogen) A dan B.

Selain golongan darah, ada faktor lain yang menentukan dalam transfusi darah, yaitu suatu antigen yang dimiliki manusia yang dinamakan rhesus. Rhesus negatif adalah darah yang di dalam eritrositnya tidak mengandung antigen rhesus, tetapi dalam plasma darahnya mampu membentuk antibodi atau aglutinin rhesus. Jika darah seseorang yang bergolongan rhesus positif ditransfusikan ke golongan rhesus negatif, maka akan terjadi penggumpalan walaupun golongan darahnya sama.

## 5. Peredaran Limfa

Pada mamalia dan manusia, selain peredaran darah, terdapat pula peredaran limfa atau getah bening. Cairan limfa tidak mengandung eritrosit dan trombosit, tetapi banyak mengandung sel darah putih, yaitu limfosit. Limfa berperan dalam mengangkut sisa metabolisme, lemak dari usus, dan menghancurkan kuman. Peredaran limfa tidak selalu melalui pembuluh sehingga disebut peredaran terbuka.



**Gambar 5.9**  
Pembuluh getah bening (limfa) pada manusia

Peredaran limfa dimulai dari jaringan dan berakhir pada pembuluh balik di bawah selangka. Cairan limfa berasal dari plasma darah dalam kapiler darah yang keluar menuju jaringan tubuh. Kemudian, cairan limfa ini masuk ke dalam dua macam pembuluh getah bening, yaitu duktus limfatikus dekster dan duktus toraksikus sinister. Duktus limfatikus dekster ialah pembuluh yang mengalirkan cairan limfa dari kepala, leher, dada, paru-paru, jantung, dan tangan sebelah kanan masuk ke pembuluh balik bawah tulang selangka kanan. Sedangkan, duktus toraksikus sinister ialah pembuluh yang mengalirkan cairan limfa dari kepala, leher, dada, paru-paru, jantung, dan tangan sebelah kiri masuk ke pembuluh balik di bawah tulang selangka kiri.

Gangguan pada darah dan sistem peredaran darah dapat terjadi karena kerusakan, faktor keturunan, dan lainnya. Gangguan tersebut, antara lain:

## B Gangguan dan Kelainan Sistem Peredaran Darah

### 1. Anemia

Anemia adalah penyakit kekurangan darah. Hal ini disebabkan karena kekurangan zat hemoglobin dan zat besi.

### 2. Leukimia (Kanker Darah)

Leukimia merupakan kelainan sistem peredaran darah yang disebabkan oleh pertumbuhan sel darah putih atau leukosit yang tidak terkendali. Sehingga, sel darah putih berlebih dan memakan sel darah merah.

### 3. Hipertensi

Hipertensi adalah tekanan darah tinggi, yang disebabkan karena penyempitan pembuluh darah. Tekanan sistolnya sekitar 140 - 200 mmHg dan tekanan diastolnya sekitar 90 - 110 mmHg. Tekanan darah yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pecahnya pembuluh darah atau tersumbatnya arteri di otak. Hal ini dapat mengakibatkan penderita meninggal dunia karena stroke.

### 4. Hipotensi

Hipotensi adalah tekanan darah rendah, tekanan sistolnya di bawah 100 mmHg. Penderita hipotensi biasanya mengalami pusing-pusing dan jantung berdetak lebih cepat.

## 5. Hemofili

Hemofili adalah penyakit keturunan berupa darah sukar membeku jika terjadi luka. Darah akan terus mengalir lewat luka sekecil apapun sehingga penderita meninggal karena kehabisan darah.

## 6. Penyakit Kuning pada Bayi (*Eritroblastosis Fetalis*)

Penyakit *eritroblastosis fetalis* disebabkan karena aglutinin atau anti rh darah ibu masuk ke dalam darah anaknya yang memiliki rh<sup>+</sup>. Hal ini menyebabkan sel-sel darah anak rusak atau menggumpal.

## 7. Varises

Varises adalah pelebaran pembuluh balik (vena). Umumnya terjadi pada wanita hamil, orang yang terlalu lama berdiri atau jongkok.

## 8. Trombus (embolus)

Trombus adalah kelainan pada jantung karena adanya gumpalan di dalam nadi tajuk. Gumpalan ini menyebabkan penyumbatan di dalam nadi sehingga otot jantung kekurangan makanan dan oksigen. Hal ini, menyebabkan sebagian otot jantung mati sehingga terjadi serangan jantung.

## 9. Miokarditis

Miokarditis adalah kelainan pada otot jantung karena radang. Peradangan ini menyebabkan kerja otot jantung terganggu.

## 10. Sklerosis

Sklerosis adalah kelainan pembuluh nadi yang mengeras. Hal ini menyebabkan elastisitas pembuluh darah menurun sehingga tekanan darah meningkat. Jika sklerosis terjadi pada arteriol di otak, maka akan menyebabkan stroke.

## C

## Sistem Transportasi pada Hewan

Sistem peredaran darah disebut juga sistem transportasi yang terjadi pada hewan vertebrata dan invertebrata. Mari cermati uraiannya.

### 1. Transportasi pada Invertebrata

Hewan invertebrata memiliki sistem transportasi yang berbeda-beda. Berikut ini akan dijelaskan beberapa sistem transportasi pada hewan invertebrata.

#### a. Protozoa

Hewan protozoa tidak membutuhkan suatu sistem pengangkutan yang khusus. Difusi, pengangkutan aktif, dan aliran sitoplasma cukup menjamin sebagian tubuhnya mendapat bahan-bahan yang memadai.

##### 1) *Paramecium*

Pada *Paramecium* yang hanya terdiri atas satu sel, transportasi dilakukan oleh sel itu sendiri. Proses masuknya gas oksigen ke dalam sel dan pengeluaran gas karbondioksida terjadi secara difusi melalui membran plasma. Sedangkan, makanan yang berukuran kecil ditelan oleh sel melalui sitostom (mulut sel) yang kemudian dicerna di dalam vakuola makanan. Molekul-molekul makanan yang telah dicerna, kemudian secara difusi atau pengangkutan aktif oleh vakuola kontraktil masuk ke dalam sitoplasma.

##### 2) *Planaria* dan *Hydra*

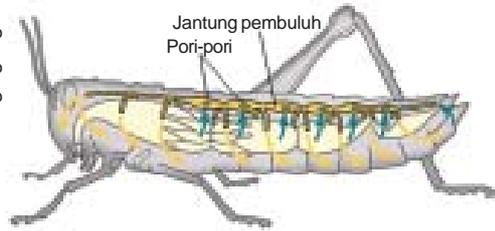
Sistem transportasi pada *planaria* dan *hydra* dilakukan oleh aliran cairan di dalam ruang gastrovaskuler yang bercabang-cabang. Ruang gastrovaskuler ini dilapisi oleh sel endosit. Pencernaan pada *planaria* dan *hydra* terjadi secara intrasel yang dilakukan di dalam sel endosit. Dengan demikian, percabangan ruang gastrovaskuler yang mengandung sel-sel endosit menyebabkan permukaan dalam saluran pencernaan menjadi luas sehingga efisien dalam penyerapan zat. Pada *planaria*, saluran pengeluarannya bercabang-cabang ke seluruh jaringan tubuh dan mengumpulkan zat-zat sisa metabolisme untuk dikeluarkan melalui sel-sel api.

#### b. Serangga

Sistem transportasi pada serangga terjadi tidak hanya di dalam pembuluh darah, tetapi juga terjadi di dalam rongga badan serangga tersebut. Sistem transportasi demikian dinamakan sistem peredaran darah terbuka.

Pada belalang terdapat homosol, yaitu rongga badan yang mengecil. Untuk efisiensi aliran dan pembagian darah,

Sumber: Image.google.co.id

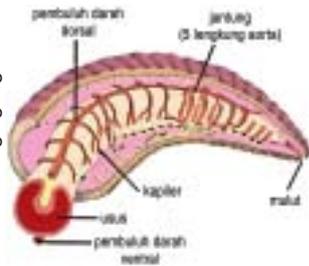


**Gambar 5.10**  
Sistem transportasi belalang

homosel ini terbagi menjadi kamar-kamar yang disebut *sinus*. Bagian sistem tertutup pada peredaran darah adalah sebuah jantung tabung yang panjang dan aorta yang terdapat di sebelah dorsal. Jantung memompa darah ke dalam sinus-sinus dorsal dari homosel yang merupakan tempat terjadinya pertukaran bahan-bahan. Sambil berkontraksi, katup-katup kecil pada dinding jantung terbuka, kemudian darah masuk dari sinus dorsal ke jantung. Darah serangga berwarna biru karena mengandung pigmen respirasi haemosianin.

### c. Cacing tanah

Sumber: Image.google.co.id



**Gambar 5.11**  
Sistem transportasi cacing tanah

Cacing tanah berukuran relatif besar dan kompleks. Cacing ini memiliki sistem peredaran darah tertutup. Peredaran darah tertutup adalah peredaran darah yang mengalir di dalam pembuluh darah dan pembuluh kapiler darah.

Pompa yang mengatur aliran cairan pada cacing tanah ialah lima pasang gelung aorta. Kontraksi otot dari dinding gelung aorta ini mendesak darah mengalir ke dalam pembuluh darah ventral. Pembuluh darah ventral mengangkut darah ke arah belakang dan mengalirkannya ke pembuluh kapiler. Pada pembuluh kapiler ini terjadi pertukaran bahan-bahan dengan sel. Setelah itu, darah ke pembuluh darah dorsal. Pembuluh darah ini berkontraksi menurut irama, mendesak darah kembali ke gelung aorta. Darah cacing tanah memiliki hemoglobin yang berfungsi mengikat  $O_2$ .

## 2. Sistem Transportasi pada Vertebrata

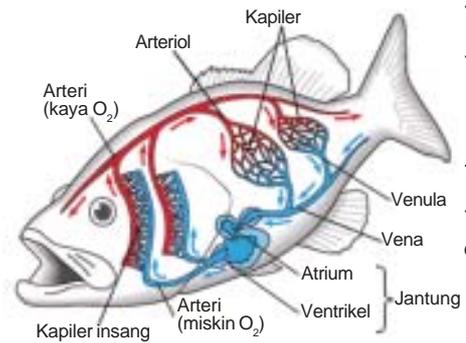
Sistem transportasi pada hewan vertebrata adalah sistem peredaran darah tertutup, karena darah mengalir di dalam pembuluh darah dan kapiler darah. Pada kapiler darah terjadi pertukaran zat makanan maupun udara. Sistem peredaran darah tertutup dapat dibagi menjadi dua, yaitu peredaran darah tunggal dan peredaran darah ganda.

### a. Ikan

Sistem transportasi ikan merupakan peredaran darah tunggal, karena hanya satu kali melalui jantung dalam satu peredaran darah lengkap. Jantung ikan tersusun atas sebuah sinus venosus, atrium, ventrikel, dan sebuah konus arteriosus yang tersusun secara linier.

Darah kotor yang terkumpul dari seluruh badan ikan masuk ke atrium yang berdinding tipis. Pada waktu jantung kendur, darah mengalir melalui sebuah katup ke dalam ventrikel yang berdinding tebal. Kontraksi ventrikel yang kuat

mendesak darah keluar melalui aorta ventralis yang bercabang-cabang menjadi 6 pasang *lung* aorta yang menjulur secara dorsal menuju insang melalui arteri eferen brankialis. Darah yang mengandung  $\text{CO}_2$  tersebut dilepaskan ke dalam air melalui kapiler dalam insang dan  $\text{O}_2$  berdifusi dari air menuju insang. Darah dari insang yang mengandung  $\text{O}_2$ , kemudian meninggalkan insang menuju aorta dorsalis. Aorta dorsalis membagi darah ini menjadi cabang-cabang yang menuju ke seluruh bagian tubuh. Pada seluruh bagian tubuh ini  $\text{O}_2$  digunakan oleh sel, yang menghasilkan  $\text{CO}_2$ . Darah kotor dari tubuh bagian depan kembali ke jantung melalui vena kardinalis anterior, sedangkan darah kotor dari tubuh bagian belakang masuk ke jantung melalui vena kardinalis posterior. Darah kotor dari hati kembali ke jantung melewati vena hepatika.



Sumber: Image.google.co.id

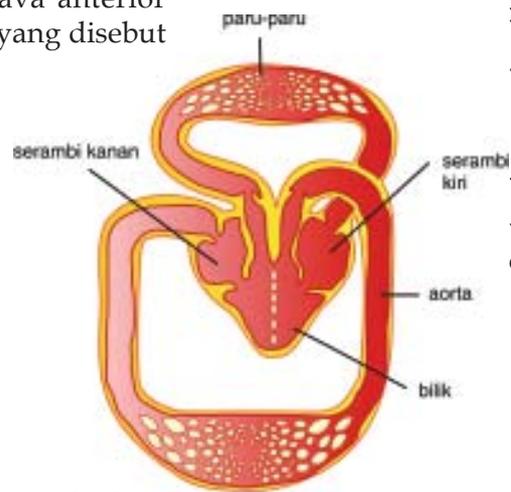
**Gambar 5.12**  
Sistem transportasi ikan

**b. Amfibia**

Peredaran darah pada amfibia, contohnya katak ialah peredaran darah ganda karena darah melalui jantung sebanyak dua kali, yaitu pada saat peredaran darah kecil dan peredaran darah besar. Peredaran darah kecil ialah peredaran darah dari jantung menuju paru-paru, kemudian menuju jantung kembali. Peredaran darah besar ialah peredaran darah dari jantung menuju ke seluruh tubuh lalu kembali ke jantung.

Jantung katak memiliki tiga ruang, yaitu dua atrium dan satu ventrikel. Jadi, darah yang mengalir dari tubuh (darah miskin  $\text{O}_2$ ) dan paru-paru (darah kaya  $\text{O}_2$ ) terpisahkan oleh dua buah atrium, tetapi keduanya bersatu dalam satu ventrikel. Pada jantung katak terdapat muara dari vena cava anterior dan vena cava posterior, berupa suatu gelembung yang disebut sinus venosus.

Atrium kanan menerima darah miskin oksigen dari pembuluh darah balik (vena) yang berasal dari seluruh tubuh kecuali paru-paru. Sedangkan, darah dari paru-paru yang kaya oksigen dialirkan ke atrium kiri. Darah dari kedua atrium kemudian mengalir ke satu ventrikel. Kontraksi ventrikel ini akan mendesak darah ke sebuah pembuluh yang bercabang-cabang menjadi cabang kiri dan kanan. Masing-masing dari cabang ini langsung bercabang-cabang menjadi tiga arteri pokok. Arteri anterior mengalirkan darah ke kepala dan otak. Cabang tengah, *lung* aorta mengalirkan darah ke jaringan interna dan alat dalam badan, sedangkan arteri posterior mengalirkan darah ke kulit dan paru-paru.



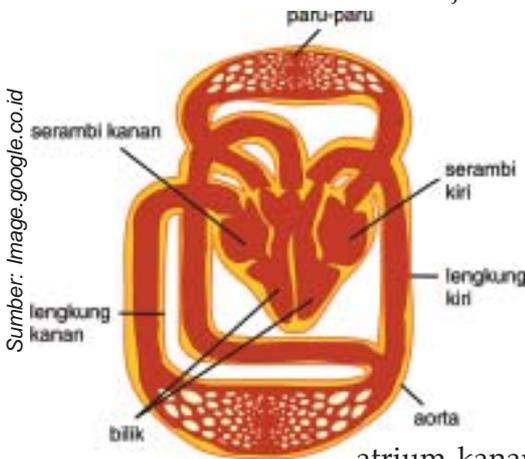
Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 5.13**  
Sistem peredaran katak

Darah dari bagian anterior kembali ke jantung melalui vena cava anterior, dan dari tubuh bagian belakang melalui vena cava posterior yang bermuara pada sinus venosus dan masuk ke jantung melalui atrium kanan. Sedangkan, atrium kiri dimasuki oleh darah dari paru-paru melalui vena pulmoner.

### c. Reptilia

Reptilia, contohnya kadal, mempunyai suatu modifikasi jantung yang lebih maju daripada amfibi. Pada jantung kadal, septum atau sekat membagi ventrikel secara tidak sempurna. Bila ventrikel berkontraksi, lubang pada septum tertutup sehingga ventrikel terbagi menjadi dua kamar yang benar-benar terpisah walaupun sesaat. Ini mencegah pencampuran darah yang kaya oksigen dan miskin oksigen. Hal ini menyebabkan kadal digolongkan menjadi hewan yang mempunyai empat ruang dalam jantungnya.



**Gambar 5.14**  
Sistem peredaran darah reptil

Reptil memiliki sistem peredaran darah ganda, yaitu peredaran darah ke paru-paru dan peredaran darah ke seluruh tubuh. Darah dari jantung dipompa oleh ventrikel kanan menuju paru-paru melalui arteri pulmonalis. Selanjutnya, darah dari paru-paru masuk ke atrium kiri melalui vena pulmonalis. Dari atrium kiri, darah menuju ventrikel kiri, kemudian dipompa melalui aorta ke seluruh tubuh. Aorta bercabang menjadi arteri anterior yang menuju tubuh bagian depan dan arteri posterior yang menuju tubuh bagian belakang. Darah kembali dari tubuh menuju atrium kanan jantung melalui pembuluh vena. Pembuluh dari tubuh bagian depan disebut vena cava anterior, sedangkan dari tubuh bagian belakang disebut vena cava posterior.

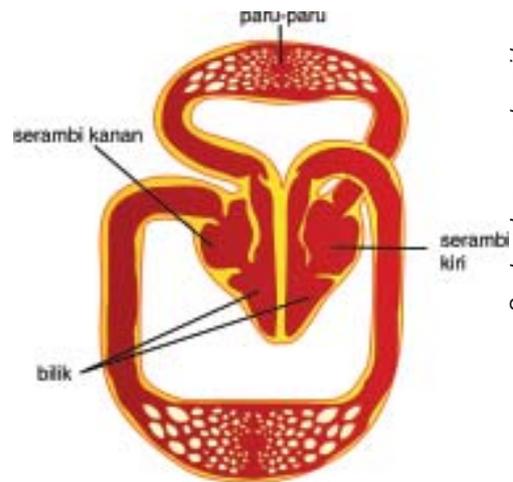
### d. Aves

Pada burung, septum jantung telah sempurna sehingga jantung burung empat ruangan, yaitu dua ruang atrium ber dinding tipis dan dua ruang ventrikel dengan dinding yang tebal. Baik antara atrium kanan dan kiri, maupun antara ventrikel kanan dan kiri telah benar-benar terpisah.

Atrium kanan menerima darah miskin oksigen dari seluruh tubuh kecuali paru-paru. Kemudian, darah menuju ventrikel kanan dan dipompakan ke paru-paru melalui arteri pulmonalis. Sesampainya di paru-paru, darah melepaskan karbondioksida dan mengambil oksigen. Darah kaya oksigen ini dibawa dari paru-paru menuju atrium kiri melalui pembuluh darah vena pulmonalis. Peredaran darah dari jantung ke paru-paru, kemudian kembali lagi ke jantung ini disebut *peredaran darah kecil*.

Darah dari atrium kiri menuju ventrikel kiri. Darah di dalam ventrikel kiri ini dipompa ke luar menuju organ-organ tubuh melalui aorta. Aorta memiliki dua percabangan, yaitu lengkung aorta dan arteri carotid yang menuju leher dan kepala. lengkung aorta bercabang-cabang menjadi arteri yang mengalirkan darah ke berbagai organ tubuh, misalnya arteri subclavia yang menuju sayap.

Dari organ tubuh, darah kembali ke jantung melalui pembuluh vena. Darah dari tubuh bagian belakang menuju ke jantung melalui vena cava dorsalis, dan dari tubuh bagian depan melalui vena cava ventralis.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 5.15**  
Sistem peredaran darah burung



Kamu telah mempelajari sistem peredaran darah pada manusia dan hewan. Hal-hal penting apa sajakah yang harus diketahui dalam mempelajarinya? Catatlah dalam bentuk rangkuman. Kemudian, tukarlah hasil rangkumanmu dengan rangkuman teman. Berikan masukan dan saran pada rangkuman masing-masing.

### Daftar Istilah

<b>Aglutinasi</b>	= proses penggumpalan darah.
<b>Aglutinin</b>	= protein dalam plasma darah yang dapat menggumpalkan aglutinogen.
<b>Antigen</b>	= protein asing yang masuk ke dalam tubuh.
<b>Aglutinogen</b>	= protein dalam eritrosit yang dapat digumpalkan oleh aglutinin.
<b>Diastol</b>	= irama relaksasi jantung, pada saat serambi jantung menguncup.
<b>Fagositosis</b>	= cara sel darah putih menghancurkan mikroorganisme dengan mengelilingi, membungkus dan menghancurkannya.
<b>Gastrovaskuler</b>	= rongga dalam tubuh invertebrata yang berfungsi sebagai alat pencernaan dan sirkulasi darah.

<b>Kapiler</b>	= pembuluh darah terkecil yang tersusun oleh selapis epitel.
<b>Lung aorta</b>	= garis berlekuk pada aorta.
<b>Perikardium</b>	= selubung pembungkus jantung.
<b>Serum</b>	= komponen cair dari darah (tanpa sel darah dan fibrinogen).
<b>Sistol</b>	= irama kontraksi jantung pada saat bilik jantung menguncup.

## M a r i B e r k o m p e t e n s i

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat di setiap soal-soal berikut.

- Katak memiliki sistem pembuluh darah yang tidak dimiliki oleh hewan lain, yaitu ....
  - vena porta renalis
  - vena porta hepatis
  - vena hepatica
  - arteri pulmonalis
  - vena cava
- Katup bikuspidalis pada jantung terletak antara ....
  - atrium
  - vena porta hepatis
  - vena hepatica
  - arteri pulmonalis
  - vena cava
- Golongan darah O tidak dapat ditransfusi oleh golongan darah A, karena akan terjadi reaksi antara ....
  - aglutinin  $\alpha$  dengan antigen A
  - aglutinin  $\beta$  dengan antigen B
  - aglutinin  $\alpha$  dengan antigen B
  - aglutinogen dengan antibodi  $\alpha$
  - aglutinogen dengan antibodi  $\beta$
- Zat-zat berikut terlibat aktif dalam proses pembekuan darah, *kecuali* ....
  - vitamin K
  - ion Ca
  - protombin
  - fibrinogen
  - hemoglobin
- Jantung hewan yang tidak pernah dilewati darah yang kaya oksigen adalah ....
  - amfibia
  - pisces
  - reptil
  - aves
  - mammalia
- Leukosit mampu keluar dari pembuluh darah jika di luar pembuluh terdapat benda asing. Peristiwa tersebut dinamakan ....
  - diapedesis
  - amoebosis
  - fagositosis
  - leukositosis
  - leukopeni
- Jantung terdiri atas otot serat lurik yang sifat-sifatnya sebagai berikut, *kecuali* ....
  - berinti banyak
  - letak inti di tengah
  - sel otot bercabang
  - tidak cepat lelah
  - lambat bereaksi terhadap rangsang
- Sel darah yang aktif bekerja dalam reaksi immunitas, yaitu ....
  - eosinofil
  - basofil
  - neutrofil
  - limfosit
  - monosit
- Plasma protein pada darah adalah yang terdapat dalam plasma darah, yaitu ....
  - sodium
  - imunoglobulins
  - klorida
  - potassium
  - sodium
- Tekanan darah sistol adalah tekanan darah sewaktu jantung ....
  - terisi darah
  - relaksasi
  - melemas
  - kontraksi
  - istirahat
- Pembuluh darah yang berfungsi sebagai jantung terdapat pada hewan golongan ....
  - pisces
  - amfibia
  - annelida
  - aves
  - mamalia

12. Pada hewan yang menggunakan sistem gastrovaskuler sudah dipastikan tidak memiliki ....
- a. usus
  - b. rongga tubuh
  - c. alat ekskresi
  - d. darah
  - e. saraf
13. Cairan getah bening berbeda dengan darah, karena keadaan cairan getah bening sebagai berikut, *kecuali* ....
- a. tidak terdapat eritrosit
  - b. tidak memiliki trombosit
  - c. mengalir menuju jantung
  - d. tidak memiliki trombosit
  - e. mengalir keluar dari jantung
14. Sel darah mamalia berbeda dengan sel darah merah vertebrata lain, karena sel darah merah mamalia ....
- a. berukuran besar
  - b. kadar Hb tinggi
  - c. berwarna merah
  - d. tak punya nukleus
  - e. bentuk bulat
15. Penyakit darah sukar membeku, disebut ....
- a. hemofili
  - b. hipertensi
  - c. hipotensi
  - d. sklerosis
  - e. varises

**B. Jawablah soal-soal berikut dengan singkat dan jelas.**

1. Apa yang dimaksud sistem peredaran darah terbuka dan tertutup? Jelaskan.
2. Apa perbedaan arteri, vena, dan kapiler? Jelaskan.
3. Darah memiliki tekanan sistol dan diastol. Jelaskan bagaimana terjadinya tekanan sistol dan diastol.
4. Bagaimana terjadinya denyut jantung? Jelaskan.
5. Jelaskan perbedaan penyakit anemia dan leukimia.

Peta Konsep



Sumber: Image.google.co.id

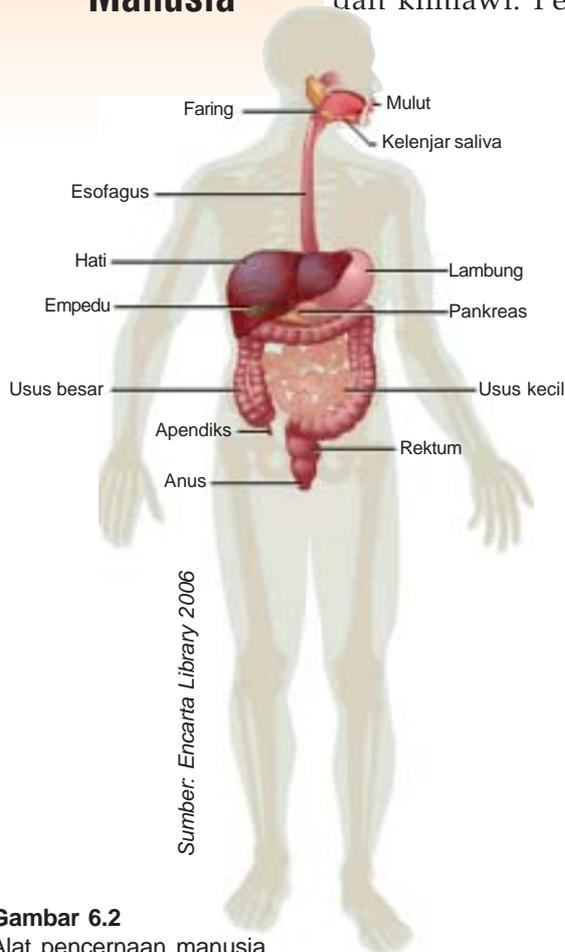


**Gambar 6.1**  
Makanan empat sehat lima sempurna

Kamu selalu melakukan aktivitas sehari-hari. Dari manakah energi yang kamu peroleh untuk melakukan aktivitas tersebut? Energi diperoleh dari makanan yang kamu makan. Oleh karena itu, makanan yang kamu makan harus mengandung zat-zat yang diperlukan oleh tubuh.

Bagaimanakah makanan tersebut dapat menghasilkan energi? Makanan yang masuk ke dalam tubuh dicerna oleh sistem pencernaan yang terdiri atas organ-organ pencernaan, kemudian diserap oleh tubuh. Makanan berfungsi untuk menghasilkan energi, mengganti sel-sel yang rusak dan untuk pertumbuhan. Setelah mempelajari bab ini, kamu akan mengetahui tentang sistem pencernaan pada manusia dan hewan khususnya ruminansia. Mari ikuti uraian berikut ini.

## A Sistem Pencernaan Manusia



**Gambar 6.2**  
Alat pencernaan manusia

Sistem pencernaan mempunyai fungsi utama menyediakan bahan makanan yang telah dicerna untuk diedarkan ke seluruh tubuh melalui sistem peredaran darah. Sistem pencernaan dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu secara mekanik dan kimiawi. Pencernaan secara mekanik terjadi di mulut dengan menggunakan gigi untuk menghancurkan makanan. Sedangkan, pencernaan secara mekanik terjadi di mulut dan usus dengan menggunakan enzim. Sistem pencernaan terdiri atas alat-alat pencernaan dan kelenjar pencernaan. Mari cermati uraiannya.

### 1. Alat-Alat Pencernaan

Alat-alat pencernaan manusia terdiri atas mulut, kerongkongan, lambung, usus halus, usus besar, rektum, dan anus.

#### a. Mulut

Mulut merupakan alat pencernaan pertama yang dilalui makanan. Di dalam mulut, makanan mengalami pencernaan secara mekanik dan kimiawi. Secara mekanik, makanan dihancurkan oleh gigi yang dibantu oleh lidah. Sedangkan, secara kimiawi, makanan dicerna oleh enzim yang terkandung di dalam air ludah. Di dalam mulut terdapat gigi, lidah, dan kelenjar ludah yang membantu pencernaan di dalam mulut.

## 1) Gigi

Gigi adalah alat bantu pencernaan yang berfungsi mengunyah makanan. Makanan ini dipecah menjadi partikel yang lebih kecil sehingga dapat ditelan. Proses pemecahan makanan di mulut oleh gigi disebut pencernaan mekanik yang pertama. Gigi memiliki struktur tertentu. Untuk lebih mengetahui, mari cermati Gambar 6.3.



**Gambar 6.3**  
Struktur gigi geraham

Sumber: Encarta Library 2005



Coba kamu cari buku referensi Biologi di perpustakaan sekolahmu. Kemudian, lengkapi Tabel 6.1 di bawah ini.

**Tabel 6.1** Bagian-Bagian Gigi

Bagian Gigi	Penjelasan
Mahkota gigi	
Leher gigi	
Akar gigi	
Email	
Dentin	
Sementum	
Rongga pulpa	

Diskusikan hasilnya dengan teman sekelompokmu.

Berdasarkan fungsinya, gigi dibagi menjadi tiga macam, yaitu:

- Gigi seri (insisivus), berfungsi untuk memotong makanan. Memiliki bentuk seperti pahat.
- Gigi taring (kaninus), berfungsi untuk mengoyak makanan. Mempunyai bentuk agak panjang.
- Gigi geraham (molar dan premolar), berfungsi untuk mengunyah, menggiling, dan menghaluskan makanan.

Seiring dengan pertumbuhan dan perkembangan manusia, maka susunan gigi pada manusia mengalami dua tahap, yaitu tahap pada masa bayi dan masa dewasa.

Susunan gigi masa bayi adalah gigi sulung (gigi susu). Gigi susu mulai tumbuh saat anak berumur 6 - 8 bulan. Gigi anak tersebut akan lengkap menjadi 20 buah, saat berumur 2,5 tahun. Susunan gigi susu adalah 8 gigi seri, 4 gigi taring dan 8 gigi geraham. Apabila gigi susu tanggal akan digantikan gigi permanen.

Susunan gigi masa dewasa adalah gigi permanen (gigi tetap). Gigi permanen mulai tumbuh pada umur 6 - 8 tahun. Jumlah gigi permanen yang lengkap adalah 32 buah. Susunannya adalah 8 gigi seri, 4 gigi taring, 8 gigi premolar, dan 12 gigi molar. Apabila gigi molar tanggal, maka tidak akan tumbuh gigi baru lagi.

Rahang atas



Rahang bawah

**Gambar 6.4**  
Susunan gigi permanen

Sumber: Encarta Library 2005

## 2) Lidah

Lidah tersusun atas otot lurik yang kasar dan dilapisi selaput mukosa. Lidah berfungsi untuk membolak-balik dan mencampur makanan, serta membantu proses penelanan makanan. Selain itu, lidah berperan untuk menentukan rasa makanan, karena di permukaan lidah terdapat papila-papila pengecap. Bagian ujung lidah dapat merasakan rasa manis, tepi depan rasa asin, tepi samping rasa asam, dan pangkal lidah rasa pahit.

Pada pangkal lidah bagian belakang terdapat epiglotis yang mempunyai fungsi menutup jalan pernapasan saat menelan makanan. Sehingga, makanan tidak akan masuk ke saluran pernapasan.

## 3) Kelenjar ludah

Kelenjar ludah merupakan kelenjar yang ada di rongga mulut. Mempunyai fungsi untuk memproduksi larutan mukus ke dalam mulut yang disebut ludah atau air liur atau saliva. Secara normal air liur diproduksi sebanyak 1 - 1,5 liter setiap hari. Air liur mempunyai komposisi air 97 - 98 %, glukoprotein, ptialin (amilase), dan garam-garam alkali. Amilase atau ptialin merupakan enzim yang berfungsi mengubah amilum menjadi maltosa atau glukosa. Hal ini dapat dibuktikan apabila kamu makan roti tawar, lama kelamaan akan terasa manis.

Air liur memiliki dua fungsi, yaitu secara mekanis dan secara kemis. Secara mekanis, air liur berfungsi membasahi, melumasi makanan menjadi lunak dan berbentuk pasta sehingga mudah ditelan. Sedangkan, secara kemis, air liur berfungsi melarutkan makanan yang kering sehingga bisa dirasakan, menjaga pH mulut, membunuh bakteri dan mencegah agar mulut tidak kering.

Kelenjar ludah di dalam mulut ada tiga, yaitu:

- 1) Kelenjar submandibularis, terdapat di bawah rahang bagian tengah.
- 2) Kelenjar sublingualis, terdapat di bawah dasar rongga mulut.
- 3) Kelenjar parotis, terletak di bawah bagian depan telinga.



**Gambar 6.5**  
Kelenjar ludah

### b. Kerongkongan

Kerongkongan disebut juga esofagus merupakan saluran pencernaan setelah mulut, memiliki panjang kurang lebih 25 cm. Posisi esofagus vertikal dari bagian tengah leher bawah faring sampai pada ujung bawah rongga dada belakang trakea. Faring adalah penghubung antara esofagus dan rongga mulut.

Pada saat menelan makanan (*deglusio*), faring akan melakukan suatu gerakan untuk mencegah makanan masuk ke dalam saluran pernapasan dengan menutupnya beberapa detik dan mendorong makanan masuk ke esofagus. Esofagus tersusun atas otot melingkar dan otot memanjang. Dengan adanya otot ini terjadi gerakan peristaltik sehingga bolus (makanan yang telah dicerna di dalam mulut) masuk ke lambung. Gerakan peristaltik terjadi, karena otot-otot esofagus berkontraksi dan berelaksasi secara bergantian. Jadi, fungsi esofagus hanya menyalurkan makanan dari rongga mulut ke lambung.

Lapisan dalam esofagus merupakan selaput lendir (*mukosa*) yang mensekresikan mukoid. Mukoid berfungsi melumasi bolus sehingga dapat melewati esofagus. Selain itu, berfungsi melumasi dinding esofagus sehingga terlindungi dari getah lambung. Pada bagian paling bawah esofagus yang berbatasan dengan lambung terdapat sfinkter esofagus. Sfinkter berfungsi mencegah isi lambung masuk ke esofagus.

### c. Lambung

Lambung merupakan suatu organ yang berupa kantong berotot yang terletak di sebelah kiri atas rongga perut di bawah diafragma. Bagian-bagian dari lambung adalah kardiak, fundus, dan pilorus. Kardiak adalah bagian yang berbatasan dengan sfinkter esofagus. Fundus adalah bagian atas lambung. Pilorus adalah bagian paling bawah lambung yang berbatasan dengan usus halus (*duodenum*). Pada perbatasan ini terdapat klep yang disebut dengan sfinkter pilorus. Di dalam lambung makanan dapat tersimpan selama 2 - 5 jam. Kecepatan pengosongan lambung tergantung pada jenis makanan.



Sumber: [Image.google.co.id](https://image.google.co.id)

**Gambar 6.6**  
Struktur lambung

Pencernaan makanan di dalam lambung terjadi secara mekanis dan kimiawi.

#### 1) Secara mekanis

Bolus yang masuk lambung akan dihancurkan dan dihaluskan oleh gerakan peristaltik. Makanan yang telah menjadi bentuk lebih halus disebut *chime* (*kim*).

#### 2) Secara kimiawi

Selain dengan gerakan peristaltik, makanan dicerna dengan getah lambung yang terdiri atas:

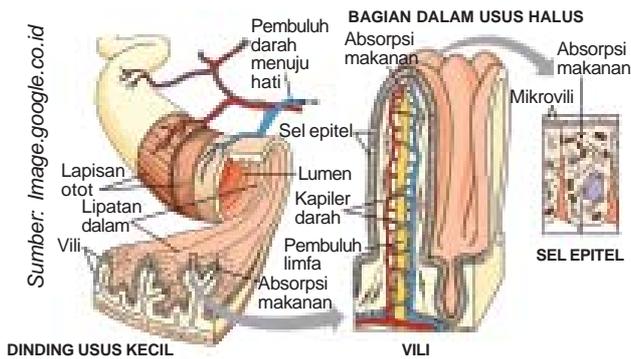
- a) Pepsin, enzim yang memecah protein menjadi asam amino (*albumin* dan *peptin*).
- b) Renin, enzim yang mengubah kaseinogen menjadi kasein.

- c) Lipase, enzim yang menghidrolisa lemak menjadi asam lemak dan gliserol.
- d) HCL (asam lambung) mempunyai fungsi mengaktifkan pepsin, mengubah pepsinogen menjadi pepsin, dan bakteri yang masuk lambung bersama makanan.

**d. Usus halus (intestinum)**

Makanan yang telah menjadi bubur (kim) karena mengalami pencernaan di lambung masuk ke usus halus. Usus halus memiliki panjang kurang lebih 6 meter. Di dalam usus halus makanan mengalami proses pencernaan dan absorpsi. Permukaan dalam usus halus susunannya berupa lipatan-lipatan yang memiliki vili (jonjot) sehingga memperluas penyerapan. Vili banyak mengandung pembuluh darah dan limfa.

Usus halus terdiri atas tiga bagian, yaitu duodenum (usus dua belas jari), jejunum (usus kosong), dan ileum (usus penyerapan).



**Gambar 6.7**  
Struktur usus halus

**1) Usus dua belas jari (duodenum)**

Di dalam duodenum bermuara dua saluran, yaitu saluran empedu (duktus koledokus) dan saluran pankreas (duktus pankreatikus). Empedu (bilirubin) dihasilkan oleh hati. Empedu mempunyai peranan dalam membantu pencernaan lemak dan mengemulsi lemak serta memberi warna kuning pada feses. Pankreas menghasilkan enzim yang membantu pencernaan, yaitu lipase dan enterokinase yang berperan dalam menghidrolisis protein, lemak, dan karbohidrat.

Duodenum memiliki panjang kurang lebih 1/3 meter. Dinding duodenum lebih tebal dibanding yang lain. Dinding bagian dalam memiliki lapisan mukosa yang banyak mengandung kelenjar-kelenjar *brunner* yang mensekresikan getah intestinum.

**2) Jejunum**

Jejunum memiliki panjang sekitar 2 - 3 meter. Permukaannya lebih lebar, dindingnya lebih tebal, serta lebih banyak mengandung pembuluh darah. Di dalam jejunum makanan mengalami proses pencernaan secara kimiawi yang dibantu oleh enzim-enzim pencernaan yang dihasilkan usus ini. Enzim-enzim tersebut adalah:

- a) laktase, enzim yang mengubah laktosa menjadi glukosa
- b) dipeptidase, mengubah pepton menjadi asam amino
- c) enterokinase, mengaktifkan tripsinogen

- d) maltase, mengubah maltosa menjadi glukosa
- e) disakanase, mengubah disakarida menjadi monosakarida
- f) sukrase, mencerna sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa
- g) lipase, mengubah trigliserida menjadi gliserol dan asam lemak
- h) peptidase, mengubah polipeptida menjadi asam amino

### 3) Ileum

Ileum memiliki panjang kurang lebih 4 - 5 meter. Di dalam usus ini terjadi proses penyerapan (absorpsi) zat-zat makanan. Permukaan dinding dalam ileum terdapat vili sehingga proses penyerapan zat makanan lebih luas dan sempurna.

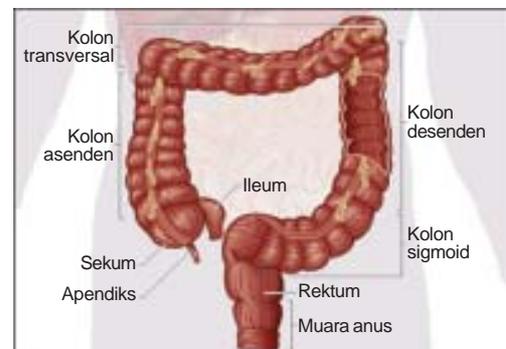
Absorpsi zat-zat makanan di dalam usus halus dilakukan oleh pembuluh darah kapiler dan saluran limfa yang terdapat dalam permukaan vili. Glukosa, asam amino, vitanium, air, dan mineral, diabsorpsi pembuluh darah kapier, dibawa menuju hati melalui vena porta. Di dalam hati, sebagian mengalami perubahan bentuk lain dan sebagian diedarkan ke seluruh tubuh melalui vena hepatika. Sedangkan, asam lemak dan gliserol diserap oleh pembuluh limfe (pembuluh kil).

Asam amino diabsorpsi secara cepat di duodenum dan jejunum. Di dalam usus halus selain pencernaan secara kimia juga pencernaan secara mekanik, yaitu gerakan peristaltik. Dengan gerakan peristaltik inilah kim dapat bergerak dan meningkatkan absorpsi zat-zat makanan.

### e. Usus besar (Kolon)

Setelah usus halus, dilanjutkan usus besar atau kolon. Kolon mempunyai panjang kurang lebih 1,5 - 1,7 meter. Kolon terdiri atas sekum, yaitu suatu bentukan seperti kantong lebar batas antara kolon dan usus halus. Pada bagian bawah sekum terdapat bentukan tambahan usus yang disebut dengan umbai cacing atau apendiks. Apendiks memiliki panjang  $\pm 6$  cm, dan belum diketahui dengan pasti fungsinya. Apendiks ini dapat mengalami peradangan yang sering disebut dengan apendiksitis atau dikenal dengan radang usus buntu.

Bagian kolon yang lain, yaitu kolon asenden (kolon naik), kolon transversal (kolon melintang), dan kolon desenden (kolon menurun). Lapisan dalam kolon tidak terdapat vili, tetapi memiliki kriptas yang menghasilkan mukus pelumas. Di dalam kolon hanya terjadi penyerapan air dan elektrolit dan terjadi pembusukan sisa-sisa makanan yang dibantu bakteri *E. coli*. Di dalam kolon terjadi pergerakan yang lemah. Feses ditampung sementara. Apabila



**Gambar 6.8**  
Struktur usus halus

feses terkumpul cukup banyak, maka akan terjadi gerakan mendorong feses ke arah rektum sehingga timbul keinginan defekasi (buang air besar).

#### f. Anus

Anus merupakan muara akhir dari sistem pencernaan. Anus mempunyai dua otot, yaitu otot sadar dan otot tak sadar. Otot sadar terdapat di bagian eksternal, sedangkan otot tak sadar terdapat di bagian internal.

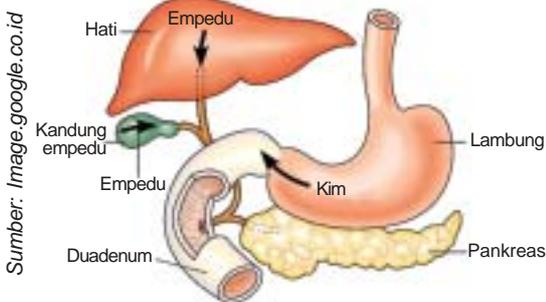
Jika feses menyentuh dinding rektum akan merangsang otot tak sadar relaksasi sehingga ada keinginan untuk buang air besar. Pada saat bersamaan otot sadar berkontraksi sehingga kamu bisa menahan keinginan untuk buang air besar. Hal ini, menyebabkan kamu bisa menahan keinginan buang air besar jika keadaan tidak memungkinkan.

## 2. Kelenjar Pencernaan

Kelenjar pencernaan berfungsi menghasilkan enzim-enzim pencernaan. Sari-sari makanan yang diserap usus halus akan melewati hati terlebih dahulu. Hati berfungsi sebagai pengatur keseimbangan zat makanan dalam darah dan sebagai pensекреksi empedu. Empedu mengandung garam-garam empedu, pigmen empedu, air, dan kolesterol. Garam-garam empedu berfungsi menurunkan tegangan butir lemak agar dapat diemulsikan sehingga mudah diserap. Selain itu, empedu juga menghasilkan pigmen bilirubin dan biliverdin. Pigmen ini memberi warna cokelat pada feses.

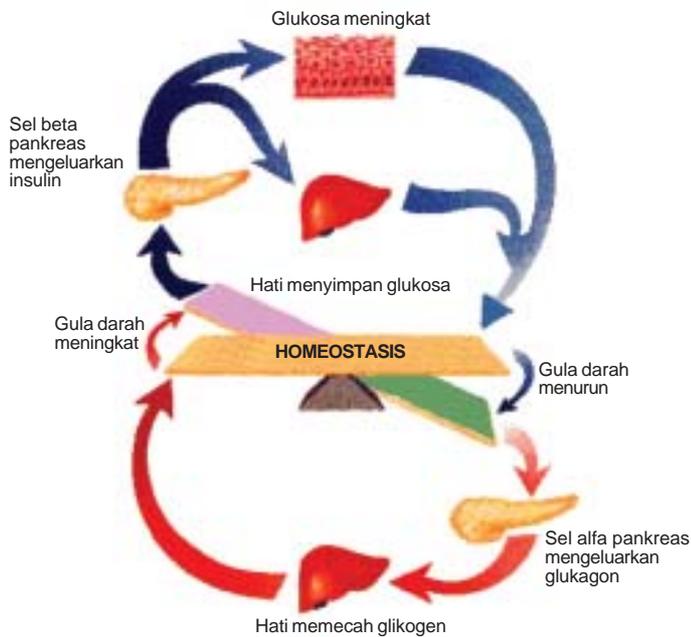
Cara hati mengatur keseimbangan zat makanan dalam darah adalah bekerja sama dengan insulin dan glukosa yang dihasilkan oleh pankreas. Bila kadar gula darah berlebihan, insulin akan merangsang hati untuk mengabsorpsi glukosa dan mengubahnya menjadi glikogen. Dengan begitu, kadar glukosa darah menjadi normal kembali.

Ada empat cara insulin untuk menurunkan kadar glukosa darah, yaitu *pertama*, insulin merangsang sel-sel tubuh untuk menyerap lebih banyak glukosa dari darah. *Kedua*, insulin meningkatkan kecepatan reaksi respirasi seluler yang menggunakan glukosa. *Ketiga*, insulin merangsang hati untuk mengabsorpsi glukosa darah. *Keempat*, insulin merangsang sel-sel lemak untuk mengambil glukosa dan mengubahnya menjadi lemak.



**Gambar 6.9**  
Hati (berhubungan erat dengan kantung empedu dan pankreas).

Selain menghasilkan insulin, pankreas juga menghasilkan glukagon, yaitu hormon yang dapat merangsang hati untuk mengubah glikogen hati menjadi glukosa dan mengeluarkan glukosa jika kadar glukosa dalam darah rendah.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 6.10**  
Mekanisme kerja glukagon dan insulin

Untuk mengetahui ada tidaknya enzim ptialin dalam sistem pencernaan, coba kamu lakukan kegiatan berikut ini.



Bekerjalah dengan kelompokmu.

**Judul**

Uji Enzim Ptialin

**Tujuan**

Mengetahui fungsi enzim ptialin dalam sistem pencernaan.

**Alat dan Bahan**

- 1) tabung reaksi 5 buah
- 2) pipet tetes 6 buah
- 3) pembakar spiritus
- 4) larutan kalium iodium (KI)
- 5) larutan asam (HCl lemah)
- 6) larutan basa (KOH)
- 7) air liur
- 8) larutan kanji (dari tepung terigu atau beras)

### Cara Kerja

- 1) Buatlah larutan kanji dengan cara melarutkan 1 gram tepung terigu atau beras ke dalam 100 ml air panas. Kemudian, dinginkan larutan tersebut sampai 35 - 37°C.
- 2) Tampunglah air liur di dalam tabung reaksi, dan jaga suhunya agar tetap stabil.
- 3) Masukkan larutan kanji ke dalam 5 tabung reaksi masing-masing 5 ml, berilah label tabung reaksi dengan label A, B, C, D, E.
- 4) Masukkan ke dalam masing-masing tabung:  
A : 1 ml KI  
B : 1 ml K + 1 ml air liur + 1 tetes KOH  
C : 1 ml KI + 1 ml air liur + 1 tetes HCl  
D : 1 ml KI + 1 ml air liur  
E : 1 ml KI + 1 ml air liur dan dipanaskan
5. Setelah penambahan zat, kocok secara pelan tabung reaksi. Amati apa yang terjadi (larutan kanji + KI terbentuk warna biru kehitaman).

### Pertanyaan

- 1) Perubahan warna larutan biru menjadi bening terjadi pada tabung reaksi mana? Mengapa hal ini terjadi? Apakah penyebabnya? Jelaskan.
- 2) Tidak adanya perubahan warna disebabkan karena apa? Jelaskan.
- 3) Dari hasil percobaan, jelaskan faktor yang mempengaruhi kerja enzim tersebut?
- 4) Tuliskan enzim yang terlibat dalam sistem pencernaan dan fungsinya.
- 5) Mengapa kalau kamu membau aroma masakan air liurmu keluar? Jelaskan.
- 6) Apa yang dapat disimpulkan? Diskusikan hasilnya dengan kelompok lain.

## B Kelainan dan Gangguan pada Sistem Pencernaan

Kelainan atau gangguan yang biasa menyerang sistem pencernaan manusia, antara lain:

### 1. Gastritis

Gastritis atau radang lambung disebabkan karena produksi asam lambung yang tinggi sehingga mengiritasi dinding lambung. Selain itu, bisa disebabkan oleh bakteri. Penderita gastritis akan merasa lambungnya terbakar.

## 2. Batu empedu

Batu empedu adalah penyakit yang disebabkan oleh penyumbatan pada saluran empedu. Hal ini terjadi karena adanya endapan di saluran empedu.

## 3. Konstipasi (sembelit)

Konstipasi terjadi karena feses bergerak secara lambat melalui kolon. Feses yang ada sangat banyak dan kering sehingga sulit buang air besar. Hal ini disebabkan, karena buang air yang tidak teratur.

## 4. Diare

Diare adalah suatu kondisi sering buang air besar dan feses terlalu lunak. Makanan terlalu cepat melalui usus halus dan kolon sehingga air tidak banyak diabsorpsi. Diare dapat merupakan gejala tipus, kanker, kolera, atau infeksi.

## 5. Disentri

Disentri disebabkan karena infeksi bakteri atau amuba. Gejala penyakit ini adalah buang air besar bercampur darah.

## 6. Radang usus buntu

Radang usus buntu adalah peradangan pada apendiks. Hal ini terjadi, karena adanya penumpukan makanan dan terjadi infeksi.

## 7. Kanker

Kanker usus besar terjadi, karena pola makanan yang tidak sehat. Gejala yang timbul adalah adanya darah pada feses.

---

Hewan pemamah biak disebut juga hewan ruminansia. Alat-alat pencernaan hewan ruminansia terdiri atas mulut, esofagus, rumen (perut besar), retikulum (perut jala), omasum (perut kitab), abomasum (perut sebenarnya), usus halus, kolon, rektum, dan anus. Susunan gigi pada hewan berbeda dengan susunan gigi pada manusia. Hewan ruminansia hanya memiliki gigi seri dan geraham. Contoh hewan pemamah biak adalah sapi, kambing, dan kerbau.

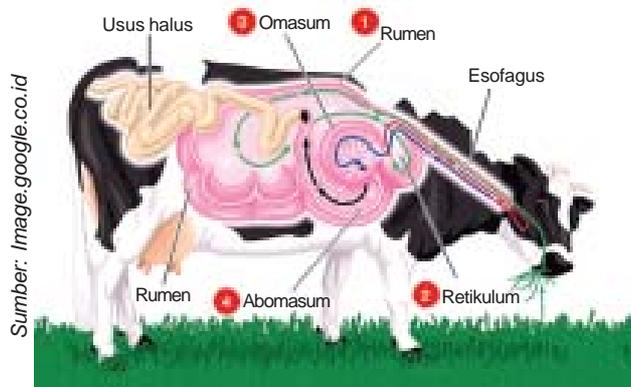
## C Sistem Pencernaan pada Hewan Memamah Biak



Buatlah laporan secara tertulis tentang sistem pencernaan dan proses pencernaan hewan ruminansia. Carilah informasi melalui internet. Kumpulkan pada guru, sertakan gambar.

Hewan ruminansia makan rumput terus sampai kenyang, makanan akan ditampung di dalam rumen. Di dalam rumen terjadi fermentasi selulosa oleh enzim selulase. Saat sapi istirahat, makanan akan dikeluarkan kembali ke mulut dan dikunyah kembali, kegiatan ini dibantu oleh saliva.

Setelah halus makanan masuk lagi melewati retikulum dan omasum menuju abomasum. Di dalam abomasum makanan mengalami pencernaan secara kimiawi dengan bantuan enzim selulase yang dihasilkan oleh bakteri. Dari abomasum makanan masuk ke usus halus. Di dalam usus halus zat-zat makanan diabsorpsi. Setelah itu, sisa-sisa makanan masuk ke kolon dan mengalami proses penyerapan air dan elektrolit. Selanjutnya, feses melewati rektum dan keluar melalui anus.



**Gambar 6.11**  
Sistem pencernaan sapi



Kamu telah mempelajari sistem pencernaan pada manusia dan hewan. Hal-hal penting apa sajakah yang harus diketahui dalam mempelajarinya? Catatlah dalam bentuk rangkuman. Kemudian, tukarlah hasil rangkumannu dengan rangkuman teman. Berikan masukan dan saran pada rangkuman masing-masing.

### Daftar Istilah

Email	= lapisan gigi terluar dan keras, berfungsi melindungi gigi.
Esofagus	= saluran makanan yang menghubungkan rongga mulut dan lambung.
Fundus	= bagian lambung yang bentuknya membulat dan terletak di bagian tengah.
Gerak peristaltik	= gerak meremas-remas pada pencernaan makanan.
Kardiak	= lambung bagian awal, dekat esofagus.

## M a r i B e r k o m p e t e n s i

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat di setiap soal-soal berikut.

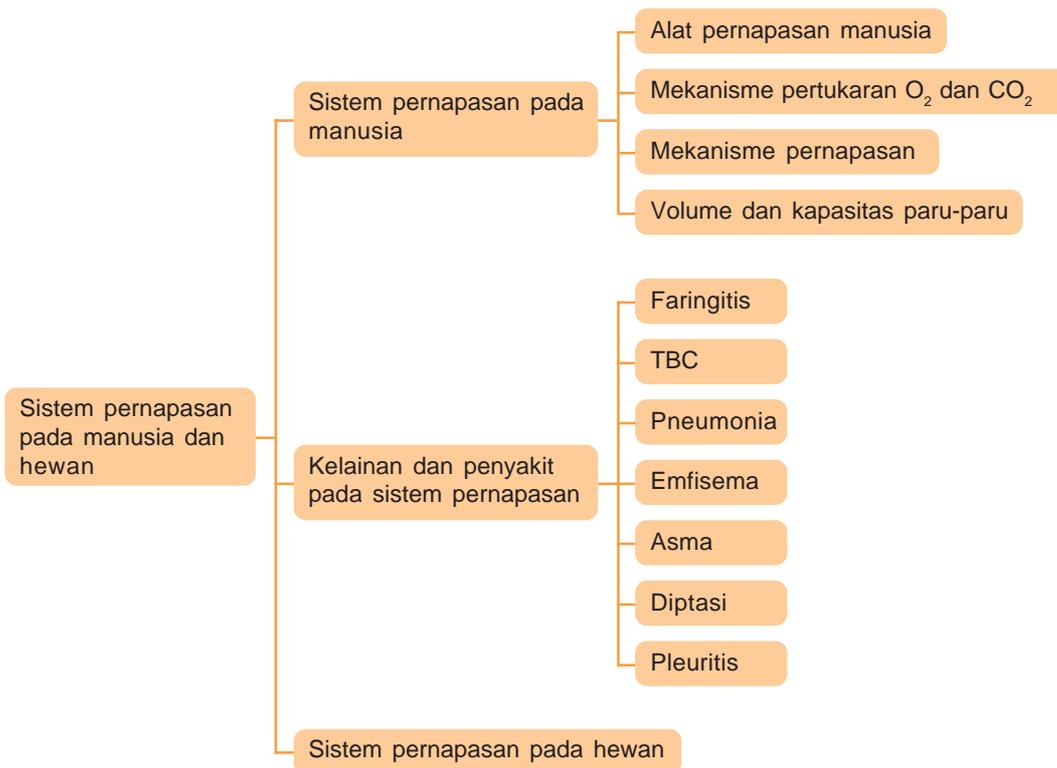
1. Di dalam mulut terjadi pencernaan secara kimiawi dengan bantuan ....
  - a. saliva
  - b. dentis
  - c. lingua
  - d. palatum
  - e. epiglotis
2. Enzim yang berfungsi mengubah zat tepung menjadi maltosa adalah ....
  - a. lipase
  - b. peptin
  - c. amilase
  - d. renin
  - e. pepsin
3. Di dalam esofagus makanan mengalami ....
  - a. pencernaan mekanik
  - b. pencernaan kimiawi
  - c. gerakan peristaltik
  - d. pencernaan kimiawi dan mekanik
  - e. pencernaan kimiawi dan gerakan peristaltik
4. Getah lambung yang berfungsi sebagai desinfektan adalah ....
  - a. renin
  - b. lipase
  - c. pepsin
  - d. HCL
  - e. tripsin
5. Fungsi lipase adalah ....
  - a. menggumpalkan asam lemak
  - b. menghidrolisis lemak
  - c. mengubah laktosa menjadi glukosa
  - d. mengubah sukrosa menjadi fruktosa
  - e. mengubah peptin menjadi asam amino
6. Di dalam duodenum terjadi absorpsi ....
  - a. lemak
  - b. protein
  - c. asam amino
  - d. air
  - e. elektrolit
7. Zat-zat makanan yang diserap oleh pembuluh darah kapiler di dalam usus halus seperti berikut, *kecuali* ....
  - a. air
  - b. asam amino
  - c. gliserol
  - d. vitamin
  - e. glukosa
8. Pembuluh kil menyerap zat makanan berupa ....
  - a. mineral
  - b. vitamin
  - c. glukosa
  - d. asam amino
  - e. asam lemak
9. Bakteri *Escherchia coli* di dalam kolon membantu proses ....
  - a. penyerapan elektrolit
  - b. penyerapan air
  - c. penyerapan mineral
  - d. pembentukan feses
  - e. pembusukan sisa-sisa makanan
10. Absorpsi zat-zat makanan terutama terjadi di dalam ....
  - a. lambung
  - b. duodenum
  - c. jejunum
  - d. ileum
  - e. colon
11. Kesulitan buang air besar karena pergerakan feses yang lambat, disebut ....
  - a. defekasi
  - b. diare
  - c. disentri
  - d. apendiksitis
  - e. konstipasi
12. Tipus disebabkan karena infeksi ....
  - a. virus
  - b. amuba
  - c. bakteri
  - d. parasit
  - e. cacing
13. Pada hewan ruminansia, makanan dicerna dengan bantuan bakteri di dalam ....
  - a. rumen
  - b. kolon
  - c. omasum
  - d. abomasum
  - e. retikulum

14. Kanker usus besar bisa disebabkan karena ....
- a. kurang makan serat
  - b. kurang air
  - c. kurang protein
  - d. buang air besar tidak teratur
  - e. sering defekasi
15. Setelah makanan diserap oleh pembuluh darah kapiler, maka akan dibawa menuju hati oleh ....
- a. vena porta
  - b. vena hepatika
  - c. pembuluh limfa
  - d. pembuluh kil
  - e. arteri

**B. Jawablah soal-soal berikut dengan singkat dan jelas.**

1. Apakah yang dimaksud dengan sistem pencernaan?
2. Jelaskan perbedaan antara pencernaan mekanik dan pencernaan kimiawi.
3. Di manakah pencernaan kimiawi dan mekanik terjadi?
4. Bagaimanakah proses pencernaan yang terjadi di usus halus?
5. Jelaskan pencernaan yang terjadi pada hewan ruminansia.

Peta Konsep



Tahukah kamu apa yang dimaksud dengan pernapasan? Semua organisme memerlukan energi yang berasal dari makanan. Energi ini tidak diperoleh begitu saja, tetapi dengan melakukan metabolisme sel. Contohnya, sel-sel otot kamu dapat mengubah energi kimia menjadi energi mekanik sehingga otot berkontraksi. Perubahan energi ini memerlukan oksigen. Proses perubahan energi ini disebut oksidasi atau respirasi sel.

Jadi, respirasi sel adalah proses reaksi kimia perombakan bahan makanan dengan menggunakan oksigen yang menghasilkan energi dan gas  $\text{CO}_2$  (karbondioksida). Dari manakah oksigen diperoleh? Oksigen diperoleh dari pernapasan. Pernapasan adalah proses pengambilan udara dari lingkungan dan pengeluaran udara dari tubuh makhluk hidup. Setelah mempelajari bab ini, kamu akan memahami tentang sistem pernapasan pada manusia dan hewan. Mari cermati uraiannya.

## A Sistem Pernapasan pada Manusia

Pernapasan pada manusia meliputi inspirasi dan ekspirasi. Inspirasi merupakan pengambilan udara (menghirup udara) dari lingkungan, dan ekspirasi adalah pengeluaran udara (menghembuskan udara) sisa hasil perombakan dalam tubuh.

### 1. Alat Pernapasan Manusia

Udara, terutama oksigen masuk ke dalam tubuh melalui alat-alat pernapasan yang terdiri atas rongga hidung, trakea, bronkus, dan alat paru-paru. Mari cermati.

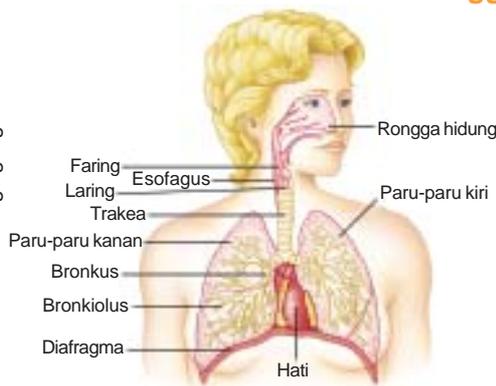
#### a. Rongga hidung

Hidung merupakan alat pernapasan paling atas dan paling awal tempat masuknya udara. Selain sebagai alat pernapasan, hidung juga berperan sebagai indera penciuman. Rongga hidung dibatasi septumnasi sehingga hidung memiliki dua lubang. Di dalam rongga hidung dilapisi selaput lendir (mukosa) dan banyak ditumbuhi rambut-rambut halus sehingga udara yang masuk ke hidung sebelum masuk trakea disaring terlebih dahulu dan mengeluarkan partikel-partikel yang tersaring.

Jadi, hidung (rongga hidung) memiliki fungsi, yaitu:

- menyaring udara yang masuk hidung;
- menghangatkan udara sehingga udara dari luar akan sama suhunya dengan tubuh; dan
- melembapkan udara.

Sumber: Image.google.co.id



**Gambar 7.1**  
Alat pernapasan pada manusia

Setelah udara masuk hidung dan meninggalkan rongga hidung, udara masuk melalui faring dan laring. Faring adalah saluran lanjutan hidung yang terletak di bagian belakang rongga hidung. Laring atau pangkal tenggorokan (trakea) terjalin atas tulang rawan. Pada laring terdapat pita suara yang bergetar jika udara masuk. Glotis merupakan lubang yang menghubungkan faring dan trakea. Sedangkan, epiglottis adalah suatu katup yang memisahkan saluran pernapasan dan saluran makanan. Epiglottis akan selalu mencegah makanan masuk ke saluran pernapasan.



Mengapa kamu harus bernapas dengan hidung, bukan dengan mulut? Diskusikan dengan teman sebangkumu.

### b. Trakea (batang tenggorokan)

Trakea merupakan tabung berbentuk pipa, seperti huruf C yang dibentuk oleh tulang tulang rawan yang berbentuk cincin yang terdiri atas 15 - 20 cincin. Bagian dalam trakea terdapat sel-sel epitel bersilia yang mempunyai fungsi untuk mengeluarkan benda asing yang masuk ke alat pernapasan bersama udara.

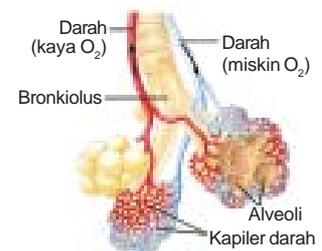
### c. Bronkus (cabang batang tenggorokan)

Bronkus adalah lanjutan dari trakea yang bercabang-cabang dua. Struktur bronkus sama dengan trakea. Bronkus adalah saluran yang menghubungkan trakea dengan paru-paru. Bronkus kanan menghubungkan trakea dengan paru-paru kanan dan bronkus kiri menghubungkan trakea dengan paru-paru kiri. Bronkus di dalam paru-paru bercabang-cabang yang semakin kecil disebut bronkiolus.

### d. Paru-paru (pulmo)

Paru-paru terletak di dalam rongga dada (thoraks). Rongga dada dan rongga perut dipisahkan oleh suatu selaput yang disebut *diafragma*. Paru-paru diselubungi suatu kantong berselaput, yaitu *pleura parietalis* dan *pleura viseralis*. Paru-paru terdiri atas paru-paru kiri dan paru-paru kanan. Paru-paru kiri terdiri atas dua lobus, sedangkan paru-paru kanan terdiri atas tiga lobus.

Bronkiolus bercabang-cabang lagi menjadi lebih kecil dan berakhir pada kantong-kantong udara yang disebut alveolus. Alveolus tersusun atas selapis sel sehingga dindingnya tipis. Pada alveolus ini terjadi pertukaran gas oksigen dan karbondioksida. Alveolus banyak mengandung kapiler-kapiler darah. Pertukaran gas terjadi secara difusi. Pada paru-paru orang dewasa kira-kira terdapat 300 pita alveolus sehingga permukaannya luas dan memudahkan terjadinya pertukaran gas.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 7.2**  
Bronkiolus dan alveolus



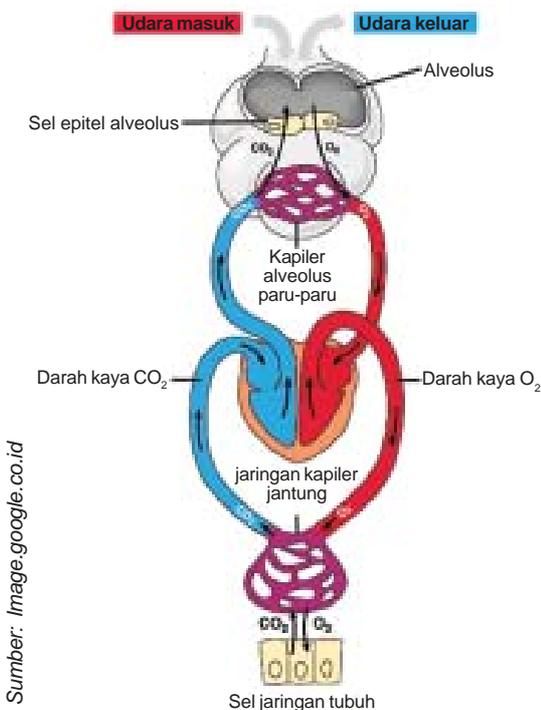
Diskusikan dengan teman sebangkumu. Apakah yang dimaksud dengan *pleura parietalis* dan *pleura viseralis*? Jelaskan fungsinya.

## 2. Mekanisme Pertukaran Oksigen dan Karbondioksida

Proses pertukaran oksigen ( $O_2$ ) dan karbondioksida ( $CO_2$ ) terjadi dalam alveolus dan jaringan secara difusi. Udara masuk paru-paru saat kamu berinspirasi. Karena tekanan parsial  $O_2$  ( $PO_2$ ) dalam atmosfer lebih tinggi, maka udara masuk ke alveoli. Karena  $PO_2$  di alveoli lebih tinggi daripada kapiler-kapiler darah alveoli, maka  $O_2$  masuk secara difusi ke kapiler darah.  $O_2$  yang berada di kapiler darah diikat oleh hemoglobin darah (oksihemoglobin) dan diedarkan ke seluruh tubuh menuju jaringan-jaringan. Setelah sampai di jaringan,  $O_2$  akan berdifusi masuk ke sel-sel tubuh. Di dalam sel  $O_2$  digunakan untuk proses oksidasi sel. Gas sisa yang dihasilkan dari proses oksidasi sel adalah  $CO_2$ . Jika  $O_2$  digunakan makin banyak, maka  $CO_2$  yang dihasilkan makin banyak pula. Hal ini, menyebabkan tekanan

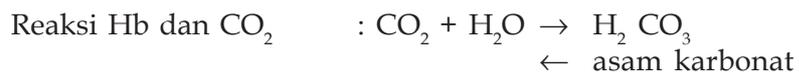
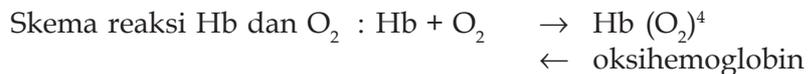
parsial  $CO_2$  ( $PCO_2$ ) dalam sel lebih tinggi dari kapiler darah. Sehingga,  $CO_2$  berdifusi ke kapiler vena darah dan dibawa menuju ke paru-paru. Tingkat kelarutan  $CO_2$  di dalam darah kira-kira 20 kali kelarutan  $O_2$ .  $CO_2$  berdifusi dalam eritrosit secara cepat sehingga mengalami hidrasi menjadi  $HCO_3^-$ , yang disebabkan adanya enzim karbonat anhidrase dalam plasma darah. Adanya penurunan kejenuhan Hb terhadap  $CO_2$  menyebabkan Hb mengikat lebih banyak  $H^+$  dari oksihemoglobin. Sebagian  $CO_2$  dalam eritrosit bereaksi dengan gugus amino membentuk senyawa karbamin (senyawa Hb dengan  $CO_2$ ).

Adanya ikatan Hb dengan  $CO_2$  menyebabkan darah lebih asam namun keasaman ini dinetralkan oleh ion-ion  $Na^+$  dan  $K^+$ . Sampai di paru-paru,  $CO_2$  berdifusi ke alveolus dari kapiler vena. Hal ini dapat terjadi, karena tekanan  $CO_2$  dalam alveolus lebih rendah dibandingkan tekanan  $CO_2$  dalam kapiler vena. Selanjutnya, melalui saluran pernapasan  $CO_2$  diembuskan keluar tubuh.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 7.3**  
Mekanisme pertukaran oksigen dan karbondioksida



### 3. Mekanisme Pernapasan

Dalam pernapasan terjadi proses inspirasi dan ekspirasi. Berdasarkan proses ini, pernapasan pada manusia dibedakan menjadi dua macam, yaitu pernapasan dada dan pernapasan perut.

#### a. Pernapasan dada

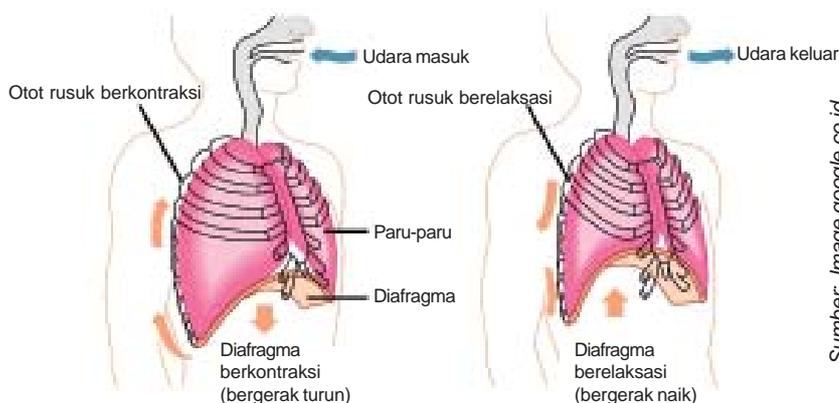
Pada pernapasan dada melibatkan otot antartulang rusuk (interkostalis). Saat inspirasi (udara dihirup), otot interkostalis berkontraksi → tulang rusuk terangkat → rongga dada membesar → tekanan udara dalam dada (toraks) menurun → paru-paru mengembang → tekanan udara dalam paru-paru lebih rendah daripada tekanan luar sehingga udara masuk ke paru-paru

Saat ekspirasi (udara diembuskan), otot interkostalis berelaksasi → tulang rusuk turun → rongga dada mengecil → tekanan udara dalam torak meningkat → paru-paru mengempis → tekanan udara dalam paru-paru lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan udara luar sehingga udara keluar dari paru-paru.

#### b. Pernapasan perut

Dalam pernapasan perut, otot yang terlibat adalah otot diafragma. Saat inspirasi, otot diafragma berkontraksi → diafragma menjadi datar → rongga dada membesar → paru-paru mengembang → tekanan udara dalam paru-paru lebih rendah daripada tekanan udara luar sehingga udara masuk ke paru-paru.

Saat ekspirasi, otot diafragma berelaksasi → diafragma melengkung ke arah rongga dada → rongga dada mengecil → paru-paru mengempis → tekanan dalam paru-paru lebih tinggi dari tekanan udara luar sehingga udara keluar dari paru-paru.



Sumber: [Image.google.co.id](https://image.google.co.id)

**Gambar 7.4**  
Ekspirasi dan inspirasi

## 4. Volume dan Kapasitas Paru-Paru

Setiap orang memiliki volume udara yang berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh ukuran paru-paru, cara bernapas, dan kekuatan orang dalam bernapas. Untuk orang dewasa, volume paru-paru rata-rata 5 - 6 liter.

Volume paru-paru terdiri atas volume tidal, volume cadangan inspirasi, volume cadangan ekspirasi, dan volume sisa. Untuk lebih mengetahui, mari cermati uraian berikut ini.

### a. Volume tidal (VT)

Volume tidal merupakan volume udara yang dapat diinspirasi maupun diekspirasikan. Setiap pernapasan normal volume tidal + 500 ml.

### b. Volume cadangan inspirasi (VCI)

Volume cadangan inspirasi merupakan volume tambahan udara yang dapat diekspirasikan setelah volume tidal normal. Jumlah volume cadangan inspirasi + 3000 ml.

### c. Volume cadangan ekspirasi (VCE)

Volume cadangan ekspirasi merupakan volume udara yang dapat diekspirasikan setelah ekspirasi tidak normal. Jumlah volume cadangan ekspirasi + 1100 ml.

### d. Volume sisa (Volume Residu)

Volume sisa merupakan volume yang masih tersisa di dalam paru-paru setelah melakukan ekspirasi dengan kuat. Volume udara sisa + 1200 ml.

Pada peristiwa pernapasan diperlukan penyatuan dua volume paru-paru atau lebih. Hal ini disebut kapasitas paru-paru. Kapasitas paru-paru meliputi:

#### 1. Kapasitas inspirasi (KI)

Kapasitas inspirasi merupakan jumlah volume udara yang dapat dihirup dari eksperimen normal sampai paru-paru dapat mengembang secara maksimum. Jumlah KI + 3500 ml.

$$KI = VT + VCI$$

#### 2. Kapasitas residu fungsional (KRF)

Kapasitas residu fungsional merupakan jumlah volume udara yang tersisa di dalam paru-paru setelah melakukan ekspirasi normal. Jumlah KRF + 2300 ml.

### 3. Kapasitas vital (KV)

Kapasitas vital merupakan jumlah volume udara maksimum yang dapat dikeluarkan dari paru-paru setelah inspirasi secara maksimum dan diekspirasikan secara maksimum. Jumlah KV + 4600 ml.  $KV = VCI + VCE + VT$ .

### 4. Kapasitas total paru-paru (KTP)

Kapasitas total paru-paru merupakan volume udara maksimum pengembangan paru-paru dengan inspirasi sekuat-kuatnya. Jumlah KTP + 5800 ml.  $KTP = KV + VR$ .

Frekuensi paru-paru merupakan kecepatan bernapas. Frekuensi pernapasan pada setiap orang berbeda-beda. Frekuensi pernapasan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

- a) Jenis kelamin  
Secara umum, laki-laki lebih banyak membutuhkan oksigen dibandingkan perempuan, karena laki-laki memiliki aktivitas lebih tinggi dibandingkan perempuan sehingga energinya pun lebih banyak dibutuhkan.
- b) Saat seseorang dalam masa pertumbuhan lebih banyak memerlukan energi dan oksigen dibandingkan pada usia lanjut.
- c) Suhu tubuh  
Metabolisme tubuh akan meningkat saat suhu tubuh menurun. Metabolisme tubuh ini berfungsi untuk menghasilkan panas sehingga membutuhkan oksigen lebih banyak.
- d) Posisi tubuh  
Saat orang tidur dan sedang berdiri berbeda dalam kebutuhan oksigen. Orang yang berdiri lebih banyak membutuhkan oksigen dibandingkan dengan posisi tidur.
- e) Aktivitas  
Orang yang memiliki aktivitas tinggi, frekuensi pernapasan lebih cepat dan oksigen dibutuhkan lebih banyak. Hal ini disebabkan, karena metabolisme meningkat untuk menghasilkan energi.



## menyapa

*Bekerjalah dengan kelompokmu.*

### **Judul**

Sistem Pernapasan pada Manusia

### **Tujuan**

Mengetahui alat-alat pernapasan penyusun sistem pernapasan pada manusia.

### **Alat dan Bahan**

- 1) Charta atau gambar sistem pernapasan pada manusia
- 2) Alat tulisan

### **Cara Kerja**

- 1) Lakukan pengamatan pada charta atau gambar sistem pernapasan pada manusia.
- 2) Tuliskan alat-alat pernapasan yang membentuk sistem pernapasan pada manusia secara urut.

### **Pertanyaan**

- 1) Jelaskan urutan masuknya udara yang melewati saluran atau alat-alat pernapasan.
- 2) Bagaimana proses pertukaran  $O_2$  dan  $CO_2$  terjadi?
- 3) Gambarkan secara sederhana proses pertukaran  $O_2$  dan  $CO_2$  yang terjadi.
- 4) Tuliskan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap difusi  $O_2$ .
- 5) Buatlah laporan hasil pengamatan.
- 6) Diskusikan hasilnya dengan teman kelompok lain.

Kelainan dan penyakit yang bisa menyerang sistem pernapasan pada manusia, antara lain:

### 1. Faringitis

Faringitis adalah peradangan faring yang diakibatkan oleh infeksi bakteri, virus atau karena merokok. Gejala yang timbul adalah ada rasa nyeri saat menelan makanan dan kerongkongan terasa kering.

### 2. TBC (*tuberculosis*)

Penyakit TBC menyerang paru-paru, karena infeksi bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Penyakit ini menular lewat udara.

### 3. Pneumonia

Pneumonia merupakan peradangan paru-paru yang diakibatkan karena infeksi virus, bakteri atau benda-benda asing yang masuk ke dalam paru-paru. Hal ini mengakibatkan adanya timbunan cairan, eritrosit, dan leukosit di dalam alveolus.

### 4. Emfisema

Emfisema merupakan keadaan dimana permukaan alveolus melebar karena infeksi sehingga menurunkan proses difusi  $O_2$ .

### 5. Asma

Asma adalah suatu kondisi dimana bronkus atau bronkiolus mengalami penyempitan karena alergi. Biasanya ditandai dengan sesak napas.

### 6. Diftasi

Diftasi suatu keadaan dimana faring atau laring terinfeksi oleh bakteri *Corynebacterium diphtherial*. Sehingga, laring atau faring mengalami penyumbatan.

### 7. Pleuritis

Pleuritis adalah peradangan pada pleura. Biasanya, gejala yang ditimbulkan adalah adanya perasaan sakit di dada saat menghirup napas.

## B Kelainan dan Penyakit pada Sistem Pernapasan



1. Coba kamu cari informasi mengenai penyakit TBC dan Flu burung. Sebutkan dan jelaskan mengenai gejala-gejala, penyebab, dampak, dan cara mengatasinya.
2. Carilah informasi tentang teknologi terkini dalam mengatasi berbagai kelainan dan penyakit yang biasa menyerang sistem pernapasan pada manusia. Kemudian, diskusikan hasilnya dengan guru dan temanmu.

Untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi frekuensi pernapasan. Coba kamu lakukan kegiatan di bawah ini.



Bekerjalah dengan kelompokmu.

**Judul**

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Frekuensi Pernapasan

**Tujuan**

Mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi frekuensi pernapasan seseorang.

**Alat dan Bahan**

- 1) Siswa
- 2) Alat tulisan
- 3) Stopwatch atau arloji

**Cara Kerja**

- 1) Tentukan siswa yang akan melakukan kegiatan ini dengan ketentuan adanya perbedaan umur, jenis kelamin, dan berat badan.
- 2) Masing-masing siswa sebelum melakukan aktivitas catat umur, jenis kelamin, berat badan, suhu tubuh, dan berat badan.
- 3) Siswa disuruh dalam posisi duduk, catat frekuensi pernapasan.
- 4) Setelah itu siswa tersebut disuruh berdiri. Catat kembali frekuensi pernapasannya.
- 5) Kemudian, siswa tersebut diminta berlari-lari selama + 5 menit. Catat suhu tubuh, dan frekuensi pernafasannya permenit pada Tabel 7.1.

**Tabel 7.1** Tabel Pengamatan

No.	Nama	Umur	Berat Badan	Jenis Kelamin	Posisi Duduk		Berdiri		Setelah Berlari	
					Suhu Tubuh	Frekuensi Pernapasan	Suhu Tubuh	Frekuensi Pernapasan	Suhu Tubuh	Frekuensi Pernapasan

### Pertanyaan

- 1) Dari hasil kegiatan, adakah perbedaan jumlah frekuensi pernapasan dari siswa satu dengan siswa yang lain?
- 2) Setelah melakukan aktivitas, siapakah yang frekuensi pernapasannya paling banyak dan paling sedikit?
- 3) Jelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi frekuensi pernapasan.

Apa yang dapat disimpulkan. Diskusikan hasilnya dengan kelompok lain.

Selain manusia, hewan pun bernapas dalam mempertahankan hidupnya. Alat pernapasan pada hewan berbeda-beda sesuai dengan perkembangan struktur tubuh dan tempat hidupnya. Misalnya, hewan bersel satu (*Amoeba* dan *paramecium*) bernapas secara difusi. Terjadi pertukaran  $\text{CO}_2$  dan  $\text{O}_2$  secara difusi menggunakan seluruh permukaan tubuhnya. Hewan invertebrata, seperti cacing,  $\text{CO}_2$  dan  $\text{O}_2$  berdifusi melalui kulit permukaan tubuhnya yang selalu basah.  $\text{O}_2$  diedarkan ke seluruh tubuh.

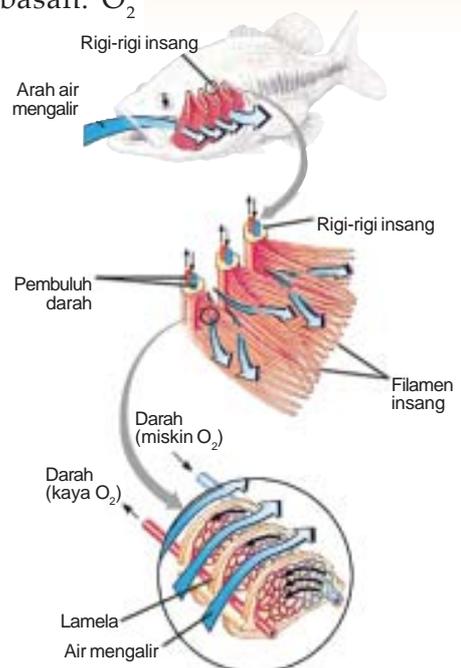
Pada serangga, sistem pernapasannya disebut sistem pembuluh trakea. Udara masuk ke dalam tubuh melalui lubang kecil pada permukaan tubuh yang disebut *spirakel* atau stigma.  $\text{O}_2$  diedarkan ke seluruh tubuh melalui pembuluh trakea. Pada ikan, alat pernapasannya berupa insang (lihat Gambar 7.5.)

Amfibi, contohnya katak, pada saat berudu bernapas dengan insang, karena hidupnya di air. Sedangkan, saat katak dewasa bernapas dengan paru-paru dan kulit. Hal ini dikarenakan katak dewasa lebih banyak hidup di darat. Reptil memiliki alat pernapasan yang berkembang lebih sempurna dibandingkan pada amfibi.

Hewan mamalia memiliki alat sistem pernapasan yang sama, tidak jauh berbeda dengan manusia. Kelompok hewan vertebrata yang lain adalah burung. Burung sebagian besar dapat terbang, memiliki sayap yang berkembang dengan baik. Namun, ada pula burung yang tidak terbang.

Secara umum, alat pernapasan burung adalah paru-paru (*pulmo*). Ukuran *pulmo* relatif kecil dibandingkan ukuran

## C Sistem Pernapasan pada Hewan



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 7.5**  
Sistem pernapasan pada ikan

Sumber: Image.google.co.id



**Gambar 7.6**  
Sistem pernapasan pada burung

tubuhnya. Paru-paru burung terbentuk oleh *bronkus primer* dan *bronkus sekunder*, dan pembuluh-pembuluh *bronkiolus*. Bronkus primer berhubungan dengan *mesobronkus* yang merupakan bronkiolus terbesar. Mesobronkus bercabang menjadi dua sel, yaitu bronkus sekunder anterior dan posterior, yang disebut *ventrobronkus* dan *dorsobronkus*. Ventrobronkus dan dorsobronkus dihubungkan oleh parabronkus. Paru-paru burung memiliki  $\pm 1000$  buah parabronkus yang garis tengahnya  $\pm 0,5$  mm.

Sepasang paru-paru pada burung menempel di dinding dada bagian dalam. Paru-paru burung memiliki perluasan yang disebut kantong udara (*sakus pneumatikus*) yang mengisi daerah selangka, dada atas, dada bawah, daerah perut, daerah tulang humerus, dan darah leher.

Alat pernapasan burung adalah sebagai berikut:

- 1) *Lubang hidung*
- 2) *Celah tekak* pada dasar faring, berhubungan dengan trakea.
- 3) *Trakea*, berupa pipa dengan penebalan tulang rawan berbentuk cincin yang tersusun di sepanjang trakea.
- 4) *Siring* (alat suara), terletak di bagian bawah trakea. Dalam siring terdapat otot *sternotrakealis* yang menghubungkan tulang dada dan trakea, serta berfungsi untuk menimbulkan suara. Selain itu, terdapat juga otot *siringialis* yang menghubungkan siring dengan dinding trakea sebelah dalam. Dalam rongga siring, terdapat selaput yang mudah bergetar. Getaran selaput suara tergantung besar kecilnya ruangan siring yang diatur oleh otot *sternotrakealis* dan otot *siringialis*.
- 5) *Bifurkasi trakea*, yaitu percabangan trakea menjadi dua bronkus kanan dan kiri.
6. *Bronkus* (cabang trakea), terletak antara siring dan paru-paru.
7. *Paru-paru* dengan selaput pembungkus paru-paru yang disebut *pleura*.

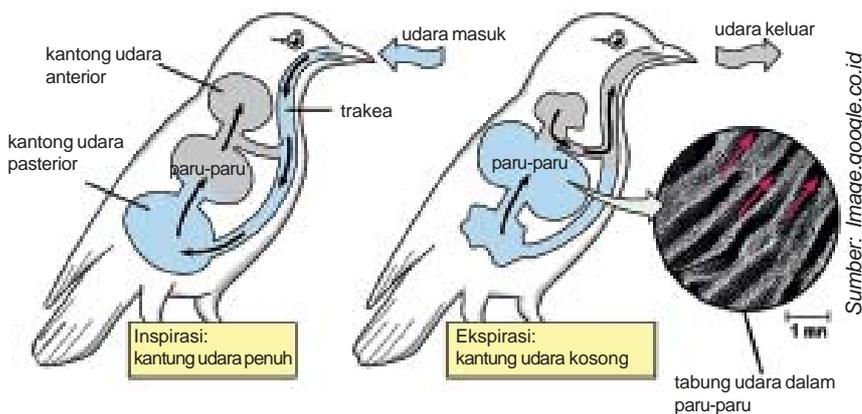
### Sistem Pernapasan Burung

Pertukaran gas terjadi dalam paru-paru, tepatnya pada parabronkus yang mengandung pembuluh-pembuluh darah. Paru-paru burung berhubungan dengan sakus pneumatikus melalui perantara *bronkus rekurens*. Selain berfungsi sebagai alat bantu pernapasan saat terbang, sakus pneumatikus juga membantu memperbesar ruang siring sehingga dapat memperkeras suara, mencegah hilangnya panas badan yang terlalu tinggi, menyelubungi alat-alat dalam untuk mencegah kedinginan, serta mengubah massa jenis tubuh pada burung-

burung perenang. Perubahan massa jenis ini dengan cara memperbesar atau memperkecil kantong udara.

Pernapasan burung dilakukan dengan dua cara, yaitu pada waktu terbang dan tidak terbang. Pada waktu tidak terbang, pernapasan terjadi karena gerakan tulang dada sehingga tulang-tulang rusuk bergerak ke muka dan ke arah bawah. Akibatnya, rongga dada membesar dan paru-paru mengembang. Mengembangnya paru-paru, menyebabkan udara luar masuk (inspirasi). Sebaliknya, dengan mengecilnya rongga dada, paru-paru akan mengempis sehingga udara dari kantong udara kembali ke paru-paru. Jadi, udara segar mengalir melalui parabronkus pada waktu inspirasi dan ekspirasi sehingga fungsi paru-paru burung lebih efisien daripada paru-paru mamalia.

Pada waktu terbang, gerakan aktif dari rongga dada tak dapat berlangsung, karena tulang-tulang dada dan tulang rusuk merupakan pangkal pelekatan yang kuat untuk otot-otot terbang. Akibatnya, inspirasi dari ekspirasi dilakukan oleh kantong udara di antara tulang korakoid dan kantong udara di ketiak dengan cara menggerak-gerakkan sayap ke atas dan ke bawah. Gerakan ini dapat menekan dan melonggarkan kantong udara tersebut sehingga terjadi pertukaran udara di dalam paru-paru. Semakin tinggi burung terbang, harus semakin cepat menggerakkan sayap untuk memperoleh O<sub>2</sub> yang banyak. Frekuensi bernapas burung ± 25 kali permenit, sedangkan pada manusia hanya 15 sampai 20 kali permenit.



**Gambar 7.7**  
Inspirasi dan ekspirasi pada burung



Kamu telah mempelajari sistem pernapasan pada manusia dan hewan. Hal-hal penting apa sajakah yang harus diketahui dalam mempelajarinya? Catatlah dalam bentuk rangkuman. Kemudian, tukarlah hasil rangkumanmu dengan rangkuman teman. Berikan masukan dan saran pada rangkuman masing-masing.

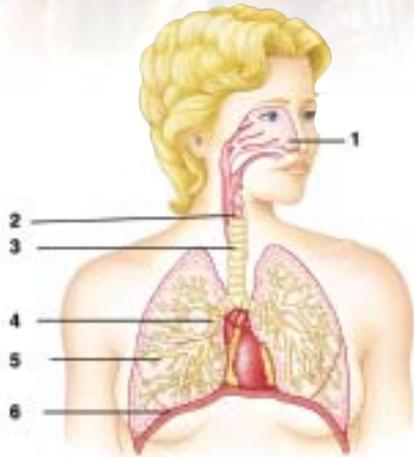
## Daftar Istilah

Ekspirasi	= proses pengeluaran udara dari dalam alat pernapasan (paru-paru atau yang lain) ke lingkungan.
Hemoglobin	= protein dalam sel darah merah yang berfungsi sebagai pengikat oksigen atau disebut juga pigmen respirasi.
Inspirasi	= proses pemasukan udara ke dalam paru-paru atau ke dalam alat pernapasan.
Kapasitas total paru-paru	= volume udara yang dapat ditampung paru-paru.
Kapasitas vital paru-paru	= kapasitas total paru-paru dikurangi udara residu.
Oksihemoglobin	= hemoglobin yang berikatan dengan oksigen.
Respirasi	= proses pemanfaatan udara dari luar tubuh (oksigen) untuk pembakaran zat makanan di dalam tubuh.
Udara komplementer	= udara yang masuk paru-paru setelah menarik napas biasa.
Udara suplementer	= udara yang dapat dihembuskan kuat-kuat setelah menghembuskan napas biasa.
Udara residu	= udara yang ada di paru-paru setelah menghembuskan napas kuat-kuat.
Udara tidal	= udara yang keluar masuk paru-paru pada pernapasan normal.

## M a r i B e r k o m p e t e n s i

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat di setiap soal-soal berikut.

Perhatikan gambar berikut untuk menjawab soal 1 - 6.



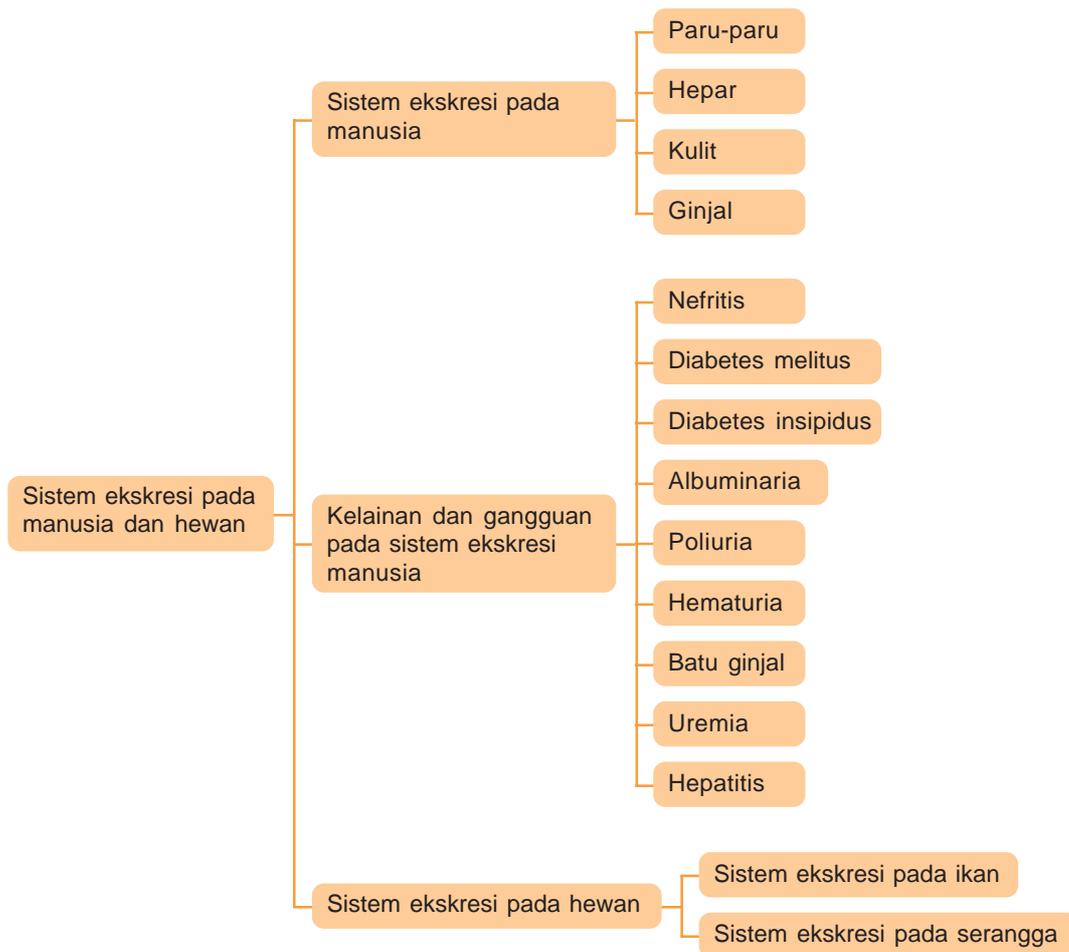
1. Udara dihangatkan, dilembapkan, dan disaring pada organ yang ditunjukkan oleh ....
  - a. 1
  - b. 2
  - c. 3
  - d. 4
  - e. 5
2. Saluran yang disusun dari tulang-tulang rawan yang berbentuk cincin ditunjukkan nomor ....
  - a. 1
  - b. 2
  - c. 3
  - d. 4
  - e. 5
3. Gambar yang ditunjukkan nomor 5 mempunyai fungsi ....
  - a. tempat pertukaran  $O_2$  dan  $CO_2$
  - b. melindungi paru-paru dari gesekan
  - c. mempermudah paru-paru mengembang
  - d. mempermudah paru-paru mengempis
  - e. mengikat  $O_2$
4. Pembatas antara rongga dada dan perut yang ditunjukkan label 6 dan disebut ....
  - a. pleura
  - b. diafragma
  - c. perikardium
  - d. viseral
  - e. parietal
5. Gambar yang ditunjukkan label 4 dan disebut ....
  - a. faring
  - b. laring
  - c. trakea
  - d. bronkus
  - e. bronkiolus
6. Asma yang terjadi karena adanya gangguan alat pernapasan yang ditunjukkan label ....
  - a. 1
  - b. 2
  - c. 3
  - d. 4
  - e. 5
7. Pada pernapasan dada otot yang berperan adalah ....
  - a. otot diafragma
  - b. otot perut
  - c. otot lengan
  - d. otot antar tulang rusuk
  - e. otot dada
8. Pernyataan berikut ini merupakan hal-hal yang terjadi saat ekspirasi pernapasan dada, *kecuali* ....
  - a. rongga dada membesar
  - b. tekanan udara dalam paru-paru besar
  - c. otot interkostalis relaksasi
  - d. paru-paru mengembang
  - e. tulang rusuk terangkat
9. Pada pernapasan perut saat inspirasi posisi diafragma adalah ....
  - a. melengkung ke arah rongga dada
  - b. melengkung ke arah rongga perut

- c. mendatar
  - d. berelaksasi
  - e. kontraksi dan relaksasi
10.  $O_2$  berdifusi ke kapiler darah alveolus karena ....
- a. tekanan  $O_2$  di alveolus lebih rendah daripada di kapiler alveolus
  - b. tekanan  $O_2$  di alveolus sama dengan kapiler alveolus
  - c. tekanan  $CO_2$  di alveolus lebih tinggi daripada di kapiler alveolus
  - d. tekanan  $O_2$  di alveolus lebih tinggi daripada di kapiler alveolus
  - e. tekanan  $CO_2$  di alveolus lebih rendah daripada di kapiler alveolus
11. Volume udara yang masih ada di dalam paru-paru setelah melakukan ekspirasi sekuat-kuatnya disebut ....
- a. volume tidal
  - b. volume cadangan inspirasi
  - c. volume cadangan ekspirasi
  - d. volume residu
  - e. volume kapasitas paru-paru
12. Kapasitas inspirasi memiliki volume udara sektor ....
- a. 1200 ml
  - b. 3500 ml
  - c. 2300 ml
  - d. 4600 ml
  - e. 5800 ml
13. Pernyataan yang sesuai dengan penyakit TBC adalah ....
- a. disebabkan bakteri *Corynebacterium diphtherial*
  - b. hipersensitivitas alergi
  - c. menurunnya tingkat difusi  $O_2$
  - d. adanya jaringan fibrotik pada paru-paru
  - e. alveolus berisi mukus
14. Berikut fungsi kantung hawa pada burung, *kecuali* ....
- a. membantu pernapasan saat terbang
  - b. membantu memperkeras suara
  - c. mengatur suhu tubuh
  - d. mengatur berat jenis tubuh
  - e. mempermudah terbang
15. Jumlah lobus paru-paru manusia sebelah kanan dan kiri berturut-turut ....
- a. 2 dan 3
  - b. 3 dan 2
  - c. 3 dan 4
  - d. 4 dan 2
  - e. 2 dan 2

**B. Jawablah soal-soal berikut dengan singkat dan jelas.**

1. Jelaskan proses pertukaran  $O_2$  dan  $CO_2$  yang terjadi di dalam alveolus maupun jaringan.
2. Jelaskan mekanisme pernapasan pada burung.
3. Tuliskan dan jelaskan penyakit-penyakit pada sistem pernapasan pada manusia selain yang telah disebutkan dalam materi ini.
4. Jelaskan perbedaan antara pernapasan dada dan pernapasan perut pada manusia.
5. Jelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi frekuensi pernapasan seseorang.

Peta Konsep



Sel-sel tubuh makhluk hidup selalu melakukan proses oksidasi. Masih ingatkah kamu apa yang dimaksud dengan oksidasi? Oksidasi merupakan salah satu metabolisme yang terjadi di dalam tubuh. Metabolisme ini menghasilkan energi yang kamu butuhkan untuk melakukan berbagai kegiatan. Selain itu, menghasilkan zat-zat sisa yang tidak dibutuhkan oleh tubuh sehingga harus dikeluarkan dari tubuh. Pengeluaran zat-zat sisa tersebut melalui alat-alat ekskresi yang membentuk suatu sistem ekskresi.

Ekskresi adalah suatu proses pengeluaran zat-zat sisa hasil metabolisme tubuh yang sudah tidak diperlukan lagi. Fungsi sistem ekskresi adalah untuk menjaga kesetimbangan (homeostasis) tubuh secara osmoregulasi. Setelah mempelajari bab ini, kamu akan mengetahui tentang struktur, fungsi, dan proses sistem ekskresi pada manusia dan hewan. Mari cermati uraiannya.

## A Sistem Ekskresi pada Manusia

Alat-alat ekskresi apa saja yang menyusun sistem ekskresi pada manusia? Alat-alat ekskresi yang menyusun sistem ekskresi pada manusia meliputi organ paru-paru, hati, kulit, dan ginjal.

### 1. Paru-Paru (pulmo)

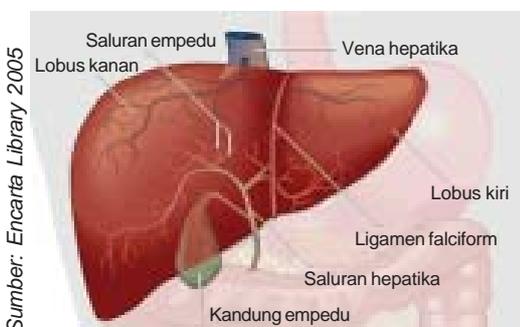
Pada materi sistem pernapasan, kamu telah mempelajari proses pernapasan pada manusia. Sisa dari pernapasan adalah karbondioksida dan uap air. Coba kamu pelajari bagaimana  $\text{CO}_2$  dikeluarkan dari tubuh melalui pernapasan.

### 2. Hati (hepar)

Hati adalah kelenjar terbesar di dalam tubuh, dengan warna cokelat. Letak hati berada dalam rongga perut di sebelah kanan atas dan di bawah diafragma.

Hati berfungsi sebagai tempat metabolisme asimilasi karbohidrat, lemak, protein, vitamin, dan produksi energi; sebagai tempat detoksikasi racun; membentuk darah dan heparin; dan memproduksi empedu.

Hati berfungsi memproduksi organ ekskresi. Empedu merupakan suatu cairan yang memiliki warna kuning kehijauan dengan komposisi garam-garam empedu, pigmen empedu, kolesterol, lesitin, lemak, dan garam organik.



Gambar 8.1  
Struktur hati

Pigmen empedu terdiri atas biliverdin dan bilirubin. Dari manakah empedu terbentuk? Empedu berasal dari penghantar cairan dan penguraian hemoglobin eritrosit yang telah tua.

Empedu yang diproduksi oleh hati akan disimpan dalam kantung empedu (*vesica fellen*) yang terletak di permukaan bawah hati. Empedu adalah salah satu zat yang membantu dalam proses pencernaan. Empedu dialirkan ke usus (duodenum) melalui saluran empedu (*ductus koleidokus*).

Empedu memiliki fungsi mengemulsi lemak garam. Empedu mampu meningkatkan kerja enzim lipase, meningkatkan penyerapan lemak, mengatur zat tidak larut dalam air menjadi zat yang larut dalam air, serta membentuk urea. Kemudian, diikat oleh nitritin dan  $\text{CO}_2$  yang kemudian membentuk sitrulin. Selanjutnya, sitrulin diubah menjadi arginin dan masuk aliran darah.

Dengan bantuan enzim arginase yang dihasilkan hati, arginin diubah menjadi urnitin dan urea. Selanjutnya, urea keluar dari hati melalui darah dan diekskresikan keluar tubuh bersama urin melalui ginjal.

### 3. Kulit (integumen)

Kulit merupakan bagian tubuh yang terluas dan membungkus seluruh bagian luar tubuh. Kulit memiliki beberapa fungsi, antara lain:

#### a. Fungsi proteksi

Kulit melindungi bagian dalam tubuh dari gangguan fisik maupun mekanik, seperti gesekan, tarikan, gangguan kimia yang dapat menimbulkan iritasi (contohnya asam, karbol), gangguan panas, dan radiasi sinar ultraviolet matahari dan infeksi mikroorganisme.

#### b. Fungsi absorpsi

Permeabilitas yang dimiliki kulit memungkinkan kulit mengabsorpsi oksigen, mengeluarkan  $\text{CO}_2$  dan uap air. Pada kulit yang sehat tidak akan mudah menyerap air, larutan, dan benda padat. Tetapi, larutan yang mudah menguap akan mudah diabsorpsi.

#### c. Fungsi ekskresi

Kelenjar-kelenjar pada kulit mengeluarkan zat-zat sisa metabolisme tubuh yang tidak dibutuhkan lagi oleh tubuh seperti urea, NaCl, asam urat, dan amonia. Kelenjar minyak menjaga kelembapan kulit. Kelenjar lemak dan kelenjar keringat menyebabkan keasaman kulit.



Diskusikan proses pembentukan empedu bersama temanmu.

#### d. Fungsi persepsi

Ujung-ujung saraf sensorik yang terdapat pada kulit menyebabkan tubuh dapat menanggapi rangsang dingin, panas, tekanan, dan lain-lain.

#### e. Fungsi pengaturan suhu tubuh

Untuk mengatur suhu tubuh, kulit mengeluarkan keringat. Jika udara panas, maka kulit akan mengeluarkan keringat lebih banyak.

#### f. Fungsi pembentukan pigmen

Kulit bisa menentukan warna kulit seseorang berdasarkan pigmen kulit. Pigmen ini dinamakan melanin. Jika melanin yang dihasilkan terlalu banyak, maka kulit akan berwarna hitam.

#### g. Fungsi keratinisasi

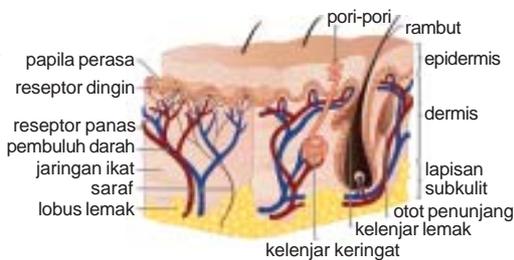
Lapisan ini banyak mengandung sel keratin yang tidak mengandung air, elastisitasnya kecil sehingga efektif mencegah penguapan air. Lapisan ini selalu mengelupas.

#### h. Fungsi pembentukan vitamin D

Dengan bantuan sinar matahari mengubah dihidroksi kolesterol pada kulit menjadi vitamin D. Jika kamu kekurangan vitamin D, maka tulangmu akan mudah patah.

Kulit juga merupakan alat indikator untuk melihat perubahan atau mengetahui kelainan yang terjadi pada tubuh. Contohnya, apabila dalam keadaan marah kulit wajah menjadi merah. Kulit tersusun atas dua lapisan utama, yaitu epidermis (kulit ari) dan dermis (kulit jangat).

Sumber: Encarta Library 2005



**Gambar 8.2**  
Struktur kulit

### 1) Epidermis

Epidermis merupakan lapisan kulit paling luar. Terdiri atas lapisan:

- a) *Stratum korneum tanduk*  
Stratum korneum tanduk terdiri atas sel-sel pipih. Lapisan ini selalu mengelupas.
- b) *Stratum insidum*  
Stratum insidum terdiri atas beberapa lapis sel pipih dan bening. Lapisan ini ditemukan pada bagian tubuh yang memiliki kulit tebal.
- c) *Stratum granulosum*  
Stratum granulosum terdiri atas 2 - 3 lapis sel poligonal. Lapisan ini mengandung lemak.

- d) *Stratum spinosum*  
Stratum spinosum terdiri atas lapisan sel bentuk kubus dan poligonal. Lapisan ini memberikan kekuatan untuk menahan gesekan dan tekanan.
- e) *Stratum malphigi* (basul)  
Stratum malphigi merupakan lapisan yang selalu membentuk sel baru. Terdapat sel-sel pigmen.

**2) Dermis**

Lapisan dermis terletak di bawah epidermis. Lapisan ini lebih tebal dari epidermis. Lapisan dermis bersifat elastis, terdiri atas serat-serat kolagen, serabut-serabut elastis, dan serabut-serabut retikulum. Lapisan dermis dilengkapi pembuluh-pembuluh darah dan getah bening. Pada lapisan dermis terdapat kelenjar keringat, kelenjar minyak, akar rambut, serabut saraf, dan pembuluh darah. Di bawah lapisan dermis terdapat lapisan hipodermis yang terdiri atas serat longgar, elastis, dan lapisan lemak (adiposa).

Kulit sebagai organ ekskresi memiliki kelenjar keringat yang berfungsi untuk pengeluaran keringat. Kelenjar keringat memiliki saluran yang berujung sampai lapisan epidermis. Kelenjar ini terdiri atas pipa terpilin dari sel-sel khusus yang mampu menyerap air dan zat-zat lain di sekitarnya. Kelenjar keringat memproduksi keringat yang terdiri atas sebagian besar air, yang lain adalah benda padat (natrium klorida) dan urea. Sebanyak 1% urea dapat dikeluarkan oleh keringat, 99% dikeluarkan oleh ginjal.

Keringat yang dihasilkan tergantung dari suhu luar, aktivitas, jenis makanan, emosi, dan kesehatan. Pada kondisi panas, pengeluaran keringat akan banyak.

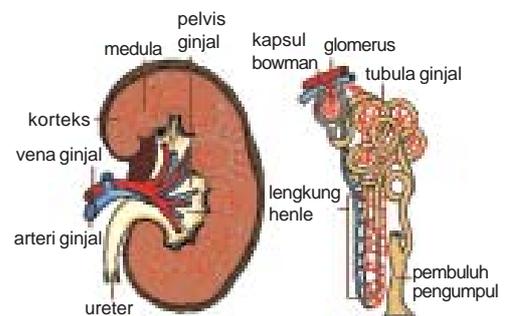


1. jelaskan hubungan pengeluaran keringat dengan kondisi lingkungan yang dingin maupun panas.
2. apakah yang terjadi bila pengeluaran keringat dari tubuh berlebihan? Diskusikan hasilnya dengan teman sekelompokmu.

**4. Ginjal**

Ginjal merupakan organ ekskresi yang utama pada manusia. Organ ini berperan penting dalam mempertahankan homeostasis cairan tubuh dengan cara mengatur volume cairan, keseimbangan osmotik, asam basa, ekskresi sisa metabolisme, dan pengaturan hormonal dan metabolisme. Ginjal memiliki bentuk seperti kacang merah, berjumlah dua buah, terletak di dalam rongga perut bagian dorsal di kedua sisi tulang belakang.

Letak ginjal kiri lebih atas dibandingkan letak ginjal kanan 20 - 25%, darah dipompa jantung setiap menit melalui ginjal. Dari potongan ginjal pada Gambar 8.3, dapat kamu lihat bahwa



**Gambar 8.3**  
Struktur ginjal dan nefron

Sumber: Image.google.co.id

ginjal memiliki bagian-bagian, seperti korteks (bagian luar), medula (tengah) dan paling dalam pelvis. Pada korteks dan medula terdiri atas ± 1 juta nefron. Nefron adalah satuan struktural dan fungsional ginjal. Selama 24 jam ginjal dapat menyaring 170 liter darah. Darah sampai ke ginjal melalui arteri renal dan keluar melalui vena renal. Nefron memiliki beberapa bagian, antara lain:

- Glomerulus, merupakan anyaman kapiler yang terletak di dalam kapsula bowman.
- Tubulus proksimal, mempunyai bentuk berkelok-kelok dari korteks sampai medula dan berhubungan langsung dengan kapsula bowman.
- Ansa henk, memiliki bentuk lurus dan tebal.
- Tubulus distal, merupakan bagian tubulus yang berkelok-kelok, letaknya jauh dari kapsul bowman.

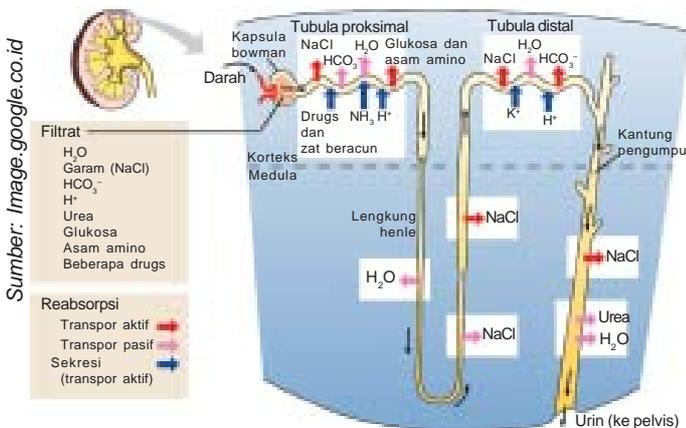
Ginjal memiliki beberapa fungsi, antara lain:

- Mengatur volume di dalam tubuh.
- Mengatur keseimbangan osmotik dan mempertahankan keseimbangan ion dalam plasma.
- Mengatur keseimbangan asam basa cairan tubuh.
- Mengekskresikan sisa-sisa hasil metabolisme .
- Fungsi hormonal dan metabolisme.

Untuk mengetahui proses pembentukan urin dan faktor-faktor yang mempengaruhinya, mari cermati uraian berikut ini.

### a. Proses pembentukan urin

Urin terbentuk pada nefron dengan cara menyaring darah dan mengambil bahan-bahan yang masih dibutuhkan oleh tubuh. Tahap pembentukan urin meliputi tahap filtrasi (penyaringan), reabsorpsi (penyerapan kembali), dan augmentasi (pengeluaran zat).



Glomerulus menerima darah dari arteriola aferen dan mengeluarkan melalui arteriola eferen. Darah di dalam glomerulus berada dalam tekanan jantung. Dengan adanya tekanan ini air dan molekul-molekul kecil di dalam darah (kecuali protein) disaring di dalam glomerulus melalui dinding kapiler. Hasil filtrasi (saringan) ini disebut *filtrat glomerulus*. Filtrat glomerulus (urin primer) terkumpul di dalam kapsula bowman.

**Gambar 8.4**  
Proses pembentukan urin dalam ginjal

Filtrat glomerulus masih mengandung glukosa, asam amino, dan garam-garam.

Dari kapsul bowman, filtrat glomerulus masuk ke tubulus proksimal. Di dalam tubulus proksimal berlangsung reabsorpsi (penyerapan kembali) glukosa, asam amino, dan sejumlah besar ion-ion anorganik seperti  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , dan  $\text{SO}_4^{2-}$ . Penyerapan ini terjadi secara transpor aktif. Bahan-bahan yang direabsorpsi tersebut kemudian dikembalikan ke dalam darah. Hasil dari proses ini terbentuk berupa urin sekunder (filtrat tubulus).

Filtrat tubulus mengandung nitrogen, urea. Filtrat tubulus kemudian masuk ke ansa henk, lalu masuk ke tubulus distal. Di dalam tubulus ini terjadi augmentasi atau penambahan zat-zat sisa yang tidak dibutuhkan lagi oleh tubuh. Di bagian ini terbentuk urin yang sesungguhnya. Di dalam urin ini terkandung air, urea dan garam. Urin disalurkan ke rongga ginjal, kemudian ke kantung kemih (vesika urinaria) melalui ureter. Apabila urin dalam kantung kemih sudah penuh maka akan ada rasa ingin kencing. Urin keluar dari kantung kemih dan keluar tubuh melalui uretra. Urin normal mengandung air, urea, garam dapur, zat warna empedu (urin berwarna kuning), obat-obatan atau hormon.

## **b. Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi urin**

Setiap hari,  $\pm 1500$  liter darah melewati ginjal untuk disaring, dan terbentuk  $\pm 150 - 170$  liter urin primer. Meskipun demikian, hanya 1 - 1,5 liter urin yang dikeluarkan. Banyak sedikitnya urin seseorang yang dikeluarkan tiap harinya dipengaruhi oleh hal-hal berikut ini.

### **1) Zat-zat diuretik**

Pembentukan urin dipengaruhi oleh hormon antidiuretika (ADH). Hormon ini menentukan banyak sedikitnya produksi urin. Apabila kamu banyak minum air, maka ADH yang diproduksi sedikit sehingga produksi urin banyak. Sebaliknya, bila kamu kurang minum air, akan memacu produksi ADH untuk menyerap air sehingga urin yang keluar sedikit.

Jika kamu banyak mengonsumsi zat-zat diuretik, misalnya kopi, teh, dan alkohol maka zat kimia tersebut akan menghambat reabsorpsi ion  $\text{Na}^+$ . Akibatnya, konsentrasi ADH berkurang sehingga reabsorpsi air terhambat dan volume urin meningkat.

### **2) Suhu**

Jika suhu internal dan eksternal naik di atas normal, maka kecepatan respirasi meningkat dan pembuluh kutaneus melebar sehingga cairan tubuh berdifusi dari kapiler ke permukaan kulit. Saat volume air turun, hormon ADH disekresikan sehingga reabsorpsi air meningkat. Selain itu, peningkatan suhu

merangsang pembuluh abdominal mengerut sehingga aliran darah di glomerulus dan filtrasi turun. Kedua hal tersebut mengurangi volume urin.

### 3) Konsentrasi darah

Konsentrasi air dan larutan dalam darah berpengaruh terhadap produksi urin. Jika kamu tidak minum air seharian maka konsentrasi air di darah menjadi rendah. Hal ini merangsang hipofisis mengeluarkan ADH. Hormon ini meningkatkan reabsorpsi air di ginjal sehingga volume urin turun.

### 4) Emosi

Emosi tertentu dapat merangsang peningkatan dan penurunan volume urin. Contohnya, jika kamu stres atau gugup, maka kamu akan sering buang air kecil. Hal ini disebabkan, karena hormon adrenalin meningkat di dalam darah. Hormon ini akan meningkatkan kinerja ginjal sehingga urin yang dihasilkan meningkat pula.



**MEMBERSAMA**

*Bekerjalah dengan kelompokmu.*

#### Judul

Struktur Ginjal Manusia

#### Tujuan

Memahami struktur ginjal manusia.

#### Alat dan Bahan

Model ginjal manusia

#### Cara Kerja

Amati model ginjal yang telah disediakan.

#### Pertanyaan

1. Bagaimanakah bentuk ginjal, dan di manakah letaknya?
2. Pada potongan melintang ginjal, bagaimanakah struktur ginjal? Sebutkan bagian-bagiannya.
3. Sebutkan dan jelaskan nama-nama bagian dari satu nefron.
4. Jelaskan proses terjadinya urin.
5. Jelaskan apa yang dimaksud dengan:
  - a. nefron
  - b. glomerulus
  - c. kapsula bowman
  - d. pelvis renalis
  - e. tubulus kontortus
  - f. ansa henk

Apa yang dapat disimpulkan? Diskusikan hasil kelompokmu dengan kelompok lain.

Ginjal manusia dapat mengalami gangguan dan kelainan karena berbagai hal. Misalnya, karena serangan bakteri, tumor atau karena pembentukan batu ginjal. Jenis-jenis kelainan tersebut, antara lain:

## B

### Kelainan dan Gangguan pada Sistem Ekskresi Manusia

#### 1. Nefritis

Nefritis merupakan keadaan dimana nefron mengalami peradangan yang disebabkan infeksi bakteri *Streptococcus*. Nefritis menyebabkan protein tidak dapat disaring sehingga urin yang dikeluarkan akan mengandung protein.

#### 2. Diabetes insipidus

Diabetes insipidus merupakan penyakit yang ditandai dengan urin yang dikeluarkan banyak, karena kekurangan ADH. Hal ini menyebabkan dehidrasi, rasa haus terus menerus, dan tekanan darah rendah.

#### 3. Diabetes melitus

Penderita penyakit diabetes melitus akan mengeluarkan urin yang mengandung glukosa. Hal ini disebabkan karena kekurangan hormon insulin yang mempunyai fungsi mengatur kadar gula darah. Penderita akan selalu merasa haus.

#### 4. Albuminuria

Albuminuria merupakan suatu keadaan dimana urin yang dikeluarkan mengandung protein dan albumin. Hal ini disebabkan karena sel-sel pada ginjal mengalami infeksi.

#### 5. Poliuria

Poliuria merupakan kondisi dimana urin yang diproduksi berlebihan. Hal ini terjadi karena adanya gangguan proses reabsorpsi di tubulus proksimal.

#### 6. Oligouria

Oligouria adalah suatu keadaan dimana produksi urin menurun atau urin tidak diproduksi (anuria). Hal ini terjadi karena adanya kerusakan pada ginjal.

#### 7. Hematuria

Hematuria adalah suatu keadaan dimana urin yang diproduksi mengandung sel-sel darah merah.



1. Coba kamu cari informasi tentang hepatitis A, B, dan C.
2. Untuk mengatasi gagal ginjal sering dilakukan dialisis (cuci darah) dan transplantasi ginjal. Coba jelaskan apa yang dimaksud dialisis dan transplantasi ginjal serta bagaimana prosedurnya. Diskusikan hasilnya dengan guru dan temanmu.

## 8. Batu Ginjal

Kelainan yang disebabkan adanya endapan garam kalsium di dalam pelvis renalis, tubulus, atau vesika urinaria sehingga urin susah keluar dan timbul rasa nyeri. Hal ini disebabkan karena kurangnya konsumsi air.

## 9. Uremia

Uremia adalah keadaan dimana urin terbawa ke aliran darah. Hal ini disebabkan karena adanya kebocoran pada saluran di nefron.

## 10. Hepatitis

Hepatitis suatu penyakit dimana hati mengalami peradangan yang disebabkan karena infeksi virus. Jenis hepatitis ada tiga macam, yaitu hepatitis A, B, C.

## C

### Sistem Ekskresi pada Ikan dan Serangga

#### 1. Sistem Ekskresi pada Ikan

Alat ekskresi yang menyusun sistem ekskresi pada ikan meliputi insang dan ginjal. Ginjal mengekskresikan urin dan insang mengekskresikan karbon dioksida.

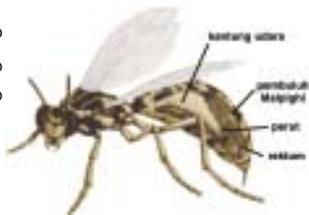
Dalam sistem ekskresi ini, antara ikan air tawar dan ikan air laut agak berbeda. Pada ikan air tawar, air yang masuk lebih banyak sehingga urin yang dikeluarkan mengandung amonia dan urin encer. Glomerulus pada ginjal lebih banyak sehingga terjadi penyaringan sisa metabolisme dengan cepat.

Sedangkan pada ikan air laut, urin yang dikeluarkan lebih sedikit dan mengandung urea, karena hidup di lingkungan dengan kadar garam tinggi, banyak minum air. Glomerulus yang ada sedikit sehingga proses penyaringan berjalan lambat.

#### 2. Sistem Ekskresi pada Serangga

Alat ekskresi yang dimiliki serangga berupa tubulus malpighi. Tubulus malpighi terdapat didalam hemocoel dan tergenang darah. Lubang ekskresi tidak langsung keluar dari tubuh, tetapi sel-sel tubulus zat-zat hasil metabolisme dan meneruskan masuk ke lumen tubulus, dan diserap kembali. Hal ini menyebabkan kadar air turun, maka asam urat mengendap. Tubulus malpighi menuju usus dan di usus air banyak

Sumber: Image.google.co.id



Gambar 8.5 Sistem ekskresi pada serangga

diabsorpsi. Asam urat keluar bersama feses, sehingga belalang dapat membuang limbah nitrogen dan tidak harus kehilangan banyak air.

Untuk mengetahui struktur ginjal serangga. Coba kamu lakukan kegiatan di bawah ini.



## MEMBUKA

*Bekerjalah dengan kelompokmu.*

### Judul

Struktur Ginjal Serangga

### Tujuan

Memahami bentuk dan letak alat ekskresi pada belalang.

### Alat dan Bahan

- |                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| 1) alat-alat bedah | 5) jarum          |
| 2) kaca pembesar   | 6) kapas          |
| 3) baki bedah      | 7) eter           |
| 4) botol tertutup  | 8) belalang hidup |

### Cara Kerja

1. Basahilah kapas dengan eter dan masukkan ke dalam botol.
2. Masukkan belalang ke dalam botol yang telah dimasuki kapas dengan eter dan tutup. Biarkan belalang sampai lemas.
3. Selanjutnya, ambil belalang dan letakkan secara terlentang di baki bedah.
4. Gunakan pisau atau gunting bedah dan pinset, bukalah kulit perut belalang sehingga bagian organ dalam belalang terlihat.
5. Selanjutnya dengan menggunakan jarum, uraikan isi perut belalang.
6. Urutkan organ-organ dalam tersebut mulai dari arah mulut ke belakang sehingga terlihat bagian lambung.
7. Pada bagian lambung amati dan angkat dengan jarum benang-benang halus yang menempel di lambung. Benang-benang halus ini adalah alat ekskresi belalang.
8. Dari percobaan tersebut gambarlah hasil pengamatanmu dan berilah nama-nama bagian pada organ-organ belalang yang telah kamu gambar.

### Pertanyaan:

1. Apakah nama alat ekskresi pada serangga? Bagaimanakah bentuknya?

2. Di manakah letak alat ekskresi tersebut? Jelaskan.
3. Mengapa letak alat ekskresi tersebut berada dengan menempel pada lambung depan? Jelaskan.

Apa yang dapat disimpulkan? Diskusikan hasil kelompokmu dengan kelompok lain.



Kamu telah mempelajari sistem ekskresi pada manusia dan hewan. Hal-hal penting apa sajakah yang harus diketahui dalam mempelajarinya? Catatlah dalam bentuk rangkuman. Kemudian, tukarlah hasil rangkumanmu dengan rangkuman teman. Berikan masukan dan saran pada rangkuman masing-masing.

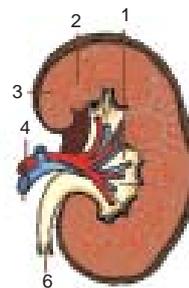
## Daftar Istilah

Absorpsi	= proses pengambilan suatu substansi (absorbat) dan menjadi bagian substansi (absorben) lain.
Augmentasi	= proses penambahan zat-zat dan urea di tubulus distal, disebut juga sebagai sekresi pada ginjal.
Duktus ekskretorius	= saluran pengeluaran.
Ekskresi	= pembuangan limbah yang dihasilkan metabolisme sel melalui saluran khusus.
Filtrasi	= proses penyaringan darah antara glomerulus dan badan malphigi.
Glomerulus	= jaringan kapiler darah di dalam kapsul Bowman.
Homeostasis	= pemeliharaan keseimbangan antara keadaan dalam tubuh dengan lingkungan luar, dengan regulasi proses dari dalam tubuhnya.
Kapsul Bowman	= ujung anterior tubulus ginjal yang membesar, bentuknya seperti mangkok.
Korteks	= lapisan luar organ tubuh, contohnya kulit ginjal.
Medula	= bagian tengah suatu organ, misalnya sumsum ginjal.
Nefron	= satuan struktural dan fungsional dari ginjal, terdiri atas badan Malpighi dan saluran yang panjang.
Osmoregulasi	= pemeliharaan tekanan osmotik cairan tubuh dengan mengatur jumlah air dan garam.

## M a r i B e r k o m p e t e n s i

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat di setiap soal-soal berikut.

- Zat sisa yang dihasilkan oleh paru-paru adalah ....
  - empedu
  - urea
  - asam urat
  - CO<sub>2</sub>
  - Urin
- Hati mengekskresikan empedu sebagai hasil perombakan dan penguraian ....
  - sel darah putih
  - sel darah merah
  - sel-sel epitel
  - protein
  - lemak
- Urea yang dihasilkan hati adalah perombakan dari ....
  - ornitin
  - arginase
  - protein
  - arginin
  - asam amonia
- Keringat terdiri atas ....
  - air, natrium klorida, urea
  - air, natrium oksida, urea
  - air, amonia, urea
  - air, garam-garam dapur, urea
  - air, ion-ion oksida, urea
- Proses penyaringan darah pada ginjal terjadi di dalam ....
  - glomerulus
  - tubulus kontortus proksimal
  - tubulus kontortus distal
  - pelvis renalis
  - tubulus kontortus kolektivis
- Berikut ini adalah kandungan dalam filtrat glomerulus, *kecuali* ...
  - asam amino
  - air
  - glukosa
  - urea
  - protein
- Di dalam tubulus kontortus proksimal terjadi proses ....
  - filtrasi
  - penyaringan
  - augmentasi
  - reabsorpsi
  - penambahan zat-zat
- Urin sekunder dihasilkan dari ....
  - tubulus kontortus kolektivis
  - tubulus kontortus distal
  - ansa henk
  - kapsula bowman
  - tubulus kontortus proksimal
- Urin yang sesungguhnya tidak mengandung ....
  - air
  - urea
  - hormon
  - obat-obatan
  - glukosa
- Hormon yang mempengaruhi produksi urin adalah ....
  - insulin
  - ADH
  - FSH
  - LH
  - GnRH



- Terjadinya proses filtrasi adalah pada bagian bernomor ....
  - 1
  - 2
  - 3
  - 4
  - 5

12. Pada bagian nomor 2 terdapat organ ....
- a. glomerulus
  - b. kapsul Bowman
  - c. tubulus kontortus proksimal
  - d. lengkung Henle
  - e. tubulus kontortus distal
13. Bagian bernomor 3 disebut ....
- a. kapsul Bowman
  - b. medulla
  - c. pelvis renals
  - d. glomerulus
  - e. lengkung Henle
14. Jika di dalam urin seseorang terdapat glukosa, maka orang terkena penyakit ....
- a. nefritis
  - b. diabetes insipidus
  - c. diabetes melitus
  - d. albuminuria
  - e. poliurea
15. Jika urin diproduksi berlebihan, maka hal ini menimbulkan penyakit ....
- a. nefritis
  - b. diabetes insipidus
  - c. diabetes melitus
  - d. albuminuria
  - e. poliurea

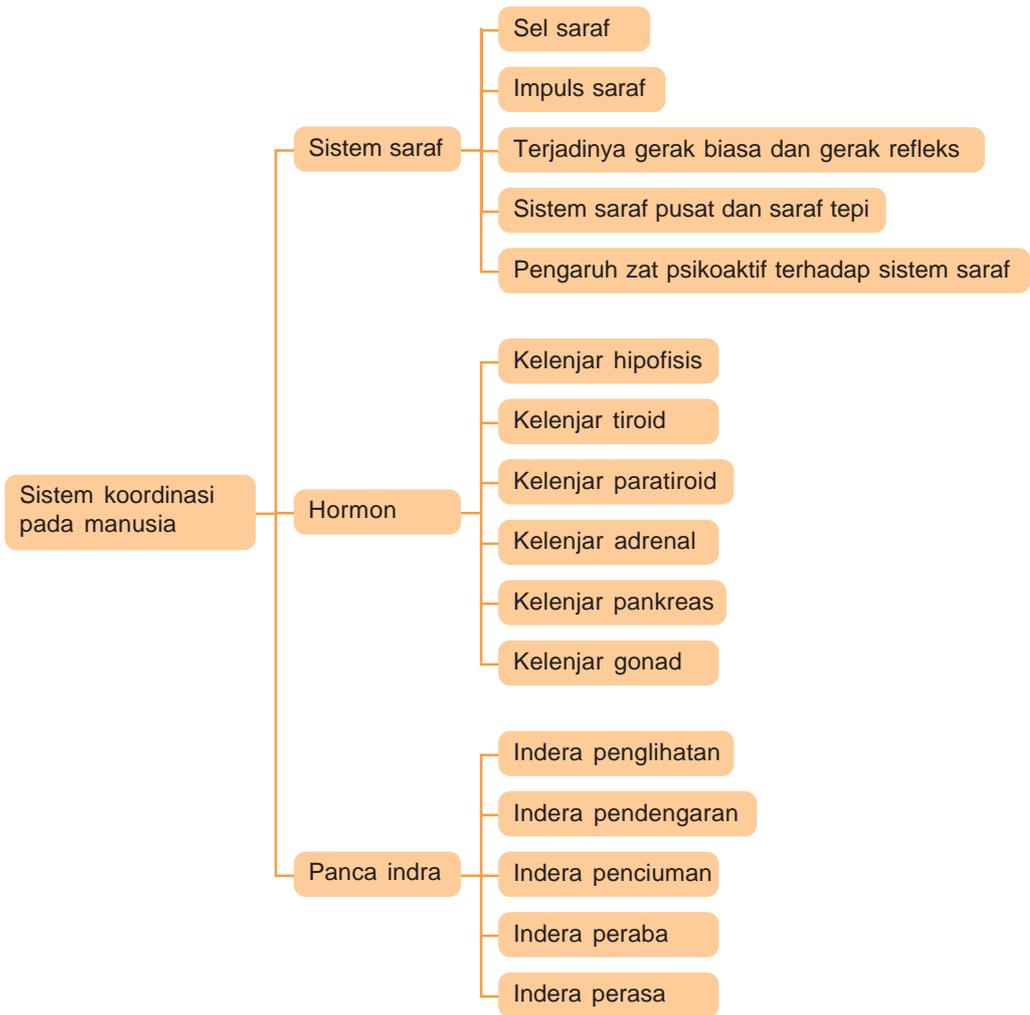
**B. Jawablah soal-soal berikut dengan singkat dan jelas.**

1. Jelaskan proses zat-zat sisa metabolisme yang dikeluarkan oleh kulit, paru-paru, dan hati.
2. Proses di dalam ginjal meliputi filtrasi, absorpsi, dan augmentasi (penambahan zat-zat). Jelaskan ketiga proses tersebut.
3. Tuliskan hasil-hasil dari proses dalam ginjal dan kandungannya pada tabel berikut.

Proses	Tempat terjadi proses	Hasil	Zat yang diproses dan zat yang masih terkandung
Filtrasi			
Absorpsi			
Augmentasi			

4. Tuliskan dan jelaskan proses ekskresi pada ikan dan serangga.
5. Tuliskan dan jelaskan kelainan dan gangguan yang dapat terjadi pada sistem ekskresi manusia.

Peta Konsep



Pernahkah kamu menyentuh panci yang berisi air panas atau benda panas lainnya? Apa yang terjadi? Kamu pasti langsung menarik tanganmu secara refleks. Respon ini dinamakan refleks penarikan. Gerak refleks tersebut memerlukan koordinasi saraf yang kompleks.

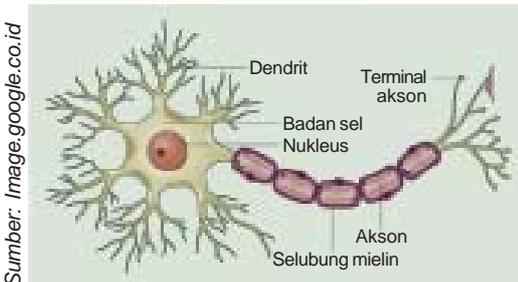
Tubuh manusia dilengkapi dengan dua perangkat pengatur seluruh kegiatan tubuh. Kedua perangkat ini merupakan sistem koordinasi yang terdiri atas sistem saraf dan sistem hormon. Perbedaan keduanya adalah sistem saraf bekerja dengan cepat untuk menanggapi perubahan lingkungan yang merangsangnya dan pengaturannya dilakukan oleh benang-benang saraf. Sedangkan, sistem hormon bekerja jauh lebih lambat, tetapi lebih teratur dan berurutan dalam jangka waktu yang lama. Pengangkutan hormon melalui pembuluh darah.

Sementara itu, alat-alat indera merupakan organ yang mengandung reseptor-reseptor saraf. Sebagai suatu sistem maka ketiga bagian tersebut saling terintegrasi dalam mengatur aktivitas tubuh. Setelah mempelajari bab ini kamu akan mengetahui tentang sistem koordinasi manusia. Mari cermati uraiannya.

## A Sistem Saraf

Sistem koordinasi (regulasi) pada manusia dilakukan oleh dua subsistem, yaitu saraf (neural) dan endokrin (hormon). Selain itu, fungsi koordinasi juga berhubungan dengan alat-alat indera.

Saraf (neural) pada dasarnya adalah jaringan komunikasi yang menghubungkan seluruh sistem pada tubuh manusia. Misalnya, kontraksi diafragma pada waktu inspirasi dikendalikan atau diatur oleh suatu saraf pusat respirasi yang terdapat di otak atau sumsum tulang belakang. Hormon berasal dari sistem endokrin dan beredar di dalam darah untuk mengatur organ-organ khusus. Misalnya sekresi cairan pencernaan dari pankreas dirangsang oleh suatu hormon (secretin), yang dilepaskan oleh dinding usus halus bagian atas. Jadi, saraf maupun hormon mengatur proses-proses tubuh.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 9.1**  
Struktur neuron

### 1. Sel Saraf

Sistem saraf manusia terdiri atas otak, sumsum tulang belakang, dan saraf yang menghubungkan bagian pusat dengan bagian dalam tubuh.

Saraf tersusun atas berjuta-juta sel saraf. Sel saraf terbagi menjadi dua jenis, yaitu neuron dan neuroglia. Pembagian ini berdasarkan perbedaan fungsi. Neuron berfungsi sebagai pembawa informasi baik dari organ penerima rangsang menuju pusat susunan saraf maupun sebaliknya. Sedangkan, neuroglia berperan dalam hal mendukung sel neuron sehingga sel neuron mampu melakukan tugasnya.

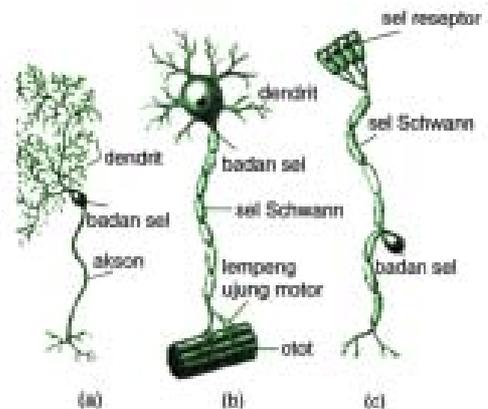
Sel neuron pada umumnya terdiri atas tiga bagian, yaitu akson, badan sel, dan dendrit.

- 1) Dendrit : struktur yang terbentuk dari tonjolan plasma yang berfungsi meneruskan impuls menuju badan sel.
- 2) Badan sel : struktur berwarna kelabu yang menghasilkan energi bagi kegiatan sel neuron.
- 3) Akson : struktur berbentuk panjang dan licin. Akson berfungsi untuk menghantarkan rangsangan dari badan sel ke sel neuron lain.

Pada umumnya, neuron diselaputi oleh selubung mielin yang disusun oleh sel-sel pipih yang disebut *sel schwann*. Sedangkan, bagian akson yang tidak ada selubung mielin disebut *nodus renvier*.

Berdasarkan fungsinya, sel saraf (neuron) dapat dibagi menjadi:

- 1) neuron aferen (sensori), fungsinya adalah mentransmisi impuls saraf ke arah susunan saraf pusat, yaitu otak dan sumsum belakang.
- 2) neuron eferen (motoris), berfungsi mentransmisi impuls saraf menjauhi atau meninggalkan sistem pusat menuju ke otot atau kelenjar, hasilnya berupa tanggapan tubuh terhadap rangsangan.
- 3) neuron internusial atau *intercalated* berfungsi menginduksi impuls-impuls dari neuron aferen ke neuron eferen dan seluruhnya terletak di dalam sistem saraf pusat.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 9.2**  
Struktur saraf sensori, internusial, dan motoris

Berdasarkan strukturnya, neuron dapat dibagi menjadi:

1. Neuron multipolar, yaitu neuron yang mempunyai beberapa dendrit tetapi hanya satu akson. Sebagian besar neuron-neuron otak dan sumsum belakang adalah neuron multipolar.
2. Neuron bipolar, yaitu neuron yang hanya mempunyai satu dendrit dan satu akson, dapat ditemukan di dalam retina dan ganglion spiralis dari telinga dalam.

3. Neuron unipolar, yaitu neuron yang hanya mempunyai satu penjururan, yaitu satu akson, neuron jenis ini sangat langka, hanya ditemukan pada embrio.

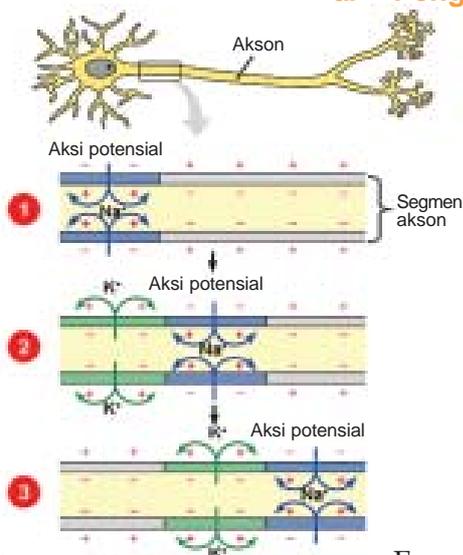
Secara umum, yang dimaksud dengan saraf atau berkas saraf, yaitu saraf yang terdiri atas kumpulan beratus-ratus atau beribu-ribu akson yang masing-masing berasal dari neuron yang berlainan.

Pada berkas saraf tidak dapat ditemukan badan-badan sel di dalamnya. Oleh karena itu, badan-badan sel tersebut terletak di dalam otak dan sumsum belakang atau di bagian lain tubuh, membentuk suatu kelompok yang disebut *ganglion* (Yunani: pembengkakan).

## 2. Impuls Saraf

Penelitian mengenai sifat impuls saraf (rangsangan) berkembang setelah teknik mikro kimia berkembang. Telah diketahui bahwa serabut saraf yang sedang dialiri impuls menghabiskan lebih banyak energi (panas), menggunakan lebih banyak oksigen dan melepaskan lebih banyak karbon dioksida dibandingkan dengan serabut saraf tersebut dalam keadaan istirahat. Konduksi impuls tidak tergantung pada sifat atau kekuatan rangsangan yang menyebabkannya tetapi dari sifat neuron itu sendiri. Asalkan rangsangan tersebut cukup kuat untuk menimbulkan suatu impuls, maka akan dihantarkan ke susunan saraf pusat.

### a. Penghantaran impuls melalui sel saraf



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 9.3**

- (1) akson dalam keadaan istirahat,
- (2-3) akson sedang dilalui oleh impuls

Penghantaran impuls baik yang berupa rangsangan ataupun tanggapan melalui serabut saraf (akson) terjadi karena adanya perbedaan potensial listrik antara bagian luar dan bagian dalam sel. Pada waktu sel saraf beristirahat, kutub positif terdapat di bagian luar dan kutub negatif terdapat di bagian dalam sel saraf.

Bila impuls telah lewat maka untuk sementara serabut saraf tidak dapat dilalui oleh impuls, karena terjadi perubahan potensial kembali seperti semula (potensial istirahat). Untuk berfungsi kembali, diperlukan waktu  $\frac{1}{500}$  sampai  $\frac{1}{1000}$  detik.

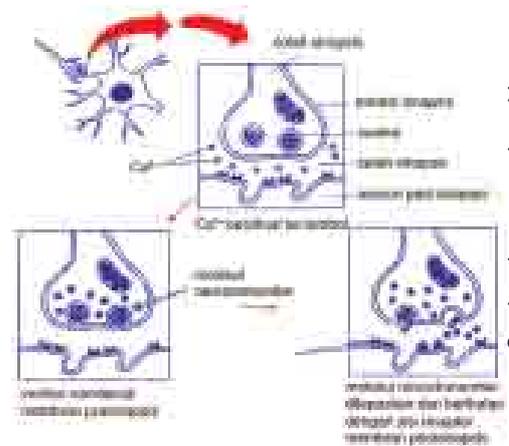
Energi yang digunakan berasal dari hasil penafsiran sel yang dilakukan oleh mitokondria dalam sel saraf. Stimulasi yang kurang kuat atau di bawah ambang tidak akan menghasilkan impuls yang dapat merubah potensial listrik. Tetapi, bila

kekuatannya di atas ambang, maka impuls akan dihantarkan sampai ke ujung akson. Stimulasi yang kuat dapat menimbulkan jumlah impuls yang lebih besar pada periode waktu tertentu daripada impuls yang lemah.

**b. Penghantaran impuls pada sinapsis**

Sistem saraf pada umumnya terdiri atas neuron-neuron individual yang tidak saling berhubungan. Hal ini memerlukan suatu mekanisme untuk menyalurkan pesan neural dari akson satu neuron ke dendrit atau badan sel neuron berikutnya, atau pada sambungan neuromuskular ke otot. Hubungan antara akson dari satu neuron dengan dendrit akson berikutnya disebut *sinapsis* yang berasal dari bahasa Yunani yang berarti *hubungan*.

Pada sebagian besar sinapsis terdapat celah selebar 20 nm yang memisahkan kedua membran plasma, impuls diteruskan melalui celah ini dengan transmisi zat kimiawi khusus yang disebut *neurotransmitter*. Ada berbagai macam neurotransmitter, antara lain: asetilkolin yang terdapat di sinapsis seluruh tubuh, noradrenalin terdapat di sistem saraf simpatik, dopamin dan serotonin terdapat di otak. Zat kimia ini disalurkan dari akson ke dendrit dengan cara difusi sederhana. Dekatnya jarak yang harus dilalui dan cepatnya difusi, menyebabkan cepatnya transmisi yang terjadi pada sinapsis.



**Gambar 9.4**  
Proses penghantaran impuls lewat sinapsis

Secara fungsional sinapsis sangat penting karena merupakan titik tempat diaturnya arus impuls yang melalui susunan saraf. Tidak semua impuls yang tiba di sinapsis diteruskan ke neuron berikutnya. Dengan mengatur jalannya impuls melalui sistem saraf, sinapsis menentukan respon manusia terhadap suatu rangsangan khusus. Sehingga sinapsis merupakan “sakelar” dari sistem saraf.

**3. Terjadinya Gerak Biasa dan Gerak Refleks**

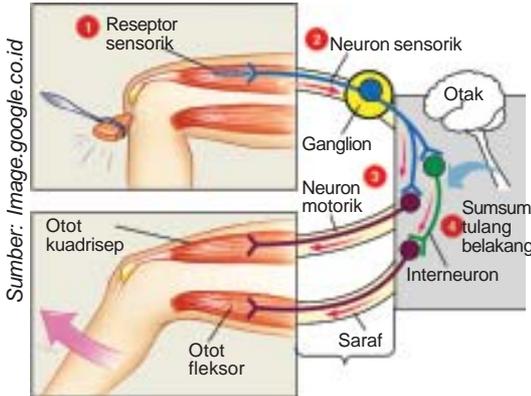
Gerak merupakan pola koordinasi yang sederhana untuk menjelaskan hantaran impuls oleh saraf. Pada umumnya gerak terjadi secara sadar, namun ada pula gerak yang terjadi tanpa disadari, yaitu *gerak refleks*. Impuls pada gerakan sadar melalui jalan panjang, yaitu dari reseptor ke saraf sensoris, dibawa ke otak untuk diolah, hasil olahan oleh otak berupa tanggapan yang dibawa oleh saraf motor sebagai perintah yang harus dilaksanakan oleh efektor.

Gerak refleks adalah gerak yang terjadi secara cepat dan tidak disadari. Pada dasarnya gerakan ini merupakan mekanisme untuk menghindari dari suatu keadaan yang membahayakan.

Jika kamu menyentuh sebuah benda yang panas, reseptor-reseptor dalam kulit dirangsang dan menimbulkan impuls dalam neuron aferen. Neuron ini merupakan bagian dari suatu saraf spinal dan menjulur ke dalam sumsum tulang belakang, tempat neuron bersinaps dengan interneuron. Selanjutnya, interneuron membawa impuls itu kembali melalui saraf spinal ke sekelompok otot ekstensor panas tadi. Agar gerakan menjadi efektif, maka otot fleksor antagonistik harus meregang, karena

hal ini melibatkan pencegahan datangnya impuls-impuls ke otot-otot ini. Dalam keadaan normal, beberapa impuls datang otot-otot ini secara terus-menerus dan menyebabkan suatu kontraksi parsial yang disebut *tonus otot*. Rangsangan dan respon demikian disebut refleks spinal, dan saluran saraf yang dilalui impuls ini disebut *lung refleks*.

Gerak refleks penting dalam pengaturan denyut jantung, tekanan darah, pernafasan, salivasi, dan gerakan saluran pencernaan.

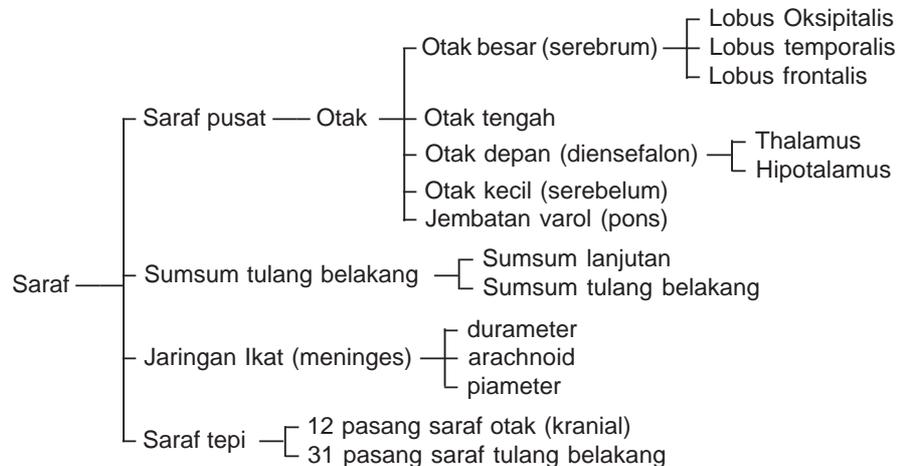


**Gambar 9.5**  
Mekanisme gerak refleks

Jika kamu menginjak sesuatu yang tajam atau memegang benda panas, kamu tidak menanti sampai sakit itu dirasakan oleh otak dan kemudian setelah mempertimbangkan, baru berbuat sesuatu. Respon kamu adalah segera dan otomatis. Kaki atau tangan ditarik oleh gerakan refleks sebelum dirasakan sakitnya. Banyak aktivitas sehari-hari yang lebih kompleks seperti berjalan, sebagian besar diatur oleh refleks.

#### 4. Sistem Saraf Pusat dan Saraf Tepi

Sistem saraf pusat berfungsi untuk mengatur dan mengendalikan sistem koordinasi. Sistem saraf pusat meliputi otak (ensefalon) dan sumsum tulang belakang (medula spinalis). Sedangkan, saraf tepi menyampaikan informasi baik ke pusat susunan saraf maupun sebaliknya.



### a. Sistem saraf pusat

Otak maupun sumsum tulang merupakan organ yang sangat vital dan lunak sehingga harus dilindungi oleh tulang rangka berupa tengkorak dan ruas-ruas tulang belakang. Selain itu, otak juga dilindungi tiga lapisan selaput meninges. Radang yang terjadi pada lapisan membran ini disebut *meningitis*.

Dari luar ke dalam ketiga lapisan membran meninges adalah sebagai berikut:

- 1) Durameter, merupakan selaput yang kuat dan bersatu dengan tengkorak.
- 2) Arachnoid, merupakan selaput yang di dalamnya terdapat cairan serebrospinalis (semacam cairan limfa). Arachnoid berfungsi sebagai bantalan untuk melindungi otak dari bahaya kerusakan mekanik.
- 3) Piameter, lapisan ini berfungsi untuk memberi oksigen dan nutrisi serta mengangkut bahan sisa metabolisme. Lapisan ini penuh dengan pembuluh darah dan sangat dekat dengan permukaan otak.

Otak dan sumsum tulang belakang mempunyai tiga materi esensial, yaitu:

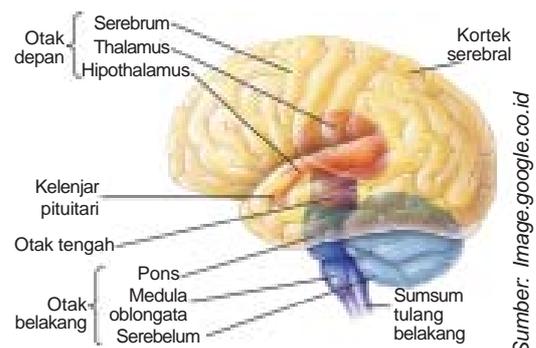
- 1) badan sel, membentuk bagian materi kelabu (substansi grisea);
- 2) serabut saraf yang membentuk bagian materi kelabu (substansi alba); dan
- 3) sel-sel neuroglia, merupakan jaringan ikat yang terletak di antara sel-sel saraf di dalam sistem saraf pusat.

#### 1) Otak

Otak melaksanakan semua fungsi yang disadari. Otak bertanggung jawab terhadap pengalaman-pengalaman berbagai macam sensasi atau rangsangan terhadap kemampuan manusia untuk melakukan gerakan-gerakan yang menurut kemauan (disadari), dan kemampuan untuk melaksanakan berbagai macam proses mental, seperti ingatan atau memori, perasaan emosional, intelegensia, berkomunikasi, sifat atau kepribadian dan ramalan.

##### a) Otak besar (serebrum)

Otak besar merupakan bagian terbesar dan terdepan dari otak manusia. Otak besar mempunyai fungsi dalam mengatur semua aktivitas mental, yang berkaitan dengan kepandaian (intelegensia), ingatan (memori), kesadaran, dan pertimbangan.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 9.6**  
Struktur otak (dilihat dari samping)

Otak besar terdiri atas *Lobus Oksipitalis* sebagai pusat penglihatan, *Lobus temporalis* yang berfungsi sebagai pusat pendengaran, dan *Lobus frontalis* yang berfungsi sebagai pusat kepribadian dan pusat komunikasi.

b) Otak tengah (mesensefalon)

Otak tengah terletak di depan otak kecil dan jembatan varol. Otak tengah berfungsi penting pada refleks mata, tonus otot serta fungsi posisi atau kedudukan tubuh.

c) Otak depan (diensefalon)

Otak depan terdiri atas dua bagian, yaitu thalamus yang berfungsi menerima semua rangsang dari reseptor kecuali bau, dan hipotalamus yang berfungsi dalam pengaturan suhu, pengaturan nutrisi, penjagaan agar tetap bangun, dan penumbuhan sikap agresif.

d) Otak kecil (serebelum)

Otak kecil (serebelum) mempunyai fungsi utama dalam koordinasi terhadap otot dan tonus otot, keseimbangan dan posisi tubuh. Bila ada rangsangan yang merugikan atau berbahaya maka gerakan sadar yang normal tidak mungkin dilaksanakan. Otak kecil juga berfungsi mengkoordinasikan gerakan yang halus dan luwes.

e) Jembatan varol (pons varoli)

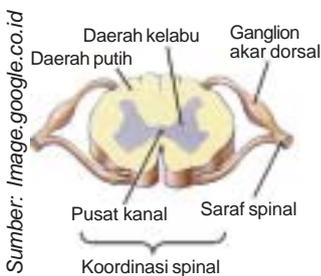
Jembatan varol merupakan serabut saraf yang menghubungkan otak kecil bagian kiri dan kanan. Selain itu, menghubungkan otak besar dan sumsum tulang belakang.

## 2) Sumsum lanjutan (medulla oblongata)

Sumsum lanjutan terletak di antara sumsum tulang belakang dan bagian otak lainnya. Sumsum lanjutan berfungsi dalam refleks yang mengatur denyut jantung, tekanan darah, gerakan pernapasan, sekresi ludah, menelan dan banyak proses lainnya.

## 3) Sumsum tulang belakang

Sumsum tulang belakang berbentuk tabung dikelilingi dan dilindungi tulang neural, yang mempunyai dua fungsi penting, yaitu untuk mengatur impuls dari dan ke otak, dan sebagai pusat refleks. Pada irisan melintang, tampak ada dua bagian, yaitu bagian dalam suatu massa bahan kelabu berbentuk kupu-kupu yang terdiri atas badan sel dan bagian luar suatu bahan putih yang terdiri atas ikatan akson dan dendrit, "sayap" bahan kelabu terbagi menjadi dua tanduk dorsal dan dua tanduk ventral. Tanduk ventral mengandung badan sel neuron motor yang aksornya keluar melalui saraf spinal menuju ke otot. Neuron lainnya dalam sumsum tulang belakang merupakan interneuron.



Sumber: [Image.google.co.id](http://Image.google.co.id)

**Gambar 9.7**

Irisan melintang sumsum tulang belakang

Akson dalam bahan putih dipisahkan dalam ikatan-ikatan yang mempunyai fungsi sama, yaitu jalur menanjak (*ascending tracks*) menyalurkan impuls ke otak, dan jalur menurun (*descending tracks*) berfungsi membawa impuls dari otak ke efektor.

### b. Saraf Tepi (perifer)

Sistem saraf tepi terdiri atas sistem saraf sadar (somatik) dan sistem saraf tak sadar (otonom). Sistem saraf tepi berdasarkan arah impulsnya terbagi menjadi dua, yaitu *sistem aferen* dan *sistem eferen*. Sistem aferen mengandung sel saraf yang menghantarkan informasi dan reseptor ke sistem saraf pusat. Sistem saraf eferen mengandung sel saraf yang menghantarkan informasi dari sistem saraf pusat ke otot dan kelenjar.

Sistem saraf somatik mengandung saraf eferen yang menghantarkan impuls dari sistem saraf pusat ke jaringan otot rangka. Sistem saraf somatik menghasilkan gerakan di jaringan otot rangka.

#### 1) Sistem saraf sadar (somatik)

Sistem saraf sadar tersusun atas saraf kranial (menuju atau berasal dari otak) dan saraf spinal (menuju atau berasal dari sumsum tulang). Pasangan saraf kranial dan saraf spinal yang keluar dari otak dan sumsum tulang belakang, menghubungkan dengan tiap reseptor dalam tubuh. Satu-satunya badan sel saraf yang ada dalam sistem saraf perifer adalah neuron sensori yang mengelompok menjadi ganglion di dekat otak dan sumsum tulang belakang, dan neuron-neuron motor tertentu dari sistem saraf otonom.

##### a) Saraf kranial

Saraf kranial manusia ada 12 pasang saraf, tidak termasuk saraf terminal yang kecil, yang tak berkembang baik. Nama dan asal saraf kedua belas saraf kranial dapat kamu lihat pada Tabel. 9.1.

**Tabel 9.1** Nama, asal dan distribusi saraf kranial

Saraf	Asal Neuron Aferen	Distribusi Neuron Eferen
I. Olfaktori	Bagian olfaktori dari mukosa hidung (bau)	Dari indera pencium pada lapisan lendir hidung
II. Optik	Retina (penglihatan)	Dari indera penglihat pada retina mata
III. Okulomotor	Beberapa serabut dari propioseptor dalam otak ekstrinsik bola mata	Sebagian besar serabut keempat dari enam otot ekstrinsik bola mata, beberapa ke otot dalam badan siliari dan pupil
IV. Troklear	Propioseptor dalam otot ekstrinsik bola mata	Otot ekstrinsik lainnya dari bola mata

V. Trigeminal	Reseptor gigi dan kulit kepala (perasa, tekanan, suhu, sakit) proprioseptor dalam otot rahang	Otot berasal dari lung viseral pertama: isalnya otot rahang
VI. Abdusen	Proprioseptor dalam otot ekstrinsik mata	Otot ekstrinsik lainnya dari mata
VII. Fasial	Tunas pengecap dua pertiga bagian depan lidah (pengecap)	Otot berasal dari lung viseral kedua: otot muka, kelenjar ludah dan air mata.
VIII. Vestibulo Koklear	Saluran semisirkular, utrikulus, sakulus (keseimbangan), koklea (pendengaran)	Beberapa ke koklea
IX. Glosofaringeal	Tunas pengecap sepertiga bagian belakang lidah, lapisan faring	Otot berasal dari lung viseral ketiga otot faringeal yang terlibat dalam menelan; kelenjar ludah
X. Vagus	Reseptor pada sejumlah organ dalam, larinks paru-paru, jantung, aorta, lambung	Otot berasal dari otot sisa lung viseral (kecuali gelang dada): otot farinks (menelan), otot larinks (bicara), otot usus, jantung, kelenjar lambung.
XI. Acesori Spinal	Proprioseptor pada otot pundak	Otot lung viseral yang berhubungan dengan gelang dada yaitu sternkleido mastoid dan trapezius
XII. Hipoglosal	Proprioseptor dalam ludah	Otot dalam lidah

Dari kedua belas nama saraf kranial, saraf nomor I, II, dan VIII terdiri atas neuron-neuron sensori; saraf nomor III, IV, VI, XI, dan XII terdiri atas neuron-neuron motor; sedangkan yang lain (nomor V, VII, IX) terdiri atas gabungan neuron motor dan sensori. Ada saraf yang mempunyai daerah jelajah luas sehingga disebut saraf pengembara, yaitu saraf nomor X (nervus vagus).

#### b) Saraf spinal

Urut saraf sumsum tulang belakang berjumlah 31 (tigapuluh satu) pasang dan terdapat di dalam tulang belakang. Urat saraf ini merupakan gabungan neuron sensori dan motor. Semua saraf sensori masuk ke sumsum tulang belakang melalui akar dorsal, dan semua dendritnya berasal dari reseptor. Sedangkan semua saraf motor keluar dari sumsum tulang belakang, melalui akar ventral dan semua neuritnya menuju keefektor.

### 2) Saraf otonom

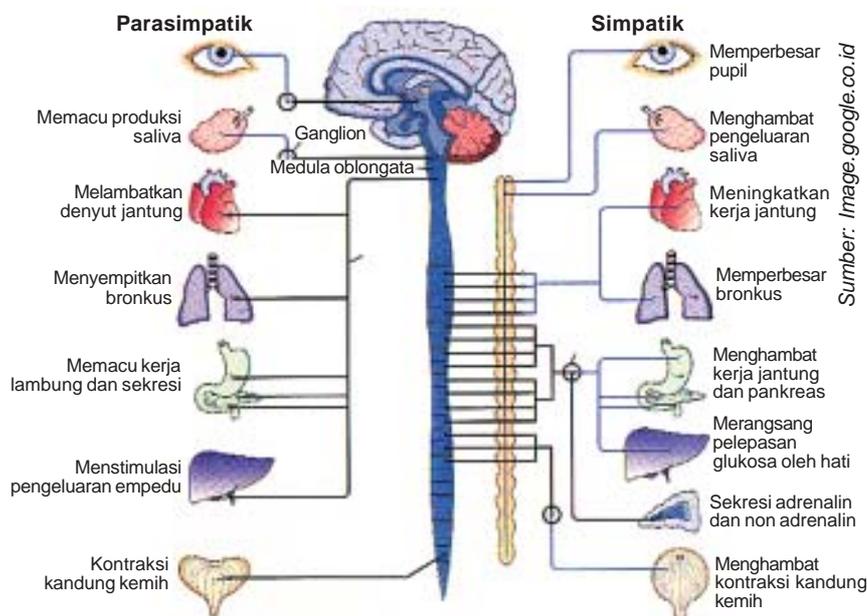
Sistem saraf otonom merupakan sistem yang mengendalikan gerak organ-organ tubuh yang bekerja secara otomatis. Saraf otonom terdiri atas dua bagian, yaitu saraf simpatik dan saraf parasimpatik. Sistem saraf otonom biasanya dikatakan sebagai sistem motor.

Saraf otonom tidak diatur dengan sengaja oleh serebrum. Sebagian besar organ menerima seperangkat serabut ganda, satu perangkat melalui saraf simpatik dan yang lain melalui saraf parasimpatik.

Impuls motor sistem otonom mencapai organ efektor dari otak atau sumsum belakang tidak melalui satu neuron, sebagaimana terjadi di bagian tubuh lainnya, tetapi melalui dua neuron. Badan sel dari neuron pertama dari rantai tersebut, yaitu neuron praganglion, terletak dalam otak atau sumsum tulang belakang, sedangkan badan sel dari neuron kedua, yaitu neuron postganglion, terletak dalam ganglion di suatu tempat di luar sistem saraf pusat. Badan sel neuron postganglion dari saraf simpatik terletak dekat sumsum tulang belakang. Sedangkan, pada saraf parasimpatik terletak dekat atau di dalam dinding organ yang dilayani.

Sebagian besar organ dalam dipengaruhi oleh saraf simpatik dan parasimpatik. Stimulasi sistem saraf simpatik umumnya bersifat merangsang kerja organ. Sebaliknya, stimulasi oleh saraf parasimpatik bersifat menghambat kerja organ. Jadi, efek kedua sistem saraf ini bersifat antagonis.

Efek yang berbeda ini disebabkan neurotransmitter yang dihasilkan juga berbeda. Neurotransmitter saraf simpatik adalah noradrenalin, sedangkan neurotransmitter saraf parasimpatik adalah asetilkolin. Untuk lebih memahami, mari cermati Gambar 9.8 dan Tabel 9.2 berikut ini.



**Gambar 9.8**  
Saraf simpatik dan parasimpatik mempengaruhi kerja organ

**Tabel 9.2** Efek Antagonis antara Sistem Saraf Simpatik dan Parasimpatik

Organ atau jaringan	Efek stimulasi sistem saraf simpatik	Efek stimulasi sistem saraf parasimpatik
Iris (pupil mata)	Melebarnya iris (pupil)	Menyempitnya iris (pupil)
Kelenjar air mata	Tidak ada	Menstimulasi keluarnya air mata
Kelenjar air liur	Menghambat sekresi air liur	Merangsang sekresi air liur
Otot antar rusuk	Meningkatkan kecepatan bernapas	Mengurangi kecepatan bernapas
Bronkus dan bronkiolus	Membesarkan bronkus dan bronkiolus	Mengecilkan bronkus dan bronkiolus
Jantung	Meningkatkan kecepatan denyut jantung	Menurunkan kecepatan denyut jantung
Pembuluh darah	Meningkatkan tekanan darah	Menurunkan tekanan darah
Sistem urin	Menurunkan pengeluaran urin	Meningkatkan pengeluaran urin
Sistem reproduksi	Merangsang ejakulasi	Merangsang ereksi penis dan klitoris
Usus	Menghambat gerak peristaltik Menghambat sekresi getah lambung Kontraksi sfinkter dubur	Merangsang gerak peristaltik Merangsang sekresi getah lambung Relaksasi sfinkter dubur
Kulit	Kontraksi otot penegak rambut Merangsang produksi keringat Merangsang vasokonstriksi, yaitu mengecilnya diameter pembuluh darah, biasanya pada arteriola.	Tidak berpengaruh Tidak berpengaruh Merangsang vasodilatasi, yaitu pembebaran diameter pembuluh darah, biasanya pada arteriola
Hati	Mengubah glikogen menjadi gula	Mengubah gula menjadi glikogen

## 5. Pengaruh Zat Psikoaktif terhadap Sistem Saraf

Saat ini banyak beredar obat penenang dan penghilang rasa sakit. Mekanisme kerja obat ini secara umum adalah mempengaruhi sistem saraf. Ada obat yang menghilangkan rasa sakit, ada pula obat yang menimbulkan rasa menyenangkan atau menimbulkan halusinasi. Obat-obat ini disebut *zat psikoaktif* yang berguna bagi ilmu kedokteran jiwa untuk mengobati penyakit mental dan saraf.

Jika zat psikoaktif digunakan secara ilegal akan menyebabkan masalah serius karena dapat mempengaruhi otak dan perilaku pemakainya. Penyalahgunaan zat psikoaktif ini dapat menyebabkan ketergantungan fisik yang disebut *adiksi* (ketagihan).

Zat psikoaktif masuk ke dalam tubuh melalui mulut (merokok dengan pipa), hidung (menghisap zat dalam bentuk uap atau bubuk) dan dengan suntikan. Berdasarkan pengaruh obat terhadap pemakainya, obat psikoaktif dapat dibagi menjadi empat macam, yaitu stimulan, depresan, halusinogen, dan erforia. Mari cermati uraiannya.

### a. Stimulan

Stimulan bersifat menstimulasi sistem saraf simpatik melalui pusat di hipotalamus sehingga meningkatkan kerja organ. Misalnya, meningkatkan denyut jantung dan tekanan darah, mengecilkan pupil dan meningkatkan gula darah. Jadi, stimulan memberikan rangsangan pemakainya untuk menggunakan tenaganya lebih cepat dan tidak merasakan sakit.

Stimulan dapat berupa kafein, nikotin, atau amfetamin (deksedrin, metil amfetamin, preludin, ritalin, serta kokain). Dengan amfetamin, para atlet olahraga dapat meningkatkan prestasinya, misalnya berlari dengan kecepatan yang luar biasa. Amfetamin juga mempengaruhi fungsi organ-organ lainnya yang berhubungan dengan hipotalamus, seperti peningkatan rasa haus dan berkurangnya rasa lapar dan kantuk.

### b. Depresan

Depresan berfungsi untuk mengurangi kegiatan sistem saraf sehingga menurunkan aktivitas pemakainya. Pemakainya menjadi lambat dan kadang-kadang membuatnya tertidur.

Ada 5 kategori utama depresan, yaitu sebagai berikut:

- a. etanol (etil alkohol)
- b. barbitural, mencakup obat-obat flu seperti seconal dan amytal
- c. obat penenang, paling banyak dipakai adalah diazepam (valium)
- d. opiat, mencakup opium, morfin, kodoin, dan metadon
- e. anestetik, mencakup kloroform, eter, dan sejumlah hidrokarbon lain yang mudah menguap dan biasa digunakan sebagai pelarut, misalnya benzen, toluena, dan karbon tetraklorida.

### c. Halusinogen

Halusinogen mempunyai pengaruh kuat terhadap persepsi penglihatan, pendengaran dan juga peningkatan respon emosional. Subjek mengalami halusinasi, dengan dosis yang tinggi, dapat terjadi halusinasi yang sebenarnya, yaitu si subjek "melihat" atau "mendengar" benda-benda yang tidak ada sama sekali atau melihat benda-benda tampak seperti hidup.

Halusinogen meliputi LSD (*Lysergic Acid Diethylamide*), STP (mirip amfetamin), THC (*Tetra Hydro Cannabinol*), mesakolin (dari pohon kaktus peyote), psilosibin (dari jenis jamur), dan *psyneyclidine* PCP (fenseklidin) suatu obat bius hewan.



Diskusikan dengan teman sekelompokmu.

Apa pengaruh narkoba terhadap kehidupan masyarakat dan bagaimana cara menyadarkan pemakai narkoba?

#### d. Euforia

Euforia adalah obat yang memberikan rasa gembira dan bergairah. Contohnya, ganja dan mariyuana. Ganja adalah mariyuana yang lebih kental. Kedua obat tersebut mengakibatkan rasa "melayang".

Penggunaan narkotik secara terus menerus akan menyebabkan kerusakan sel saraf otak. Sehingga, kordinasi tubuh hilang, alat respirasi menjadi rusak, hilangnya kendali otot gerak, kesadaran menurun dan denyut jantung melemah serta terjadi kerusakan lambung dan hati. Selain itu, tubuh pemakai akan kurus kering karena nafsu makan hilang.

Untuk lebih mengetahui pengaruh obat-obatan ini terhadap saraf, mari cermati Tabel 9.3 di bawah ini.

**Tabel 9.3** Pengaruh berbagai obat-obatan terhadap saraf

Jenis	Fungsi	Pengaruhnya terhadap Saraf
1. Alkohol	Desinfektan Antiseptik	Penekan rasa (zat anti depresan) terhadap masa gelisah, takut, ragu-ragu Adiksi/kecanduan fisiologik (tubuh)
2. Narkotika a. kokain b. heroin c. morfin d. opium	Anestesi atau pembius lokal Menghilangkan rasa sakit Menghilangkan rasa sakit Menghilangkan rasa sakit	Adiksi/kecanduan psikologik (jiwa) Adiksi psikologik Adiksi psikologik Adiksi psikologik
3. Valium	Rasa tenang	Adiksi psikologik
4. Amfetamin	Perangsang	Penurunan kesehatan
5. Bahan penikmat a. nikotin b. kafein c. tein d. teobromin	Meningkatkan tekanan darah Meningkatkan tekanan darah Meningkatkan tekanan darah Meningkatkan tekanan darah	Adiksi psikologik Adiksi psikologik Adiksi psikologik Adiksi psikologik

Hormon merupakan zat kimia yang dihasilkan oleh kelenjar endokrin atau kelenjar buntu. Kelenjar endokrin disebut kelenjar buntu karena tidak mempunyai saluran, hormon yang dihasilkan langsung dibawa oleh darah untuk diedarkan ke seluruh tubuh.

Hormon berfungsi untuk mengatur pertumbuhan, metabolisme tubuh, reproduksi dan tingkah laku. Sebagai subsistem dalam sistem koordinasi maka hormon mempunyai hubungan yang sangat erat dengan sistem saraf. Tetapi pada umumnya pengaruh hormon berbeda dengan saraf. Perubahan oleh hormon biasanya merupakan perubahan yang memerlukan waktu yang lama. Contohnya pertumbuhan dan pemasakan seksual.

Berdasarkan aktivitasnya, kelenjar endokrin dibedakan menjadi tiga macam, yaitu:

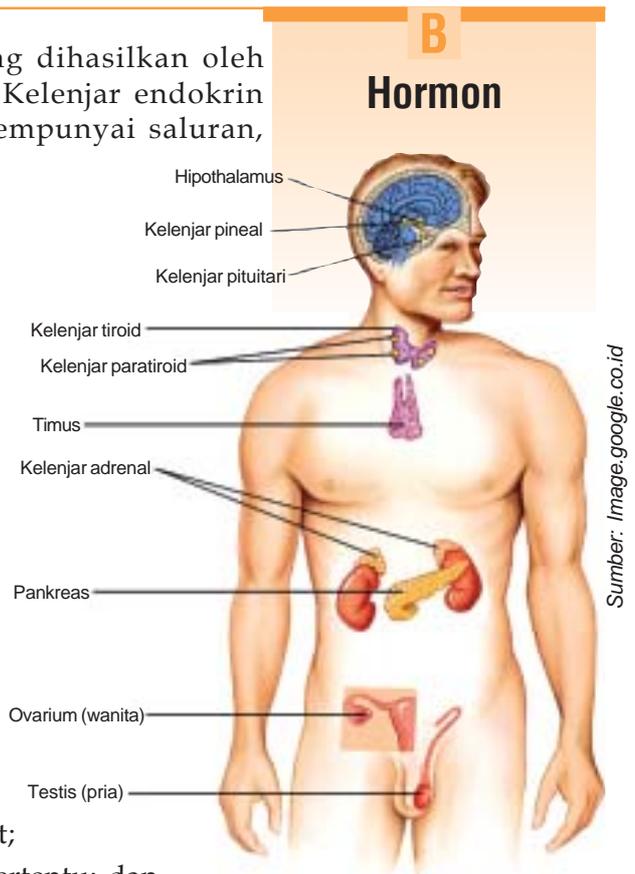
1. kelenjar yang bekerja sepanjang hayat;
2. kelenjar yang bekerjanya mulai saat tertentu; dan
3. kelenjar yang bekerja hanya sampai saat tertentu saja.

### 1. Kelenjar Hipofisis

Kelenjar hipofisis yang terletak di otak besar disebut juga *master of gland*, karena menghasilkan bermacam-macam hormon yang mengatur kegiatan kelenjar lainnya. Kelenjar hipofisis dibagi menjadi tiga bagian, yaitu bagian anterior, bagian tengah, dan bagian posterior. Kelenjar hipofisis bekerja sama dengan hipotalamus mengendalikan organ-organ tubuh.

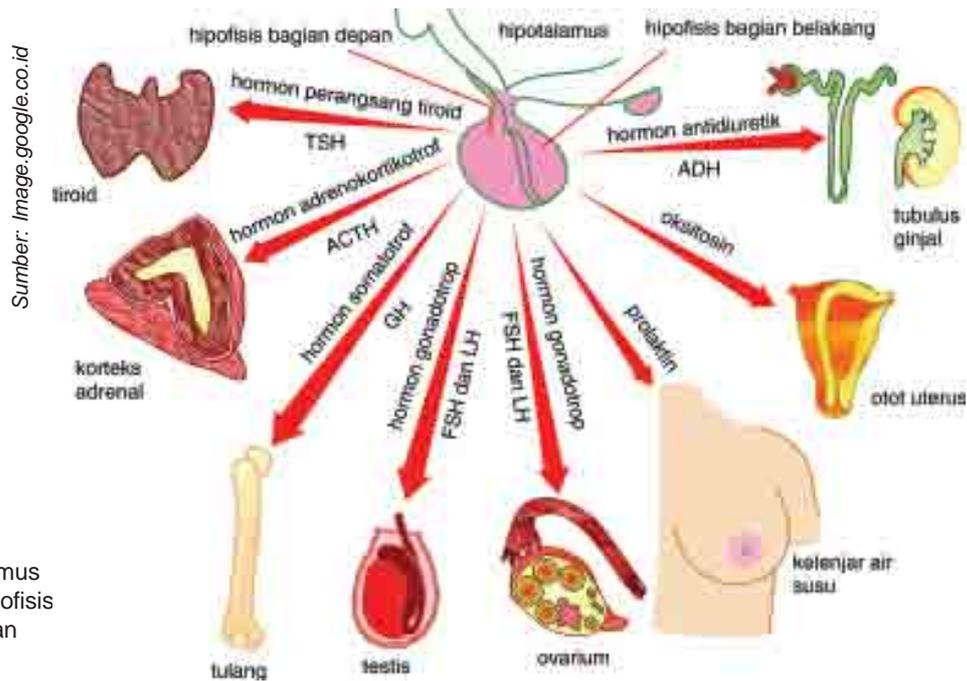
#### a. Hipofisis bagian anterior

Hipofisis bagian anterior menghasilkan hormon somatotrof (hormon pertumbuhan). Hormon ini berpengaruh pada pertumbuhan tulang manusia. Kelebihan hormon ini pada waktu anak-anak mengakibatkan pertumbuhan raksasa yang disebut *gigantisme*. Apabila kelebihan ini terjadi pada orang dewasa menyebabkan pertumbuhan memanjang pada ujung-ujung tulang tertentu seperti ujung-ujung tulang muka, yang disebut *akromegali*. Kekurangan hormon pertumbuhan akan mengakibatkan pertumbuhan kecil disebut *kretinisme*.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 9.9**  
Kelenjar hormon pada manusia



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 9.10**  
Kerjasama hipotalamus dengan kelenjar hipofisis untuk mengendalikan aktivitas organ

Hormon tirotrof adalah hormon yang mengatur pertumbuhan dan fungsi kelenjar gondok atau kelenjar tiroid. Hormon ini mempengaruhi pengambilan unsur iodium dan sintesis hormon tiroksin. Hormon Adrenokortikotrop (ACTH) merupakan hormon yang merangsang kelenjar adrenal untuk mensekresi glukokortikoid. Hormon Laktogenik atau hormon Prolaktin merupakan hormon yang merangsang kelenjar susu untuk menghasilkan kelenjar air susu.

Hormon gonadotrop pada wanita, terdiri atas *Follicle Stimulating Hormone* (FSH) yang berfungsi merangsang pertumbuhan folikel ovarium, menghasilkan estrogen, dan *Luteinizing Hormone* (LH) yang berfungsi mempengaruhi pertumbuhan folikel ovarium menjadi korpus luteum, korpus luteum akan menghasilkan progesteron.

Hormon gonadotrop pada pria terdiri atas *Follicle Stimulating Hormone* (FSH) yang berfungsi merangsang terjadinya spermatogenesis dan hormon perangsang sel-sel intertisiil (ICTH) atau hormon luteinisasi yang berfungsi merangsang sel-sel intertisiil untuk menghasilkan testoteron.

### b. Hipofisis bagian tengah

Hipofisis bagian tengah menghasilkan hormon perangsang melanosit atau Melanosit Stimulating Hormon (MSH). Apabila hormon ini terlalu banyak dihasilkan, maka akan menyebabkan kulit menjadi hitam.

### c. Hipofisis bagian posterior

Hipofisis bagian posterior menghasilkan oksitosin yang berfungsi mempengaruhi otot uterus berkontraksi sehingga mempermudah proses persalinan, dan hormon vasopresin, yang berfungsi sebagai anti diuretik, mencegah pengeluaran urin yang terlalu banyak. Hal ini berhubungan dengan fungsinya yang menyebabkan kontraksi otot-otot usus halus, kantung air seni, dan kantung empedu serta menyebabkan penyempitan pembuluh darah.

## 2. Kelenjar Tiroid (Kelenjar Gondok)

Hormon yang dihasilkan kelenjar tiroid adalah tiroksin dan triiodotironin yang berperan mempengaruhi proses metabolisme, memproduksi energi dan oksidasi sel, pertumbuhan fisik, kematangan seksual, distribusi garam dan perubahan glukosa menjadi glikogen. Selain itu, menghasilkan hormon kalsitonin yang berfungsi menjaga keseimbangan kalsium darah. Kelebihan hormon ini menyebabkan penyakit yang disebut *Morbus Basedow*. Sedangkan, kekurangan hormon ini pada masa pertumbuhan akan mengakibatkan penyakit yang disebut *kretinisme*. Apabila terjadi pada masa dewasa disebut *mixoedem* (kegemukan) dan kebodohan.

## 3. Kelenjar Paratiroid (Kelenjar Anak Gondok)

Kelenjar ini menghasilkan hormon parathormon yang berperan menjaga keseimbangan kalsium dalam darah. Kelebihan hormon ini menyebabkan kalsium dalam tulang terambil sehingga terjadi pengendapan kalsium dan menyebabkan batu ginjal. Pada beberapa orang dapat menyebabkan tulang mudah sekali patah. Kekurangan hormon ini akan menyebabkan gejala kadar kapur dalam darah menurun, kejang tangan dan kaki, jari-jari tangan membengkok ke arah pangkal, kesemutan dan sukar tidur.

## 4. Kelenjar Adrenal (Anak Ginjal)

Kelenjar ini menempel pada bagian atas ginjal. Pada satu ginjal terdapat satu kelenjar adrenal yang terbagi menjadi dua bagian, yaitu bagian luar (korteks) dan bagian tengah (medula).

Hormon yang dihasilkan kortikoid mineral yang berfungsi menyerap natrium dari darah dan reabsorpsi air pada ginjal. Hormon glukosa kortikoid berfungsi menaikkan kadar glukosa darah, dan berperan dalam perubahan protein menjadi glikogen dan selanjutnya menjadi glukosa.

Kerusakan pada bagian korteks kelenjar adrenal mengakibatkan penyakit *Addison* dengan gejala kelelahan, nafsu makan berkurang, mual, muntah-muntah, dan terasa sakit di dalam tubuh.

Kelenjar ini juga menghasilkan hormon androgen yang berpengaruh menentukan sifat kelamin sekunder pria. Kelebihan hormon ini menyebabkan penyakit yang disebut *virilisme*, yaitu ciri seksual pria yang ada pada wanita.

## 5. Kelenjar Pankreas

Sel pada pankreas dikenal sebagai *pulau langerhans*. Pulau langerhans ini menghasilkan hormon insulin. Insulin berfungsi mengatur konsentrasi glukosa dalam darah. Kelebihan glukosa akan disimpan dalam sel hati dan selanjutnya akan dirombak menjadi glikogen untuk disimpan. Kekurangan insulin dapat menyebabkan *diabetes melitus* dan gangguan jantung serta ginjal.

## 6. Kelenjar Gonad

Ovarium merupakan alat reproduksi wanita, hormon yang dihasilkan oleh ovarium adalah hormon estrogen dan hormon progesteron. Hormon estrogen dihasilkan oleh Folikel Graaf. Pembentukan hormon ini dirangsang oleh FSH. Fungsi estrogen adalah menimbulkan dan mempertahankan tanda-tanda kelamin sekunder pada wanita. Tanda-tanda kelamin sekunder adalah tanda yang membedakan antara wanita dengan pria tanpa melihat kelaminnya. Misalnya, perkembangan payudara wanita.

Hormon progesteron dihasilkan oleh korpus luteum. Pembentukan progesteron dirangsang oleh LH dan berfungsi menyiapkan dinding uterus agar dapat menerima telur yang sudah dibuahi, atau menyebabkan penebalan dinding uterus. Selama kehamilan, estrogen dan progesteron terus dihasilkan oleh plasenta sehingga kehamilan dapat terus dipertahankan.

Testis merupakan organ reproduksi khusus pria. Testis menghasilkan hormon androgen, yaitu *testosteron*. Testosteron berfungsi menimbulkan ciri-ciri seksual pada pria. Misalnya, dada menjadi bidang, tumbuh kumis, dan suara menjadi lebih berat.

## C

## Panca Indera

Panca indera merupakan organ yang mempunyai sel-sel reseptor khusus untuk peka terhadap perubahan lingkungan. Panca indera yang kamu ketahui, yaitu indera penglihatan (mata), indera pendengaran (telinga), indera penciuman (hidung), indera peraba (kulit), dan indera perasa (lidah). Karena kelima indera memiliki reseptor terhadap keadaan lingkungan luar, maka disebut ektoreseptor. Untuk lebih memahami mari cermati uraiannya.

### 1. Indera Penglihatan (mata)

Indera penglihatan secara khusus terdapat pada organ tubuh, yaitu mata. Struktur mata terdiri atas aksesoris mata, otot bola mata, bola mata, saraf otak II, dan otak. Pembahasan ini hanya akan menjelaskan 3 poin pertama.

#### a. Aksesoris mata

Aksesoris mata terdiri atas alis mata, kelopak mata, bulu mata dan *aparatus lacrimalis* yang masing-masing memiliki struktur dan fungsi yang berbeda.

- 1) Alis mata, terdiri atas rambut kasar yang terletak melintang di atas mata. Berfungsi untuk kecantikan dan melindungi mata dari keringat.
- 2) Kelopak mata, terdiri atas dua bagian, yaitu kelopak atas dan bawah. Karena otot mata mempunyai *otot mulus levator palpebrae* yang dapat menarik kelopak sehingga dapat terbuka dan *otot mulus orbikularis okuli* yang menyebabkan mata menutup. Kelopak berfungsi untuk melindungi bola mata dari zat asing yang ada di udara.
- 3) Bulu mata, ialah rambut pada ujung kelopak mata.
- 4) *Aparatus lacrimalis*, merupakan aksesoris mata yang memiliki kelenjar air mata yang berfungsi untuk menghasilkan air mata.

#### b. Otot ekstrinsik bola mata

Pada setiap mata terdapat enam otot lurik yang menghubungkan bola mata dengan tulang di sekitarnya. Otot ini berfungsi menggerakkan bola mata sehingga mata dapat melirik ke kanan, ke kiri, atas, dan bawah. Gerakan otot bola mata ekstrinsik ini berada di bawah kesadaran.

#### c. Bola mata

Bola mata terdiri atas tiga lapisan dari luar ke dalam, yaitu tunika fibrosa, tunika vaskulosa, dan tunika nervosa.

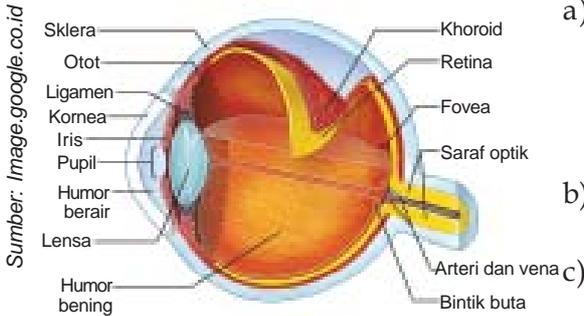
### 1) Tunika fibrosa

Tunika fibrosa terdiri atas sklera yang berwarna putih, tidak tembus cahaya, dan kornea tembus cahaya (transparan). Kornea memiliki banyak serabut saraf, tetapi tidak mengandung pembuluh darah.

### 2) Tunika vaskulosa (uvea)

Lapisan tengah bola mata yang terdiri atas khoroid, korpus kiliaris, dan iris.

- a) Khoroid berupa lapisan jaringan tipis mengandung banyak pembuluh darah, berwarna hitam atau coklat karena mengandung pigmen sehingga menyebabkan bagian dalam bola mata menjadi gelap.
- b) Korpus kiliaris, terletak di antara batas depan retina sampai batas sklera kornea.
- c) Iris, merupakan selaput melingkar yang menggantung di antara lensa dan kornea. Lubang bulat di tengah iris disebut *pupil*. Iris mengandung banyak pembuluh darah dan pigmen. Jumlah pigmen menentukan warna mata.

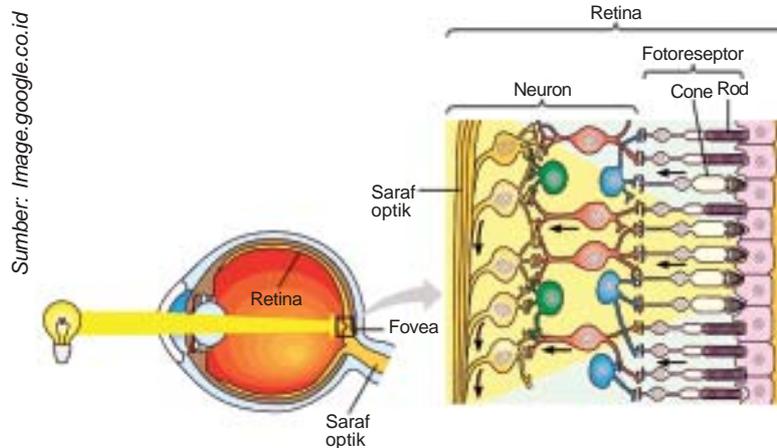


**Gambar 9.11**  
Struktur mata

### 3) Retina

Retina merupakan lapisan terdalam dari bola mata yang peka terhadap rangsangan cahaya. Sedangkan, bagian urat saraf optik yang tidak peka terhadap sinar dan daerah ini disebut *bintik buta*.

Retina terdiri atas tiga lapis neuron, yaitu lapisan *rod* dan *cone* (sel kerucut). Sel batang diperlukan untuk penglihatan pada cahaya remang, yaitu melihat bayangan. Cone diperlukan untuk penglihatan diwaktu terang dan untuk melihat warna. Lapisan neuron dibagi menjadi dua macam, yaitu lapisan neuron bipolar dan lapisan neuron ganglion.



**Gambar 9.12**  
Struktur reseptor mata

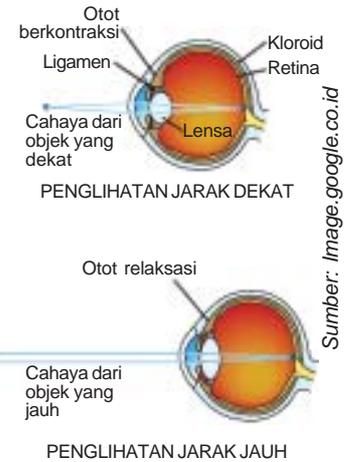
### d. Fungsi mata

Cahaya yang masuk ke dalam bola mata melalui lubang pupil akan menembus empat media refraksi, yaitu kornea, humor aquous, lensa, dan vitreus. Setelah mengalami empat kali pembiasan, bayangan akan jatuh di retina.

Ada dua cara yang dapat dilakukan agar bayangan benda dapat jatuh tepat pada retina, yaitu:

- Menambah panjang bola mata.
- Mengubah lengkungan lensa. Proses perubahan dari lengkung lensa disebut *akomodasi*.

Bayangan benda yang jatuh pada retina akan merangsang Rod atau Cone, kemudian melalui serangkaian reaksi timbul pada sel ganglion. Kemudian, impuls dijalarakan ke *khiasma optikus*, *tractus optikus*, lalu ke *thalamus optikus*. Di thalamus terjadi sinaps, kemudian impuls diteruskan ke daerah penglihatan di lobus oksipitalis otak.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 9.13**  
Akomodasi mata

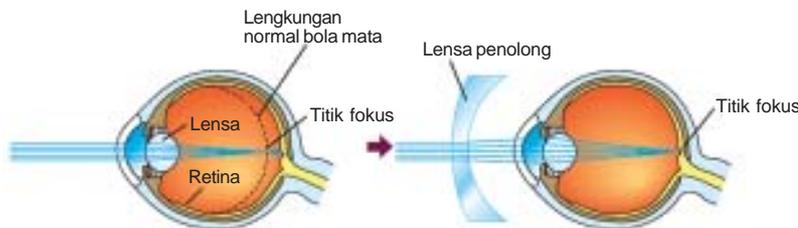
### e. Kelainan pada mata

Kelainan pada mata terjadi karena kelainan refraksi cahaya. Misalnya mata miopi, yaitu suatu kondisi mata dengan lensa terlalu cembung atau bola mata terlalu panjang. Dengan demikian, benda dekat akan terlihat jelas karena bayangan jatuh pada retina. Sedangkan, benda jauh akan terlihat kabur karena bayangan jatuh di depan retina. Mata jenis ini dikoreksi dengan lensa cekung.

Kelainan mata hipermetropi ialah mata dengan lensa yang terlalu pipih atau bola mata terlalu pendek. Sehingga, benda dekat akan terlihat kabur, karena bayangan jatuh dibelakang retina. Kelainan ini dapat dibantu dengan lensa cembung.

Mata astigmat ialah mata dengan lengkungan permukaan kornea atau lensa yang tidak rata (mulus). Kelainan ini dikoreksi dengan lensa silinder.

Mata presbiop ialah suatu keadaan lensa kehilangan elastisitasnya karena bertambahnya usia. Mata presbiop dibantu dengan lensa cembung.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 9.14**  
Mata miopi



Coba kamu buat gambar menggunakan kamera dengan kondisi:

- cahaya kurang
- cahaya terang
- pengatur fokus diubah-ubah

Bagaimakah hasilnya?  
Diskusikan dengan teman sekelompokmu.

## 2. Indera Pendengaran

Telinga merupakan indera pendengaran. Telinga terdiri atas tiga bagian, yaitu bagian telinga luar, telinga tengah, dan telinga dalam.

### a. Telinga luar

Telinga luar adalah bagian terluar dari daun telinga. Rangka daun telinga terdiri atas tulang rawan elastis.

Bagian tengah terdiri atas saluran sepanjang  $\pm 2,5$  cm, disebut saluran telinga luar. Saluran ini berambut dan mempunyai kelenjar sebacea, sejenis lemak yang dapat menghasilkan serumen kotoran telinga.

Bagian terdalam dari telinga luar yang berbatasan dengan telinga tengah berupa suatu selaput elastis yang tipis, disebut dengan gendang telinga (membran timpani).

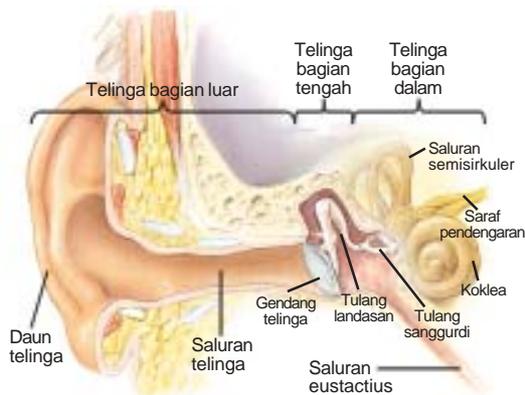
### b. Telinga tengah (rongga timpani)

Telinga tengah berupa rongga kecil yang berisi udara yang terletak di dalam tulang temporal, dan dindingnya dilapisi sel epitel. Didalam rongga telinga tengah terdapat tiga tulang pendengaran, yaitu tulang martil, landasan dan sanggurdi (stapes). Ketiga tulang ini saling berhubungan melalui sendi yang bergerak.

Tulang martil melekat pada gendang telinga, landasan di tengah dan sanggurdi melekat pada lubang yang disebut *tingkap oval* pada telinga dalam.

Di sebelah depan telinga tengah dihubungkan dengan tenggorokan oleh saluran Eustachius (tuba eustachius). Tuba eustachius berfungsi menyeimbangkan tekan udara telinga luar dengan telinga tengah.

Sumber: Image.google.co.id



**Gambar 9.15**  
Struktur telinga manusia

### c. Telinga dalam (Labirin)

Telinga dalam terdiri atas:

- 1) Labirin osea, yaitu serangkaian rongga pada tulang temporal yang dilapisi selaput periosteum berisi cairan perilimfa.
- 2) Labirin membranasea, mempunyai bentuk yang sama dengan labirin osea, tetapi terletak di dalamnya.
- 3) Koklea (Rumah Siput)  
Bagian depan labirin terdiri atas koklea saluran yang terdiri atas  $2\frac{3}{4}$  lingkaran. Koklea terdiri atas tiga saluran yang sejajar, yaitu saluran vestibulum yang berhubungan dengan

jendela oval, saluran tengah dan saluran timpani yang berhubungan dengan jendela bundar, dan saluran (kanal) yang dipisahkan oleh membran.

#### d. Fisiologi pendengaran

Daun telinga berfungsi seperti corong yang mengumpulkan gelombang suara, kemudian disalurkan ke saluran telinga luar. Bila gelombang suara mencapai selaput, maka gendang akan bergetar sesuai dengan frekuensi dan amplitudo suara.

Tulang pendengaran ikut bergetar, tulang sanggurdi akan bergetar keluar masuk tingkap oval, dengan demikian menggetarkan cairan perilimfa diskala vestibuli. Getaran cairan ini, akan menggerakkan membran basiler yang dengan sendirinya akan menggetarkan cairan dalam saluran timpani.

Perpindahan ini menyebabkan melebarnya membran pada jendela bundar. Getaran dengan frekuensi tertentu akan menggetarkan selaput-selaput basiler, yang akan menggerakkan sel-sel rambut ke atas dan ke bawah. Ketika rambut-rambut sel menyentuh membran tektorial, terjadi rangsangan (impuls) yang kemudian dikirim ke pusat pendengaran.

Kehilangan indera pendengaran dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu *tuli konduktif*, karena gangguan transmisi suara ke dalam kokhlea dan *tuli saraf*, bila terjadi kerusakan pada organon corti, saraf VIII ataupun korteks otak daerah pendengaran.

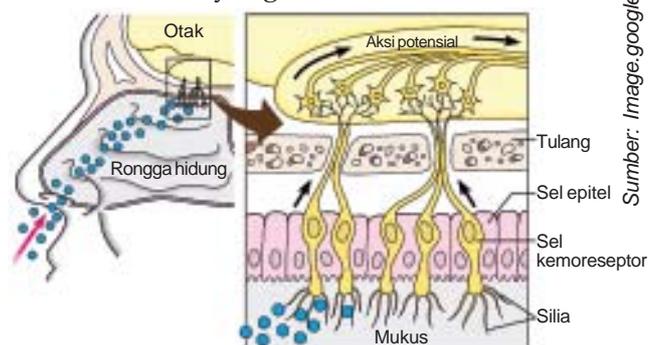
### 3. Indera penciuman

Daerah yang sensitif terhadap indera penciuman terletak di bagian atas rongga hidung. Struktur indera penciuman terdiri atas sel penyokong yang berupa sel epitel dan sel bau yang berupa sel saraf sebagai reseptor.

#### a. Fungsi indera penciuman

Zat yang memiliki sifat bau berupa uap atau gas mencapai reseptor bau melalui udara inspirasi. Zat ini dapat larut dalam lendir pada selaput lendir hidung, kemudian terjadi pengikatan zat dengan protein membran pada dendrit dan timbul impuls yang dijalarakan ke syaraf otak I, *traktus olfaktorius*, menuju otak untuk:

- 1) diinterpretasikan di korteks otak pada daerah bau primer.
- 2) dihubungkan dengan pusat lainnya, misalnya dengan pusat muntah bila mencium bau-bauan yang jijik.
- 3) disimpan di korteks otak sebagai memori (ingatan).



**Gambar 9.16**  
Rongga hidung dan reseptor bau

Sumber: Image.google.co.id

Diduga setiap zat penimbul rasa bau hanya merangsang satu jenis reseptor saja. Dengan demikian, otak dapat membedakan berbagai rasa bau.

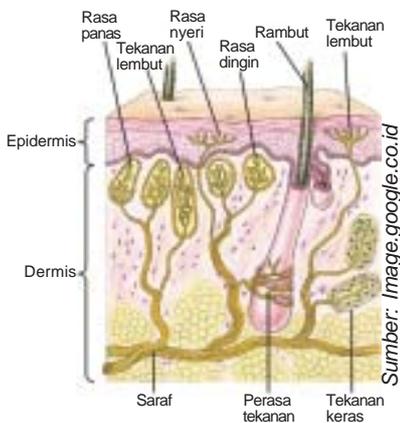
#### b. Anesmia

Anesmia ialah kehilangan rasa bau akibat:

- 1) Penyumbatan rongga hidung, misalnya pilek, terdapat polip atau tumor di rongga hidung.
- 2) Sel rambut rusak pada infeksi kronis.
- 3) Gangguan pada saraf I, bulbus dan traktus olfaktorius atau korteks otak.

### 4. Indera Peraba (kulit)

Kulit merupakan indera peraba manusia, kulit terdiri atas epidermis dan dermis. Epidermis ialah lapisan luar yang terdiri atas lapisan sel yang disusun sangat rapat jaringan epitel. Sedangkan, dermis, ialah lapisan di bawah epidermis yang terdiri atas sel yang longgar yang letaknya agak berjauhan dari satu sel ke sel lainnya.



**Gambar 9.17**  
Struktur kulit manusia

#### a. Fungsi indera kulit

Pada kulit terdapat reseptor yang sensitif terhadap rangsangan raba, tekanan, panas, dingin, dan nyeri. Reseptor ini dapat berupa ujung saraf yang bebas, ujung-ujung saraf yang berbenjol, atau ujung saraf yang diselubungi kapsul jaringan ikat. Umumnya, setiap jenis reseptor hanya mempunyai fungsi yang khusus, yaitu menerima satu jenis rangsang saja.

#### b. Tipe rasa dan jenis reseptor

Pada kulit terdapat berbagai tipe rasa dan jenis reseptor, antara lain:

- 1) Rasa nyeri  
Reseptor rasa nyeri berupa ujung saraf yang bebas. Jenis reseptor ini terdapat di seluruh jaringan tubuh baik di badan maupun alat dalam. Rasa nyeri sangat penting karena akan memperingatkan suatu ketidakberesan pada bagian tubuh tertentu.
- 2) Rasa panas dan dingin, reseptornya berupa ujung saraf.
- 3) Rasa sentuhan  
Reseptor rasa sentuhan ialah *korpus Meissner*, *diskus Merkel* dan ujung saraf yang melingkari akar rambut, semuanya terletak dekat permukaan kulit.

- 4) Rasa tekanan, reseptor rasa tekanan, yaitu *korpus Paccini*, *Rufini* dan *Krawse*. Semuanya terletak agak dalam pada kulit.

## 5. Indera Perasa (pengecap)

Permukaan lidah bersifat kasar, karena memiliki tonjolan yang disebut *papila*. Menurut bentuknya papila dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:

### a. Papila filiformis

Papila filiformis berbentuk benang halus, banyak terdapat pada bagian depan lidah.

### b. Papila fungiformis

Papila fungiformis berbentuk tonjolan seperti kepala jamur, banyak terdapat pada bagian depan lidah dan bagian sisi lidah.

### c. Papila sirkum valata

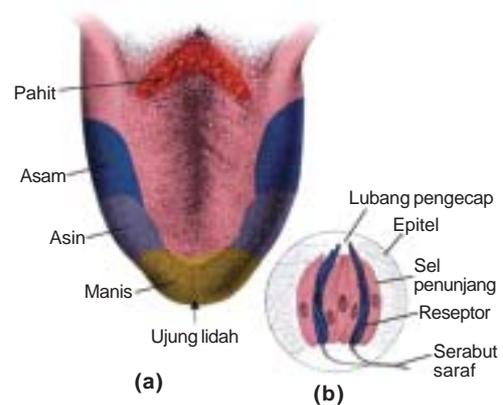
Papila sirkum valata berbentuk bulat, tersusun seperti huruf V terbalik di belakang lidah.

Di dalam satu papila terdapat banyak reseptor pengecap (tastebud). Setiap tastebud terdiri atas dua jenis sel, yaitu:

- 1) Sel penyokong yang berfungsi untuk menopang.
- 2) Sel pengecap (sel rambut sebagai reseptor) yang memiliki tonjolan, seperti rambut yang menonjol keluar dari reseptor pengecap.

Reseptor untuk rasa pahit, terutama terletak pada pangkal lidah. Sedangkan, untuk rasa manis dan asin banyak terdapat di ujung lidah, untuk rasa asam terdapat di sisi lidah bagian dalam. Ditinjau dari zat kimia penimbul rasa, indera perasa dibedakan menjadi beberapa macam, yaitu:

- 1) Pahit yang ditimbulkan oleh alkaloid tumbuhan, seperti kina, zat ini banyak yang bersifat racun.
- 2) Asin, ditimbulkan oleh kation Na, K, Ca.
- 3) Manis ditimbulkan oleh gugus OH. Gugus ini terdapat pada gula, keton dan asam amino tertentu.
- 4) Asam yang ditimbulkan oleh ion H.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 9.18**  
(a) Struktur lidah,  
(b) Papila

Zat tersebut bila masuk ke dalam mulut akan terlarut dalam ludah, mengadakan kontak dengan reseptor rasa, merangsang sel rambut, timbul impuls pada sel rambut yang akan dijalarkan sepanjang saraf otak VII dan IX bagian sensoris menuju otak. Impuls ini akan diinterpretasikan sebagai rasa pada korteks orak dilobus parietalis daerah kecap primer dan memulai terjadinya refleksi pengeluaran air ludah melalui saraf otak VII dan IX bagian motoris.



Kamu telah mempelajari sistem koordinasi pada manusia. Hal-hal penting apa sajakah yang harus diketahui dalam mempelajarinya? Catatlah dalam bentuk rangkuman. Kemudian, tukarlah hasil rangkumanmu dengan rangkuman teman. Berikan masukan dan saran pada rangkuman masing-masing.

## Daftar Istilah

Akson	= serabut saraf yang menyalurkan impuls dari badan sel.
Akomodasi	= kemampuan mata merubah bentuk lensa untuk memfokuskan penglihatan.
Ambang batas impuls	= batas minimal kekuatan rangsangan yang dapat menimbulkan impuls saraf yang dapat mengubah potensial listrik.
Dendrit	= serabut saraf yang menyalurkan impuls ke badan sel.
Ganglion	= kumpulan badan-badan sel saraf.
Neurotransmitter	= zat kimia di dalam bongkol sinaps yang berfungsi menghantarkan impuls saraf.
Nodus Ranvier	= Penyempitan pada serabut saraf yang berfungsi mempercepat aliran impuls saraf.
Reseptor	= penerima rangsang.
Selaput mielin	= pembungkus neurifibril.
Sel saraf sensorik	= bel saraf indera, penerima rangsang dari luar.
Sel saraf motorik	= bel saraf penggerak, menyampaikan impuls dari pusat saraf menuju efektor.
Sinaps	= pertemuan antara akson dengan dendrit atau efektor yang berbentuk bongkol.

## M a r i B e r k o m p e t e n s i

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat di setiap soal-soal berikut.

1. Susunan saraf bersama-sama dengan endokrin membentuk suatu sistem yang disebut ....
  - a. sistem organ
  - b. sistem ganglion
  - c. sistem neuron
  - d. sistem respirasi
  - e. sistem koordinasi
2. Unit terkecil dari sistem saraf adalah sel saraf, disebut juga ....
  - a. neuron
  - b. dendrit
  - c. neurit
  - d. neuroglia
  - e. neurilemma
3. Yang dimaksud dengan susunan saraf pusat adalah ....
  - a. Otak dan sumsum tulang belakang
  - b. Saraf otonom dan perifer
  - c. Otak
  - d. Saraf perifer
  - e. Sumsum tulang belakang
4. Neuron yang dendritnya berhubungan dengan reseptor dan neuritnya berhubungan dengan neuron lain disebut neuron ....
  - a. sensorik
  - b. motorik
  - c. konektor
  - d. aferen
  - e. alat keseimbangan
5. Susunan saraf otonom erat kaitannya dengan ....
  - a. berpikir
  - b. pencernaan
  - c. mendengar
  - d. melihat
  - e. aktivitas di luar kesadaran
6. Di bawah ini adalah organ-organ yang memiliki saraf otonom, *kecuali* ....
  - a. jantung
  - b. anggota gerak
  - c. ginjal
  - d. alat pernapasan
  - e. sistem pencernaan
7. Saraf nervus vagus bersifat ....
  - a. parasimpatik
  - b. motorik
  - c. sensorik
  - d. sensorik dan parasimpatik
  - e. sensorik dan motorik
8. Saraf otak yang bersifat parasimpatik adalah ....
  - a. saraf otak I
  - b. saraf otak III
  - c. saraf otak X
  - d. saraf otak VIII
  - e. saraf otak VI
9. Di antara dua sel saraf terdapat celah tempat terjadinya lompatan impuls yang disebut ....
 

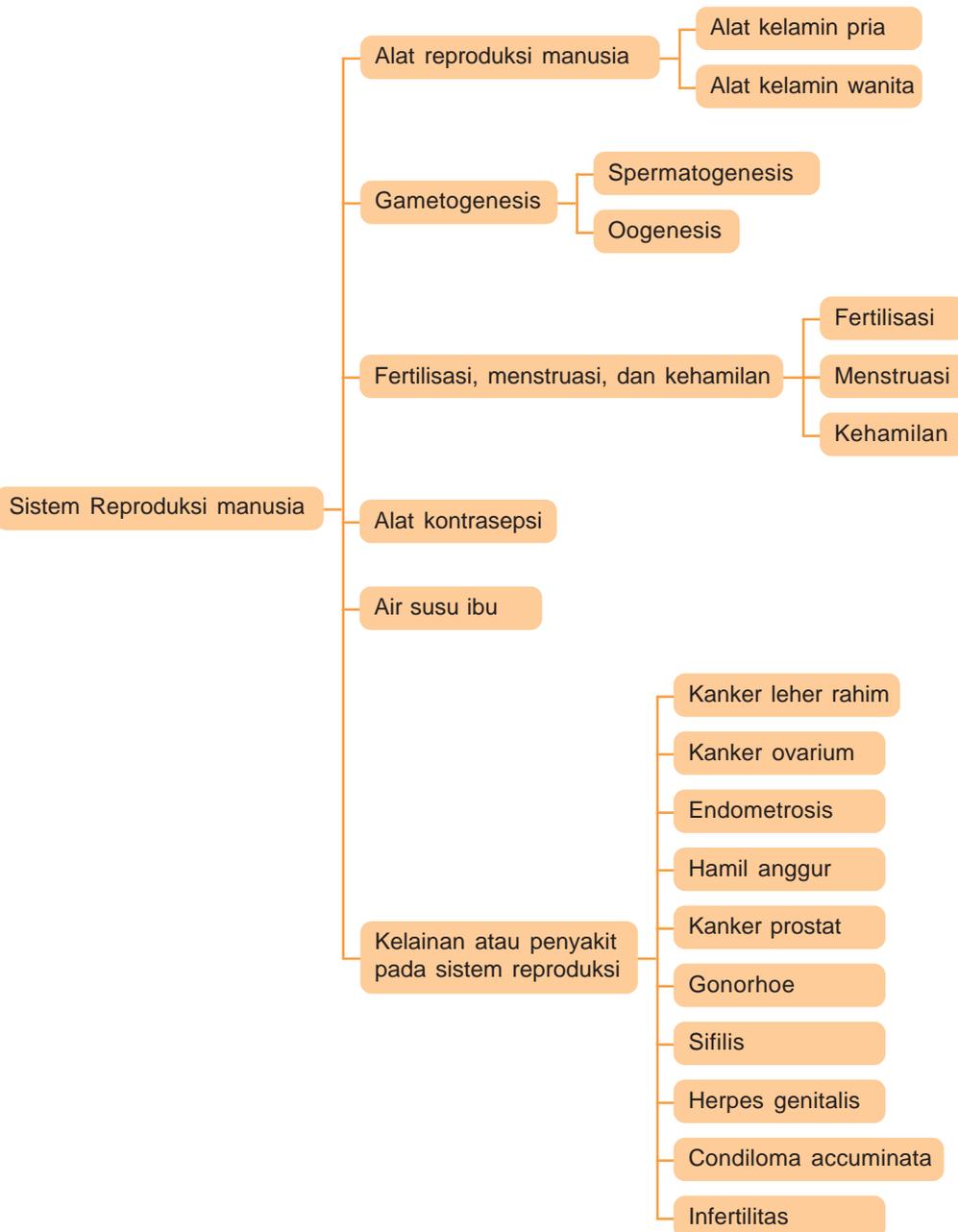
a. ganglion	d. akson
b. sinapsis	e. dendrit
c. asetilkolin	
10. Reseptor yang terdapat pada retina mata adalah ....
  - a. sel batang dan sel kerucut
  - b. sel kotak dan sel batang
  - c. sel kerucut dan sel bulat
  - d. sel bulat dan sel kotak
  - e. sel panjang dan sel pendek
11. Kelenjar endokrin disebut juga kelenjar buntu, karena ....
  - a. endokrin tidak mempunyai saluran khusus

- b. zat kimia yang dihasilkan endokrin tidak diedarkan atau buntu
  - c. saluran endokrin tidak bercabang-cabang
  - d. endokrin merupakan kelenjar yang statis
  - e. endokrin adalah kelenjar yang tidak bercabang
12. Reseptor yang menerima rangsang perubahan suhu sehingga tubuh berkeringat terdapat pada ....
- a. kulit
  - b. otak
  - c. otot
  - d. hidung
  - e. mata
13. Kuncup atau reseptor perasa untuk rasa manis terdapat pada ....
- a. ujung lidah
  - b. tengah lidah
  - c. tepi lidah
  - d. pangkal lidah
  - e. sisi lidah
14. Indera yang mempunyai hubungan paling erat, yaitu ....
- a. pembau-pengecap
  - b. pembau-penglihatan
  - c. penglihatan-pendengaran
  - d. peraba-pembau atau penciuman
  - e. peraba-pengecap
15. Pada retina mata berdasarkan strukturnya terdapat .... macam reseptor.
- a. 1
  - b. 2
  - c. 3
  - d. 4
  - e. 5

**B. Jawablah soal-soal berikut dengan singkat dan jelas!**

1. Tuliskan dan jelaskan dua subsistem yang membentuk sistem koordinasi.
2. Tuliskan dan jelaskan bagian-bagian otak.
3. Apakah yang dimaksud dengan sistem saraf otonom?
4. Hormon apakah yang dihasilkan oleh kelenjar paratiroid atau anak gondok? Kelainan apa sajakah yang terjadi bila kekurangan hormon ini?
5. Jelaskan mekanisme terdengarnya suatu bunyi oleh telinga.

Peta Konsep



Perkembangbiakan atau reproduksi merupakan salah satu ciri makhluk hidup untuk mempertahankan jenisnya. Manusia tergolong *makhluk dioseus* (berumah dua). Hal ini berarti, satu individu hanya memiliki satu jenis alat reproduksi, yaitu laki-laki dan wanita. Laki-laki dewasa mampu menghasilkan sel gamet yang disebut spermatozoa, sedangkan wanita dewasa mampu menghasilkan sel gamet yang disebut ovum. Jika kedua sel gamet ini melebur atau terjadi fertilisasi, maka terbentuk zigot yang akan tumbuh menjadi janin dan dalam waktu 9 bulan akan menjadi bayi. Bagaimana proses pembentukan sperma dan ovum? Apa kaitannya dengan kehamilan dan menstruasi? Kamu akan mengetahui jawabannya setelah mempelajari bab ini. Mari ikuti uraiannya.

## A Alat Reproduksi Manusia

Manusia berkembang biak atau berreproduksi secara seksual. Reproduksi seksual melibatkan dua individu yang masing-masing menyumbangkan satu sel reproduktif khusus yang disebut gamet, dan bersifat vivipar atau melahirkan.

Gamet jantan disebut sperma dan gamet betina disebut ovum (sel telur). Sperma berukuran sangat kecil memiliki bentuk seperti berudu dan motil, artinya dapat bergerak aktif ke arah sel telur dengan menggerakkan ekornya yang panjang seperti cambuk. Sedangkan, sel telur (ovum) dibentuk dalam ovarium. Ovum berukuran besar dan nonmotil, mengandung persediaan makanan untuk menunjang perkembangan embrio yang dihasilkan setelah telur tersebut dibuahi.

Alat kelamin pada manusia dapat dibedakan menjadi alat kelamin pria dan alat kelamin wanita. Keduanya mempunyai bagian-bagian yang terdapat di dalam tubuh dan juga yang terdapat di luar tubuh. Mari cermati.

### 1. Alat Kelamin Pria

Alat kelamin pria berfungsi menghasilkan gamet jantan, yaitu spermatozoa (sperma). Alat kelamin pria dibedakan menjadi alat kelamin dalam dan alat kelamin luar.

#### a. Alat kelamin dalam

Alat kelamin dalam terdiri atas:

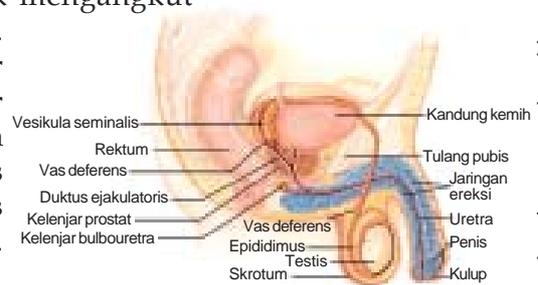
##### 1) Testis

Testis memiliki bentuk bulat telur dan berjumlah sepasang, terdapat pada skrotum (zakar). Testis merupakan tempat pembentukan sel kelamin jantan (spermatozoa) dan hormon kelamin (testosteron).

Pada testis terdapat pembuluh-pembuluh halus yang disebut *tubulus seminiferus*. Pada dinding tubulus seminiferus terdapat calon-calon sperma (spermatogonium yang diploid. Di antara tubulus seminiferus terdapat sel-sel interstisiil yang menghasilkan hormon testosteron dan hormon kelamin jantan lainnya. Selain itu, terdapat pula sel-sel berukuran besar yang berfungsi menyediakan makanan bagi spermatozoa, sel ini disebut *sel sertoli*.

## 2) Saluran reproduksi

Saluran reproduksi terdiri atas duktus *epididimis*, yaitu tempat pematangan sperma lebih lanjut dan tempat penyimpanan sementara sperma. Selanjutnya, terdapat *vas deferens* yang merupakan suatu saluran untuk mengangkut sperma ke *vesikula seminalis* (kantung sperma). Arah vas deferens ini ke atas, kemudian melingkar dan salah satu ujungnya berakhir pada kelenjar prostat dan di belakang kandung kemih, saluran ini bersatu membentuk duktus ejakulatorius pendek yang berakhir di uretra. Uretra dari duktus ejakulatorius sama-sama berakhir di ujung penis.



Sumber: Image.google.co.id

## 3) Kelenjar kelamin

Saluran kelamin dilengkapi dengan tiga kelenjar yang dapat mengeluarkan getah atau semen. Kelenjar-kelenjar ini, antara lain vesikula seminalis, kelenjar prostat, dan kelenjar bulbouretral (Cowper).

### a) *Vesikula seminalis*

Vesikula seminalis berjumlah sepasang dan terletak di atas dan bawah kandung kemih.

Vesikula seminalis menghasilkan 60% dari volume total semen. Cairan dari vesikula seminalis berwarna jernih, kental mengandung lendir, asam amino, dan fruktosa. Cairan ini berfungsi memberi makan sperma. Selain itu, vesikula seminalis juga mengekskresikan prostaglandin yang berfungsi membuat otot uterus berkontraksi untuk mendorong sperma mencapai uterus.

### b) *Kelenjar prostat*

Kelenjar prostat berukuran lebih besar dibandingkan dua kelenjar lainnya. Cairan yang dihasilkan encer seperti susu dan bersifat alkalis sehingga dapat menyeimbangkan keasaman residu urin di uretra dan keasaman vagina. Cairan ini langsung bermuara ke uretra lewat beberapa saluran kecil.

c) *Kelenjar bulbouretral atau kelenjar Cowper*. Kelenjar ini kecil, berjumlah sepasang, dan terletak di sepanjang uretra. Cairan kelenjar ini kental dan disekresikan sebelum penis mengeluarkan sperma dan semen.

**Gambar 10.1**  
Alat reproduksi pria (dilihat dari samping)

#### 4) Uretra

Uretra adalah saluran di dalam penis yang berfungsi sebagai saluran urin dari kandung (vesica urinaria) keluar tubuh dan sebagai saluran jalannya semen dari kantong semen.

#### b. Alat kelamin luar

Alat kelamin luar pria, yaitu berupa penis dan skrotum. Penis adalah organ yang berperan untuk kopulasi (persetubuhan). Kopulasi adalah penyimpanan sperma dari alat kelamin jantan (pria) ke dalam alat kelamin betina (wanita). Penis pada pria dapat mengalami ereksi. Ereksi adalah penegangan dan pengembangan penis karena terisinya saluran penis oleh darah. Skrotum pada pria di kenal dengan buah zakar. Di dalam buah zakar ini terdapat testis.

## 2. Alat Kelamin Wanita

Alat reproduksi wanita seperti juga pada pria terdiri atas alat kelamin luar dan dalam organ reproduksi pada wanita adalah ovarium. Ovarium berfungsi menghasilkan sel telur (ovum).

#### a. Alat kelamin luar

Alat kelamin luar terdiri atas:

- 1) Celah luar disebut vulva.
- 2) Sepasang bibir besar atau lipatan kulit disebut juga (Labium mayora) membatasi kedua belah celah dan sepasang bibir kecil lipatan disebut (Labium minora). Di bagian depan labium minor terdapat tonjolan yang disebut klitoris. Klitoris merupakan suatu berkas jaringan yang peka. Klitoris berasal dari bahasa Yunani, yang berarti sebuah bukit kecil.
- 3) Di dalam vulva bermuara dua saluran, yaitu saluran urin dan saluran kelamin.

#### b. Alat Kelamin dalam

Alat kelamin dalam terdiri atas:

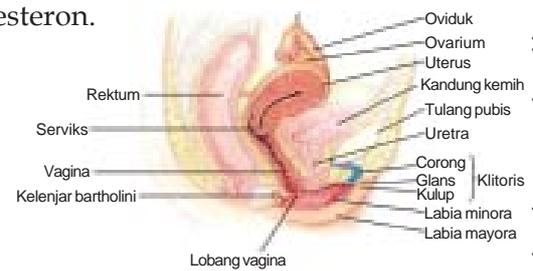
##### 1) Ovarium (indung telur)

Ovarium terdapat dalam rongga badan di daerah pinggang, yaitu di sebelah kanan dan kiri. Dalam ovarium terdapat kelenjar endokrin dan jaringan tubuh yang membuat sel telur (ovum) yang disebut *folikel*. Sel folikel akan memproduksi sel telur pada ovarium wanita. Peristiwa pelepasan sel telur (ovum) dari ovarium setelah folikel masak disebut *ovulasi*. Ovulasi pada wanita berlangsung sebulan sekali. Pada saat

folikel telur tumbuh, ovarium menghasilkan hormon estrogen, dan setelah ovulasi menghasilkan hormon progesteron.

## 2) Saluran tuba fallopii

Saluran tuba fallopii atau oviduk berjumlah sepasang, di kanan dan di kiri. Saluran ini menghubungkan ovarium dengan rahim. Bagian pangkalnya berbentuk corong disebut *tuba infundibulum*. Tuba infundibulum ini dilengkapi dengan jumbai-jumbai yang dinamakan *fimbriae*. Fimbriae berfungsi menangkap sel telur yang telah masak dan lepas dari ovarium. Tuba fallopii berfungsi untuk menggerakkan ovum ke arah rahim dengan gerak peristaltik dan dengan bantuan silia.



**Gambar 10.2**  
Alat-alat kelamin luar wanita

## 3) Uterus (rahim)

Rahim manusia memiliki satu ruangan dan berbentuk buah pir, pada bagian bawahnya mengecil dan disebut *leher rahim* atau serviks uteri, bagian ujung yang besar disebut *badan rahim* atau corpus uteri. Lapisan terdalam yang membatasi rongga rahim terdiri atas jaringan epitel yang disebut *endometrium* atau selaput rahim. Lapisan ini menghasilkan banyak lendir dan pembuluh darah. Sebulan sekali, pada saat menstruasi (haid) lapisan ini dilepaskan diikuti dengan pendarahan.

Dinding pada rahim selalu mengalami perubahan ketebalan, peristiwa ini dipengaruhi hormon, di antaranya adalah:

- Menjelang ovulasi dinding menebal, karena pengaruh hormon estrogen.
- Dinding rahim akan semakin menebal setelah ovulasi, karena pengaruh hormon progesteron.
- Pada saat menstruasi dinding rahim tipis kembali, karena dinding endometrium mengelupas. Setelah menstruasi, dinding dibentuk kembali, peristiwa ini disebut siklus menstruasi.
- Uterus atau rahim merupakan ruangan tempat janin menempel, tumbuh dan berkembang.

## 4) Vagina (liang peranakan)

Vagina adalah sebuah tabung berlapis otot yang membujur ke arah belakang dan atas. Dinding vagina lebih tipis dari rahim dan banyak lipatan-lipatan. Hal ini untuk mempermudah jalan kelahiran bayi. Selain itu, juga terdapat lendir yang dihasilkan oleh dinding vagina dan suatu kelenjar, yaitu kelenjar *bartholini*.

## B Gametogenesis

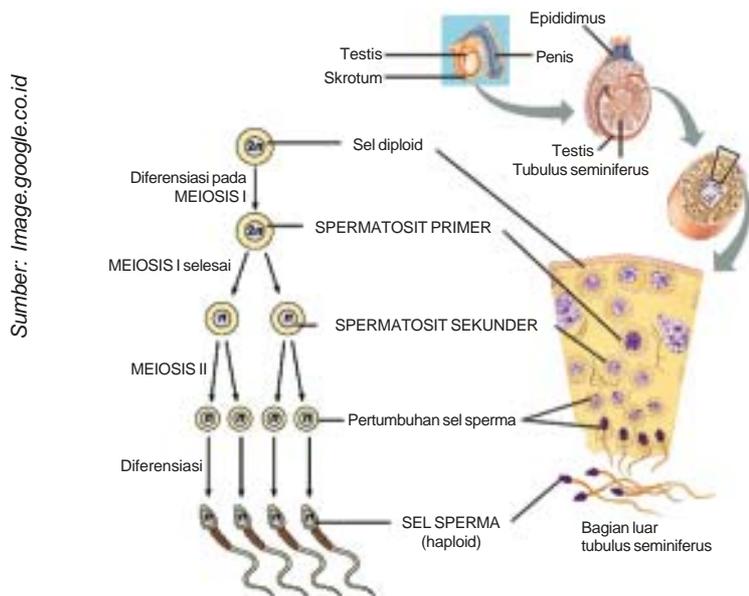
Pembentukan individu baru dimulai dengan gametogenesis. Gametogenesis adalah pembentukan telur dan sperma pada kedua induknya. Pembentukan sperma disebut *spermagenesis*, sedangkan, pembentukan sel telur disebut *oogenesis*.

Selama gametogenesis berlangsung pembelahan secara meiosis (berasal dari bahasa Yunani = *meioun*, yang berarti berkurang), yaitu berkurangnya jumlah kromosom dari keadaan diploid menjadi haploid. Jika dua gamet bersatu pada waktu fertilisasi, gabungan kedua nukleusnya akan membentuk  $2n$  kromosom.

### 1. Spermatogenesis

Spermatogenesis terjadi pada organ reproduksi pria, yaitu testis. Spermatogenesis dimulai dengan pertumbuhan spermatogonium menjadi sel yang lebih besar disebut spermatosit primer. Sel-sel ini membelah secara mitosis menjadi dua spermatosit sekunder yang sama besar, kemudian mengalami pembelahan meiosis menjadi empat spermatid yang sama besar. Spermatid adalah sebuah sel bundar dengan sejumlah besar protoplasma dan merupakan gamet dewasa dengan sejumlah kromosom haploid.

Pada akhir proses, terjadi pertumbuhan dan perkembangan atau diferensiasi yang rumit, tetapi bukan pembelahan sel, yaitu mengubah spermatid menjadi sperma yang fungsional. Nukleus mengecil dan menjadi kepala sperma, sedangkan sebagian besar sitoplasma dibuang. Sperma ini mengandung enzim yang memegang peranan dalam menembus membran sel telur.



**Gambar 10.3**  
Spermatogenesis

Spermatogenesis terjadi secara diklik di semua bagian tubulus seminiferus. Di setiap satu bagian tubulus, berbagai tahapan tersebut berlangsung secara berurutan. Pada bagian tubulus yang berdekatan, sel cenderung berada dalam satu tahapan lebih maju atau lebih dini. Pada manusia, perkembangan spermatogonium menjadi sperma matang membutuhkan waktu 16 hari.

Spermatogenesis dipengaruhi oleh hormon gonadotropin, *Follicle Stimulating Hormone* (FSH), *Luteinizing hormone* (LH), dan hormon testosteron. Mari cermati.

#### a. Hormon Gonadotropin

Hormon gonadotropin dihasilkan oleh hipotalamus. Hormon ini berfungsi untuk merangsang kelenjar hipofisa bagian depan (anterior) agar mengeluarkan hormon FSH dan LH.

#### b. FSH (*Follicle Stimulating Hormone*)

FSH dihasilkan oleh hipofisa anterior. Hormon ini berfungsi mempengaruhi dan merangsang perkembangan tubulus seminiferus dan sel sertoli untuk menghasilkan ABP (*Androgen Binding Protein*) yang memacu pembentukan sperma.

#### c. LH (*Luteinizing Hormone*)

LH dihasilkan oleh hipofisa anterior. Hormon ini berfungsi merangsang sel-sel interstitial (sel leydig) agar mensekresi hormon testosteron (androgen).

#### d. Hormon Testosteron

Hormon testosteron dihasilkan oleh testis. Hormon ini berfungsi merangsang perkembangan organ seks primer pada saat embrio, mempengaruhi perkembangan alat reproduksi dan ciri kelamin sekunder serta mendorong spermatogenesis.

## 2. Oogenesis

Ovarium menghasilkan ovum. Proses pembentukan ovum di dalam ovarium disebut oogenesis. Pada ovarium yang ada di dalam tubuh embrio atau fetus terdapat sekitar 600.000 buah sel induk telur atau disebut *oogonium*. Pada saat umur fetus (embrio) lima bulan, *oogonium* memperbanyak diri secara mitosis, membentuk kurang lebih 7 juta oosit primer.

Pada saat embrio (fetus) umur 6 bulan, oosit primer dalam tahap meiosis (profase I). Setelah itu, terjadi pengurangan jumlah oosit primer sampai lahir. Pada saat lahir dua ovarium mengandung 2 juta oosit primer. Selanjutnya, oosit primer yang sedang tahap membelah tersebut istirahat sampai masa pubertas. Pada waktu anak berumur 7 tahun jumlahnya susut lagi menjadi sekitar 300.000 - 400.000 oosit primer.



Hormon apa sajakah yang berperan dalam oogenesis? Diskusikan dengan teman sebangkumu.

Setelah masuk masa pubertas, perempuan akan mengalami menstruasi atau haid. Saat itu kelenjar hipofisis mampu menghasilkan FSH, dan oosit primer yang terbentuk melanjutkan pembelahan meiosis menghasilkan dua sel yang ukurannya tidak sama. Sel yang berukuran besar disebut oosit sekunder dan yang berukuran kecil disebut badan polar pertama.

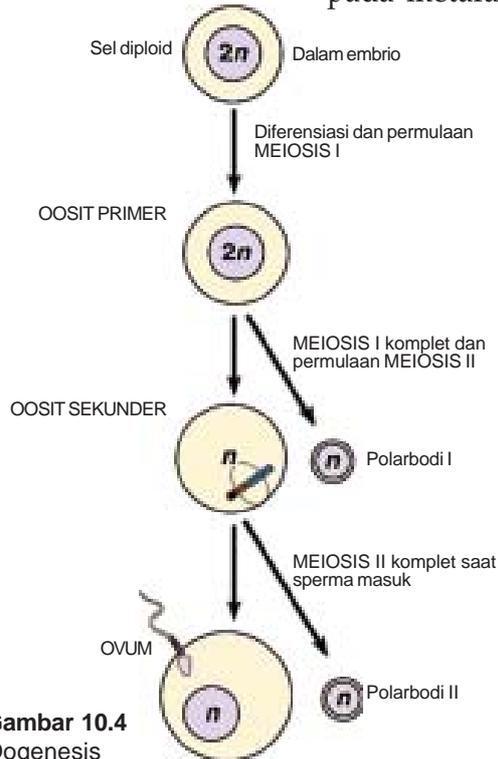
Penyelesaian tahap meiosis I sekitar menjelang ovulasi. Oosit sekunder melanjutkan tahapan meiosis II dan berhenti pada metafase II. Jadi, pada saat ovulasi, yang dikeluarkan

bukan ovum melainkan oosit sekunder pada metafase II. Jika tidak terjadi penetrasi oleh sperma, oosit sekunder mati. Jika terjadi penetrasi sperma, oosit sekunder akan melengkapi tahapan meiosis II. Hasilnya adalah satu sel yang besar disebut ootid dan satu sel yang kecil disebut badan polar kedua. Sedangkan, badan polar I menghasilkan 2 badan polar. Pada saat menjelang terjadinya pelepasan inti sel telur dengan inti sperma, ootid berkembang menjadi ovum (telur).

Ketiga badan polar yang menempel pada ovum tidak berfungsi dan mengalami degenerasi. Dengan demikian, hasil oogenesis adalah sel ovum yang besar dan tiga sel badan polar yang menempel di ovum.

Seperti halnya spermatogenesis, proses oogenesis juga dipengaruhi oleh berbagai jenis hormon. Hormon-hormon tersebut dapat dihasilkan oleh hipofisis, dan ovarium.

Sumber: Image.google.co.id



Gambar 10.4 Oogenesis

## C

### Fertilisasi, Menstruasi, dan Kehamilan

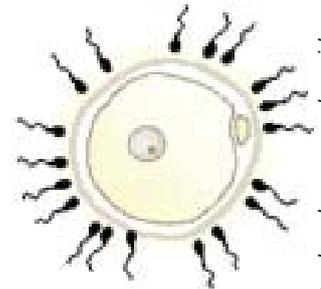
#### 1. Fertilisasi

Setelah sel telur berkembang menjadi matang dan mampu mengadakan penyatuan dengan sperma akan terjadi ovulasi. Sel telur ini akan ditangkap oleh infundibulum, kemudian melewati tuba fallopii. Jika di tuba fallopii terdapat sperma maka akan terjadi pelepasan antara sperma dan sel telur, proses ini disebut dengan *fertilisasi*.

Fertilisasi internal memerlukan kopulasi, yaitu penyimpanan sperma dari alat kelamin jantan ke dalam alat kelamin betina. Biasanya terdapat suatu mekanisme neural dan hormonal yang rumit agar terjadi daya tarik dan perilaku prakopulasi yang diperlukan untuk kopulasi. Pada waktu kopulasi, sperma yang tersimpan terutama di dalam epididimis

disemprotkan oleh kontraksi mendadak dari otot di dalam dan di sekitar saluran reproduksi jantan dan bersamaan dengan itu kelenjar kelamin aksesori mengeluarkan sekresinya. Cairan seminal yang dikeluarkan demikian itu dapat mengandung 400.000.000 sperma. Lendir di dalam cairan seminal berguna sebagai wahana bagi sperma. Setelah semen dideposisikan dalam vagina, enzim proteolitik mengubah lendir tersebut menjadi cairan yang lebih encer agar sperma menjadi sangat motil. Fruktosa merupakan sumber energi bagi sperma, zat basa mencegah matinya sperma karena suasana asam yang lazimnya terdapat di dalam vagina.

Tiap telur hanya dibuahi oleh sebuah sperma, tetapi meskipun demikian jika sperma tidak dilepaskan dalam jumlah jutaan, maka tidak akan terjadi fertilisasi. Salah satu sebabnya ialah hanya sebagian kecil sperma yang dapat sampai ke bagian atas tuba fallopii, yang lainnya hancur di perjalanan. Sel telur masuk ke dalam tuba fallopii masih dilapisi oleh sebagian dari sel folikel yang membungkusnya di dalam ovarium dan sperma tidak dapat menembusnya jika lapisan ini tidak hilang.



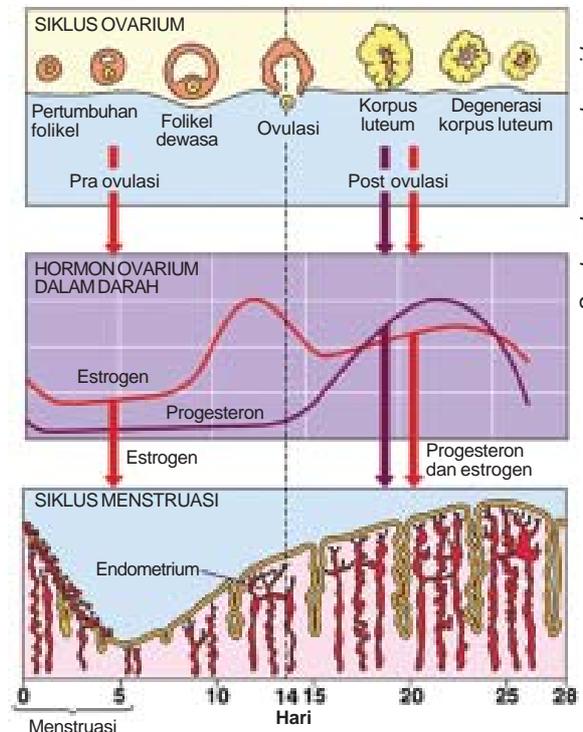
Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 10.5**  
Fertilisasi

## 2. Menstruasi pada Wanita

Pada wanita, jika tidak terjadi pembuahan, maka endometrium akan luruh keluar dari tubuh. Pada umumnya, siklus menstruasi ini terjadi setiap 28 hari. Pada hari pertama sampai keempat belas terjadi pertumbuhan dan perkembangan folikel primer yang dirangsang oleh hormon FSH yang dihasilkan kelenjar hipofisis. Pada perkembangan ini, sel oogonium akan membelah secara meiosis dan menghasilkan satu sel telur yang haploid. Saat folikel berkembang menjadi folikel Graaf yang masak (*folikel de Graaf*), folikel ini juga menghasilkan hormon estrogen yang merangsang keluarnya LH dari hipofisis. Masa pertumbuhan folikel ini disebut *fase folikel*.

Dalam siklus menstruasi, estrogen berfungsi merangsang perbaikan dinding uterus, yaitu endometrium yang habis terkelupas saat menstruasi. Selain itu, estrogen juga menghambat pembentukan FSH dan memerintahkan hipofisis untuk menghasilkan LH yang berfungsi merangsang folikel Graaf yang masak untuk melakukan ovulasi yang terjadi pada hari keempat belas. Selain itu, LH merangsang folikel yang telah kosong ini menjadi badan kuning (*korpus luteum*). Kemudian, badan ini



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 10.6**  
Siklus menstruasi

menghasilkan hormon progesteron yang berfungsi mempersiapkan endometrium untuk menerima embrio sehingga endometrium menjadi tebal dan lembut serta banyak mengandung pembuluh darah. Selain itu, progesteron juga berfungsi menghambat pembentukan FSH dan LH. Adanya progesteron mengakibatkan korpus luteum mengecil dan mengalami degenerasi dan hilang, maka pembentukan progesteron pun terhenti. Akibatnya, pemberian makanan kepada endometrium terhenti, endometrium kemudian mengering dan selanjutnya akan terkelupas dan terjadilah pendarahan (menstruasi).

### 3. Kehamilan dan Persalinan

Pada kehamilan dan persalinan melibatkan perkembangan zigot disertai kerjasama hormon sejak terjadinya pembuahan sampai kelahiran. Setelah ovulasi atau pelepasan sel telur, sel telur akan masuk ke dalam tuba fallopi (oviduk). Di saluran ini, ovum akan dikelilingi oleh banyak sperma, tetapi hanya satu sperma yang dapat membuahi sel telur, sedangkan ekor sperma tertinggal di luar. Kemudian, terjadi persatuan inti sel telur dengan inti sperma membentuk zigot yang mengandung separuh sifat ayah dan separuh sifat ibu.

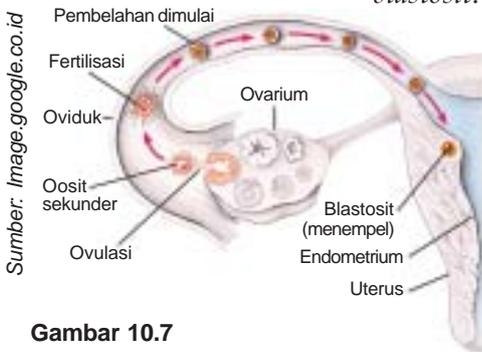
Selanjutnya, zigot membelah secara mitosis sampai pada bentuk terakhir saat embrio terdiri atas 32 sel dan disebut *morula*. Morula ini kemudian menyerap cairan yang dikeluarkan oleh tuba fallopii, dan segera membentuk rongga blastosel dan disebut *blastosit*. Lapisan terluar blastosit disebut *trofoblas*. Blastosit ini

bergerak menuju uterus untuk mengadakan implantasi (perlekatan dengan dinding uterus). Selama proses ini, korpus luteum membentuk hormon progesteron untuk mengadakan persiapan implantasi dengan merangsang pertumbuhan dinding uterus. Dinding uterus menjadi tebal, lunak, dan lembut, serta mengeluarkan sekret seperti air susu (uterin milk) sebagai makanan embrio. Selanjutnya, dinding rahim atau endometrium akan membuat hormon progesteron sehingga mencegah terjadinya menstruasi.

Setelah menjadi blastosit, zigot berkembang menjadi trofoblas, kemudian embrio dan akhirnya menjadi janin. Janin ini mendapat makanan dari tubuh induknya dengan perantaraan plasenta (ari-ari atau tembuni). Selaput pembungkus embrio terdiri atas amnion, korion, saku vitelinus dan alantois.

#### 1) Saku vitelinus (kantong kuning telur)

Saku vitelinus terletak di antara amnion dan plasenta, merupakan tempat pemunculan sel-sel darah dan pembuluh-pembuluh darah yang pertama. Selaput-selaput



**Gambar 10.7**  
Perkembangan zigot dari fertilisasi sampai implantasi



Apa fungsi plasenta bagi perkembangan janin? Diskusikanlah dengan teman sebangkumu.

tersebut berfungsi untuk melindungi embrio terhadap kekeringan dan guncangan-guncangan dan membantu proses pernapasan, ekskresi dan fungsi-fungsi penting lainnya selama kehidupannya didalam rahim.

## 2) Amnion

Amnion merupakan selaput yang menghasilkan getah berupa air ketuban yang berguna untuk menjaga embrio tetap basah dan tahan guncangan.

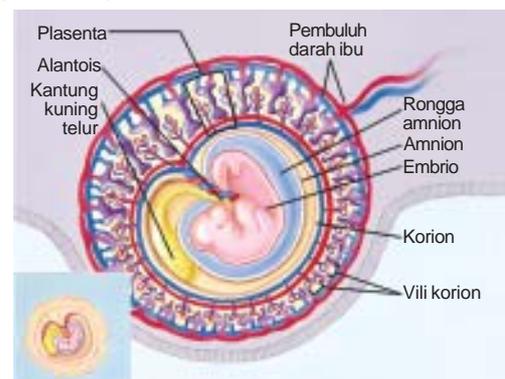
## 3) Korion

Korion merupakan selaput yang terdapat di sebelah luar amnion. Korion mengandung banyak pembuluh-pembuluh darah yang berhubungan dengan peredaran darah induknya dengan perantaraan plasenta (tembuni).

## 4) Alantois

Alantois terletak di dalam tali pusat. Jaringan epitelnya menghilang dan yang menetap adalah pembuluh-pembuluh darah yang berfungsi untuk menghubungkan siokulasi embrio dengan plasenta.

Bila pertumbuhan dan perkembangan janin telah sempurna, janin akan keluar melalui vagina. Selubung janin akan pecah, diikuti keluarnya plasenta. Pada saat proses kehamilan, progesteron dan estrogen merangsang pertumbuhan kelenjar air susu, tetapi setelah kelahiran hormon prolaktin yang dihasilkan kelenjar hipofisis yang merangsang produksi air susu.



Sumber: Image.google.co.id

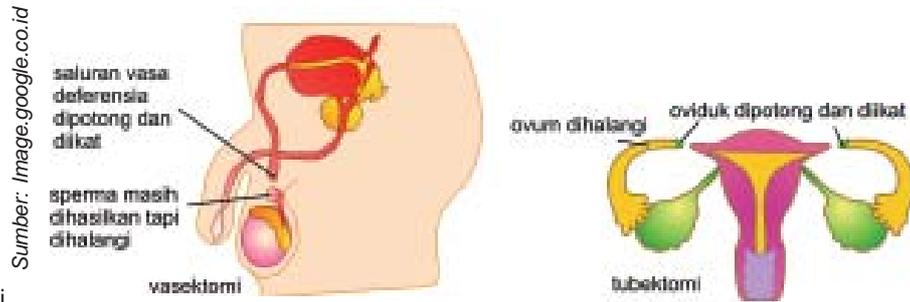
**Gambar 10.8**  
Selaput pembungkus embrio

Saat ini, pertumbuhan penduduk mengalami perkembangan pesat. Dengan lahan hidup yang tetap maka pertumbuhan penduduk yang tinggi dapat menimbulkan masalah di berbagai bidang, seperti sandang, pangan, papan, dan kesehatan. Untuk mengatasi masalah ini, pemerintah melakukan upaya pengaturan kelahiran disebut program keluarga Berencana (KB).

Program KB dapat dilakukan dengan menggunakan alat-alat buatan maupun dengan sistem kalender (tidak melakukan hubungan di saat subur). Selain itu, terdapat metode KB yang sifatnya permanen, yaitu vasektomi dan tubektomi. Vasektomi

## D Alat Kontrasepsi

adalah pemotongan vasa deferensia yang kemudian tiap-tiap ujung potongan diikat. Tubektomi adalah pemotongan oviduk yang kemudian tiap-tiap ujung potongan diikat.

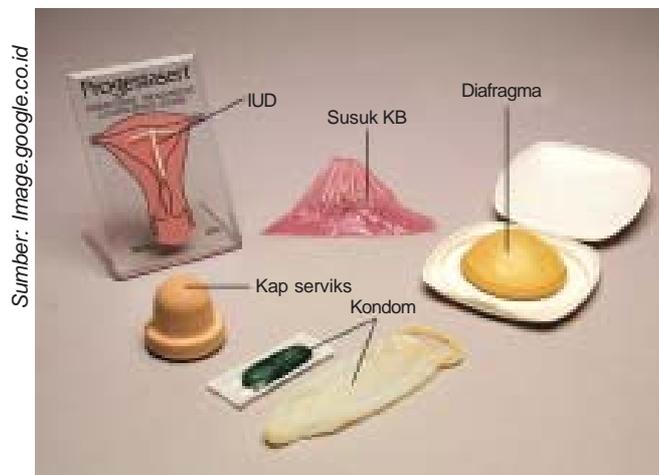


**Gambar 10.9**  
Vasektomi dan tubektomi

Alat-alat yang dipergunakan untuk mengatur kelahiran dan cara kerjanya dapat dilihat pada Tabel 10.1 berikut ini.

**Tabel 10.1** Nama dan Mekanisme Kerja Alat KB

Nama Alat	Mekanisme	Akibat
Pil	Pil yang mengandung hormon ini diminum tiap hari.	Hipofisis anterior tidak mengeluarkan FSH dan LH
Suntikan depoprovera	Suntikan progesteron seperti steroid dilakukan 4 kali setahun.	Hipofisis anterior tidak mengeluarkan LH dan FSH.
Susuk KB	Tabung progestin (dibuat dari progesteron) ditanam di bawah kulit.	Hipofisis anterior tidak mengeluarkan LH dan FSH.
IUD (spiral)	Gulungan plastik dimasukkan ke dalam uterus.	Mencegah implantasi.
Spon vagina	Spon yang diberi <i>sperinicide</i> (pembunuh sperma) dimasukkan ke vagina.	Membunuh sperma yang masuk.
Diafragma	Cawan plastik di masukkan pada vagina untuk menutup serviks.	Menghalangi sperma masuk vagina.
Karet KB	Dipakai untuk menyelu-bungi penis.	Mencegah sperma masuk vagina.



**Gambar 10.10**  
Alat-alat KB

## E

**Air Susu Ibu (ASI)**

Setelah terjadi kelahiran, bayi membutuhkan makanan yang kaya akan nutrisi, yaitu ASI (air susu ibu). Sejak lahir sampai berusia 6 bulan, ASI merupakan sumber nutrisi utama bayi. ASI memiliki komposisi sempurna yang sesuai kebutuhan bayi.

ASI memiliki glukosa, albumin dan kandungan air lebih tinggi dibandingkan air susu yang lain. Glukosa sangat diperlukan bayi untuk tumbuh dan menghasilkan energi. Albumin adalah protein untuk mencerdaskan bayi dan sangat baik untuk pertumbuhannya. ASI memiliki beberapa kelebihan, antara lain:

- 1) Saat baru belajar menyusui, hisapan bayi merangsang keluarnya air susu. Sehingga, bayi tidak mengalami kesulitan menyusui.
- 2) ASI steril sehingga mudah dicerna oleh bayi dan mengandung antibodi.
- 3) Memberi ASI memerlukan kalori sehingga mempercepat pengurangan bobot badan ibu setelah melahirkan.
- 4) Menambah ikatan emosi antara ibu dan anak.
- 5) Sebagai salah satu pencegah kehamilan, bila ibu memberi ASI eksklusif (tanpa makanan tambahan apapun).
- 6) Untuk menghemat pengeluaran.

Asi merupakan susu dengan komposisi sempurna yang tidak bisa digantikan oleh susu formula. Tetapi, karena kondisi tertentu ibu tidak bisa memberi ASI. Beberapa kondisi yang menyebabkan ibu tidak dapat menyusui, antara lain:

### 1. Hambatan Psikis

Hambatan psikis ini disebabkan karena kurangnya dukungan dari suami atau keluarga sehingga sang ibu tidak merasa nyaman untuk menyusui. Selain itu, karena ibu mengalami depresi pasca kelahiran atau ibu merasa jera karena rasa sakit saat awal menyusui.

### 2. Hambatan Fisik

Hambatan fisik ini disebabkan karena beberapa hal, antara lain kesehatan ibu tidak memungkinkan untuk menyusui, air susu tidak keluar, atau karena ibu mengkonsumsi obat-obatan tertentu sehingga tidak diperbolehkan memberi ASI pada bayi.



Diskusikan dengan teman sebangkumu.

Apa kelebihan ASI dibandingkan susu formula, apabila dilihat dari kandungan gizinya.

## F Kelainan atau Penyakit pada Sistem Reproduksi

Kelainan atau penyakit pada sistem reproduksi ada beberapa macam, antara lain:

### 1. Kanker Leher Rahim

Kanker leher rahim adalah kanker yang menyerang leher rahim perempuan melalui tahap-tahap pra-kanker (displasia ringan), displasia berat, kanker yang belum menyebar dan kanker yang akan menyebar. Pada stadium lanjut, kanker ini memiliki gejala pendarahan setelah senggama, pendarahan setelah menopause dan keputihan atau keluar cairan kekuning-kuningan, berbau dan bercampur dengan darah.

### 2. Kanker Ovarium

Kanker ovarium adalah kanker yang menyerang indung telur kiri atau kanan, atau kedua-duanya. Kanker indung telur biasanya menyerang perempuan yang sudah menopause (berumur 50 tahun ke atas).

### 3. Endometriosis

Endometriosis adalah penyakit pada sistem reproduksi wanita. Hal ini disebabkan oleh jaringan endometrium tumbuh di luar rahim, seperti serviks atau vagina.

### 4. Hamil Anggur (*Mola Hidatidosa*)

Hamil anggur merupakan suatu kehamilan yang tidak berisi janin, tetapi berisi gelembung-gelembung mola dan bekuan darah. Hamil anggur dapat menyebabkan kesakitan atau kematian karena pendarahan, tembusnya dinding rahim oleh proses mola dan infeksi.

### 5. Kanker Prostat

Kanker prostat adalah kanker yang menyerang kelenjar prostat pada pria. Kanker ini menyebabkan sel-sel dalam kelenjar prostat tumbuh abnormal dan tidak terkendali. Kanker prostat biasanya menyerang pria usia 60 tahun ke atas.

### 6. Gonorrhoe (kencing nanah)

Penyakit gonorrhoe adalah penyakit kelamin yang disebabkan oleh bakteri *Neisseria gonorrhoeae*. Penyakit kelamin ini bisa menular melalui seks bebas. Gejalanya adalah keluar

cairan berwarna putih, rasa nyeri pada saat buang air kecil, pada pria mulut uretra bengkak dan agak merah.

### 7. Sifilis (Raja singa)

Penyakit sifilis disebabkan oleh bakteri *Treponema pallidum*. Penyakit ini menular melalui hubungan seksual. Gejala yang timbul adalah luka pada kemaluan, bintik atau bercak merah di tubuh, kelainan saraf, jantung, pembuluh saraf, dan kulit.

### 8. Herpes Genitalis

Penyakit herpes genitalis disebabkan oleh virus herpes simpleks. Gejala yang timbul adalah bintil-bintil berkelompok pada kemaluan, hilang dan timbul, akhirnya menetap seumur hidup.

### 9. Condiloma Accuminata

Penyakit condiloma accuminata disebabkan oleh virus *Human papilloma*. Penyakit ini ditandai dengan timbulnya kutil yang dapat membesar dan akhirnya dapat menimbulkan kanker mulut rahim.

### 10. Infertilitas

Infertilitas atau ketidaksuburan dapat terjadi pada pria atau wanita. Pada pria infertilitas terjadi karena adanya penyakit, seperti impotensi, ejakulasi dini, adanya sumbatan pada saluran sperma, adanya kelainan gerak sperma dan kerusakan testis. Sedangkan, pada wanita disebabkan oleh kelainan lendir leher rahim, adanya tumor, adanya sumbatan pada saluran telur, menstruasi tidak teratur dan karena obesitas.



Kamu telah mempelajari sistem reproduksi manusia. Hal-hal penting apa sajakah yang harus diketahui dalam mempelajarinya? Catatlah dalam bentuk rangkuman. Kemudian, tukarlah hasil rangkumanmu dengan rangkuman teman. Berikan masukan dan saran pada rangkuman masing-masing.

## Daftar Istilah

<b>Alantois</b>	= kantong yang terdapat pada embrio yang berfungsi sebagai alat respirasi nutrisi dan ekskresi.
<b>Amnion</b>	= selaput janin.
<b>Diploid</b>	= memiliki dua perangkat kromosom, yang jumlahnya dua kali jumlah haploidnya.
<b>Endometrium</b>	= selaput lendir kelenjar yang melapisi rahim.
<b>Fertilisasi</b>	= penyatuan gamet jantan dan gamet betina untuk membentuk zigot.
<b>Haploid</b>	= satu set kromosom yang tidak berpasangan.
<b>Implantasi</b>	= proses penempelan embrio pada dinding uterus.
<b>Luruh</b>	= sifat organ yang lepas atau gugur dengan sendirinya dari pembawanya.
<b>Oogenesis</b>	= proses pembentukan sel telur di dalam ovarium.
<b>Ovulasi</b>	= proses terlontarnya ovum dari ovarium.
<b>Ovum</b>	= gamet betina berupa sel telur yang tidak dibuahi.
<b>Spermatogenesis</b>	= proses pembentukan sperma di dalam testis.
<b>Vivivar</b>	= menghasilkan keturunan hidup langsung dari dalam tubuh tetuanya.

## M a r i B e r k o m p e t e n s i

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat di setiap soal-soal berikut.

1. Reproduksi seksual melibatkan dua individu yang masing-masing menyumbangkan satu sel reproduktif khusus yang disebut ....
  - a. gamet
  - b. zigot
  - c. embrio
  - d. spermatogenesis
  - e. oogenesis
2. Testis merupakan alat reproduksi jantan. Alat ini berfungsi untuk menghasilkan ....
  - a. air seni dan sperma
  - b. sperma dan hormon
  - c. sperma, hormon, dan enzim
  - d. sperma
  - e. enzim, hormon, air seni dan sperma
3. Proses peleburan antara sel sperma dengan ovum disebut ....
  - a. mitosis
  - b. penyerbukan
  - c. fertilisasi
  - d. meiosis
  - e. gametogenesis
4. Pada manusia, fertilisasi terjadi di ....
  - a. ovarium
  - b. oviduk atau tuba fallopii
  - c. uterus dan ovarium
  - d. uterus
  - e. vagina
5. Spermatozoa manusia terbentuk di ....
  - a. vas deferens
  - b. tubulus seminiferus
  - c. testis
  - d. epididimis
  - e. vas eferensia
6. Lepasnya sel telur dari folikel disebut ....
  - a. menstruasi
  - b. menopause
  - c. fertilisasi
  - d. singami
  - e. ovulasi
7. Pada saat terjadi kehamilan, janin akan melekat di ....
  - a. ovarium
  - b. oviduk
  - c. uterus
  - d. vas deferent
  - e. vagina
8. Spermatogenesis adalah ....
  - a. proses pembentukan sperma
  - b. dikeluarkannya sperma pada saat kopulasi
  - c. penghambatan keluarnya sperma
  - d. proses pembentukan sel telur atau ovum
  - e. bertemunya sperma dan ovum
9. Dalam spermatogenesis, satu buah spermatogonium menghasilkan .... buah sperma
  - a. 1
  - b. 2
  - c. 3
  - d. 4
  - e. 5
10. Hormon pada pria, di antaranya adalah ....
  - a. hormon testosteron
  - b. hormon estrogen
  - c. hormon progesteron
  - d. hormon prolaktin
  - e. hormon estrogen dan prolaktin
11. Alat KB yang berfungsi mencegah implantasi adalah ....
  - a. Spon Vagina
  - b. Karet KB
  - c. Spirat
  - d. Susuk KB
  - e. Pil

12. Alat KB yang berfungsi membunuh sperma yang masuk, adalah ....
- Spon vagina
  - Karet KB
  - Spiral
  - Susuk KB
  - pil
13. Pernyataan tentang ASI di bawah ini benar, *kecuali* ....
- Asi meningkatkan kasih sayang terhadap ibu dan anak
  - Asi lebih steril
  - Asi mengandung anti bodi
  - Asi bisa membunuh kuman
  - Asi lebih mahal
14. Virus *human papilloma* menyebabkan penyakit ....
- sifilis
  - gonorrhoe
  - herpes genitalis
  - condiloma accuminata
  - hamil anggur
15. Jika terdapat luka pada kemaluan, bintik atau bercak di tubuh dan kelainan saraf, jantung atau pembuluh saraf. Maka orang tersebut menderita penyakit ....
- sifilis
  - gonorrhoe
  - herpes genitalis
  - condiloma accuminata
  - hamil anggur

**B. Jawablah soal-soal berikut dengan singkat dan jelas.**

- Jelaskan apa yang dimaksud dengan gametogenesis.
- Apa sajakah perbedaan antara spermatogenesis dan oogenesis?
- Apakah yang dimaksud dengan fertilisasi?
- Apakah yang dimaksud dengan ovulasi?
- Jelaskan secara singkat perkembangan zigot hingga menjadi janin.

Peta Konsep



Sistem pertahanan tubuh, ibarat tentara sebuah negara yang bertugas untuk mencegah dan melindungi negara dari serangan pihak-pihak asing yang menyerang, merusak, dan menguasai negara tersebut. Manusia dan hewan memiliki sistem pertahanan tubuh yang disebut sistem kekebalan tubuh atau *imunitas*. Setelah mempelajari bab ini, kamu akan mengetahui sistem kekebalan tubuh. Mari cermati uraiannya.

## A Mekanisme Sistem Kekebalan Tubuh

Sistem imun atau kekebalan tubuh merupakan sekelompok sel, molekul, dan organ yang bersama-sama secara aktif mempertahankan tubuh dari serangan benda-benda asing yang menyebabkan penyakit, seperti virus, bakteri, dan jamur. Kesehatan tubuh tergantung kemampuan sistem imun dalam mengenal, menolak dan menghancurkan bibit-bibit penyakit tersebut. Kemampuan ini disebut *respon imun*.

Respon imun memiliki dua mekanisme, yaitu respon imun yang dilakukan oleh sel-sel darah putih (lewat sel) dan respon imun yang dilakukan oleh molekul protein yang tersimpan di dalam limfa dan plasma darah yang disebut antibodi. Respon imun yang dilakukan oleh antibodi disebut juga respon humoral (imunitas humoral). Kekebalan tubuh dapat dibagi menjadi dua tipe, yaitu kekebalan bawaan (*innate immunity*) dan kekebalan perolehan atau adaptasi. Untuk lebih mengetahui kedua tipe kekebalan tubuh tersebut, mari cermati uraian berikut ini.

### 1. Kekebalan Bawaan

Kekebalan bawaan disebut juga kekebalan tidak spesifik. Kekebalan ini merupakan garis utama tubuh yang pertama melawan semua agen asing yang masuk ke dalam tubuh. Alat yang menghalangi dalam imunitas bawaan, seperti kulit, air mata, mukus, dan air ludah yang mencegah laju peradangan setelah terjadi luka atau infeksi. Mekanisme kekebalan bawaan adalah menghalangi masuknya dan penyebaran penyakit, tetapi jarang mencegah penyakit secara keseluruhan.

### 2. Kekebalan Adaptasi

Kekebalan ini disebut juga dengan kekebalan spesifik, jika garis pertama kekebalan tubuh mendapat serbuan maka sel, molekul dan organ dari sistem imun menghasilkan suatu imun yang spesifik untuk melawan agen yang disesuaikan dengan jenis agen penyerang tersebut. Sehingga, sistem imun ini akan bekerja untuk melawan bila agen asing menyerang lagi.

## B

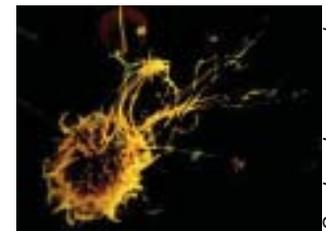
## Komponen Sistem Kekebalan Tubuh

Kemampuan sistem imun dalam memberikan respon pada penyakit tergantung pada interaksi yang kompleks antara komponen sistem imun dan antigen yang merupakan agen-agen patogen atau agen penyebab penyakit. Antigen merupakan bahan-bahan asing yang masuk ke dalam tubuh. Jaringan dan organ yang berperan dalam sistem imun berada di bagian seluruh tubuh. Pada manusia dan mamalia lain, organ-organ pusat sistem imun adalah sumsum tulang.

Sumsum tulang yang ada dalam tulang mengandung sel-sel batang yang menghasilkan atau memproduksi sel-sel darah, salah satunya adalah sel darah putih. Masih ingatkah kamu macam-macam sel darah putih? Sel darah putih yang memiliki peranan utama dalam sistem imunitas atau kekebalan tubuh adalah limfosit yang akan berkembang menjadi makrofag. Perkembangan limfosit menjadi makrofag dilakukan oleh monosit.

### 1. Makrofag

Makrofag menjalankan fungsinya sebagai sistem imun dengan melakukan fagositosis terhadap bahan-bahan asing atau bakteri yang masuk ke dalam tubuh. Proses fagositosis terjadi dengan cara mengelilingi, kemudian memakan dan menghancurkan antigen tersebut, proses ini merupakan bagian dari reaksi peradangan. Makrofag juga mempunyai peran yang penting dalam imun adaptif, dalam hal ini makrofag akan mengambil antigen dan mengantarkannya untuk dihancurkan oleh komponen-komponen imun lain dalam sistem imun adaptif.



Sumber: Image.google.co.id

Gambar 11.1  
Makrofag

### 2. Limfosit

Apabila dilihat di bawah mikroskop, maka akan tampak bahwa limfosit mempunyai bentuk yang sama, tetapi memiliki fungsi yang berbeda-beda. Limfosit dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu limfosit B dan limfosit T. Kehidupan limfosit T dimulai di dalam sumsum tulang, dan segera menuju ke timus untuk berdiferensiasi lebih lanjut dan siap menjalankan fungsinya. Limfosit B diproduksi dan dewasa di dalam sumsum tulang, namun aktif menjalankan peran sebagai imunitas bila sudah meninggalkan sumsum tulang.

Sistem imun memiliki tugas utama, salah satunya adalah membentuk pertahanan terhadap benda-benda asing (antigen) yang masuk ke dalam tubuh. Sumsum tulang dan timus secara umum berperan untuk sistem pertahanan. Sebelum menjalankan fungsinya, limfosit B maupun limfosit T keluar



Mengapa orang yang pernah terkena penyakit cacar, tubuhnya kebal terhadap cacar? Diskusikan dengan temanmu.

dari sumsum tulang dan timus berada di jaringan-jaringan tubuh, seperti limpa, kelenjar limfa dan tonsil. Apabila ada antigen, misalnya bakteri yang berada pada jaringan, maka oleh cairan limfa dibawa ke kelenjar limfa. Di kelenjar ini, bakteri akan dihancurkan oleh makrofag melalui suatu proses yang puncaknya terjadi respon imun humoral atau respon diperantarai sel, atau kedua-duanya.

Respon imun sel dilakukan oleh limfosit T. Jika limfosit T kebal terhadap suatu antigen tertentu, dan menjumpai antigen itu kembali maka limfosit T akan mempersiapkan sel-sel lain, misalnya makrofag untuk bertindak. Peranan limfosit B adalah memproduksi antibodi. Dalam respon humoral yang dilakukan limfosit B memerlukan bantuan limfosit T juga. Dengan limfosit T memungkinkan limfosit B yang spesifik bagi suatu antigen, untuk memperbanyak diri dan berkembang menjadi sel-sel plasma. Sel-sel plasma inilah yang mensekresikan antibodi.

### 3. Reseptor Antigen

Salah satu karakteristik imunitas adaptasi adalah kekhususan spesifikasi. Spesifikasi, artinya setiap zat anti yang dihasilkan oleh tubuh hanya mampu untuk melawan antigen tertentu. Di antara respon tersebut adalah menyesuaikan tipe yang spesifik dari antigen. Limfosit akan memproduksi reseptor antigen, yang memiliki struktur yang spesifik untuk mengikuti dan sesuai dengan struktur antigen seperti kunci dan gemboknya. Limfosit dapat membuat berjuta-juta macam reseptor antigen.

### 4. Sel Pengenal Antigen

Saat antigen memasuki tubuh, ada suatu molekul transpor yang bertugas mengenali antigen tersebut untuk limfosit T. Molekul transpor tersebut adalah *Major Histocompatibility* (MHC) dikenal dengan molekul MHC. Molekul MHC kelas I berfungsi sebagai pengenal antigen untuk sel T pembunuh, dan molekul MHC kelas II sebagai pengenal antigen untuk sel T pembantu.

Pengenalan terhadap benda asing merupakan ciri khas yang dimiliki sistem imunitas dalam tubuh. Tubuh mampu membedakan kuman tertentu sehingga respons kebal yang dihasilkan juga berbeda. Misalnya, tubuh mampu membedakan kuman campak dan cacar. Hal ini, menunjukkan bahwa sistem kekebalan tubuh mempunyai daya ingat terhadap benda asing atau antigen yang menyerang tubuh. Sel tubuh yang memiliki kemampuan untuk mengingat benda asing yang pernah menginfeksi disebut *sel memori*.

Respons imunitas humoral merupakan respons imun dari tubuh yang terjadi setelah agen yang masuk ke dalam tubuh. Makrofag akan memakan antigen dan dibawa untuk dikenali oleh sel T pembantu. Adanya antigen ini memicu sel T pembantu (penolong) mensekresikan molekul yang disebut *interleukin*. Interleukin adalah molekul yang mengaktifkan limfosit B untuk mengikat antigen. Kemudian, sel B mensekresikan antibodi. Antibodi berfungsi mengikat antigen dan menghancurkannya.

### 1. Struktur Antibodi

Antibodi merupakan suatu protein yang memiliki bentuk seperti huruf Y, dan disebut imunoglobulin (Ig). Imunoglobulin ini hanya diproduksi oleh sel B, imunoglobulin yang berbentuk huruf Y ini, pada ujung percabangannya bertugas mengikat antigen; dan dasar huruf Y yang menentukan bagaimana antibodi menghancurkan antigen tersebut. Jenis-jenis antibodi adalah Ig M, Ig A, Ig D, dan Ig E.

### 2. Pengeluaran Antibodi

Bagaimanakah antibodi dikeluarkan oleh tubuh? Langkah pertama adalah penelanan antigen yang masuk ke dalam tubuh oleh sel-sel fagosit (makrofag), selanjutnya dengan suatu cara tertentu sel-sel fagosit berinteraksi dengan limfosit. Terkadang sebelum antigen masuk, tubuh telah memiliki limfosit yang mampu mengenali antigen tersebut. Hal ini ditunjukkan dengan adanya proses fagositosis. Dengan adanya fagositosis maka limfosit akan menyatu dengan antigen. Menyatunya antigen dengan limfosit terjadi di reseptor di permukaan sel yang identik sampai akhirnya antibodi dikeluarkan.

Sekali antigen melekat pada reseptor limfosit yang sesuai akan merangsang limfosit menghasilkan limfoblas dan akhirnya berkembang menjadi sel-sel plasma. Sel-sel plasma inilah yang akan menghasilkan antibodi.

### 3. Alergi

Tahukah kamu apa yang dimaksud dengan alergi? Contohnya, apabila kamu makan tiram maka timbul gatal-gatal pada kulitmu. Respon ini merupakan respon imun yang disebut *alergi*. Dalam peristiwa alergi limfosit T sangat berperan, selain itu antibodi juga berperan.

Apabila orang terkena suatu alergen, antibodi IgE akan merangsang sel *mast* mengeluarkan histamin. Karena pengaruh histamine ini, maka orang akan merasa gatal-gatal, kulit

## C

### Respon Imunitas Humoral



Coba carilah informasi tentang peranan jenis antibodi dalam respons imun. Kemudian, diskusikan hasilnya dengan teman sekelompokmu.

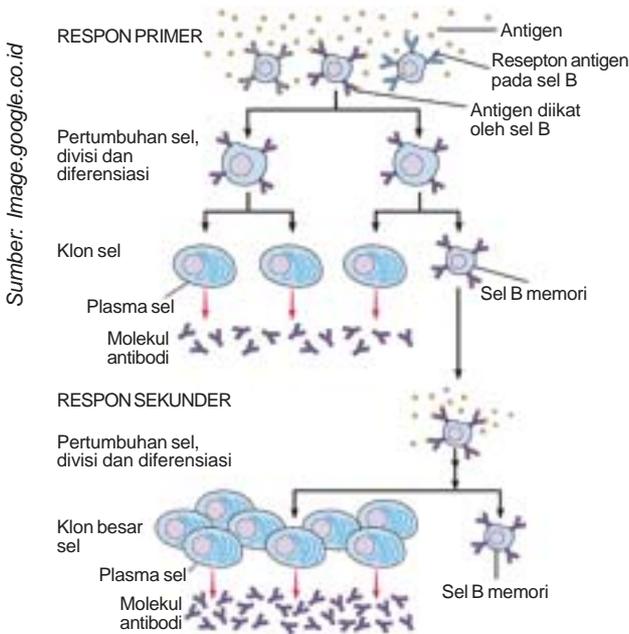
melepuh, kulit merah-merah, bersin-bersin, dan mata bengkak. Untuk meringankan penderitaan ini, biasanya akan diberi antihistamin untuk menghalangi efek histamin.

## D Respon Sekunder

Apabila tubuh telah sembuh dari suatu infeksi, maka antibodi yang melawan antigen penyebab infeksi akan menurun secara bertahap selama berminggu-minggu bahkan bertahun-tahun. Sehingga, antibodi tidak bisa terdeteksi lagi. Namun, apabila suatu saat terjadi infeksi lagi oleh antigen yang sama maka antibodi akan diproduksi kembali, dan terjadilah respons yang jauh lebih besar terhadap antigen tersebut. Peristiwa inilah yang disebut *respon sekunder*. Proses ini terjadi karena adanya sel-sel limfosit memori yang mampu mengenali antigen.

### 1. Lapisan Pertahanan Tubuh yang Pertama

Lapisan pertahanan tubuh yang pertama adalah kulit dan selaput dari tubuh. Lapisan ini akan melindungi tubuh dari serbuan antigen. Namun, jika kulit atau lapisan lendir ini mampu ditembus antigen dan masuk ke dalam tubuh, maka di tempat tersebut akan terjadi peradangan kecil oleh infeksi penyakit yang disebabkan antigen. Di tempat peradangan tersebut akan timbul rasa panas, nyeri, denyutan-denyutan akan lebih terasa, atau bahkan terjadi pembengkakan bernanah (bisul). Mengapa hal ini bisa terjadi? Saat antigen berhasil menembus kulit atau selaput lendir maka di tempat masuknya antigen akan terjadi peningkatan aliran darah. Dengan adanya peningkatan aliran darah ini, maka suhu di tempat itu meningkat, sel-sel darah putih akan lebih banyak yang dibawa. Sel-sel darah putih akan menghancurkan antigen tersebut. Hal ini menyebabkan timbulnya bisul atau abses. Dalam abses terdapat nanah yang berisikan serum, sel darah putih dan hancuran antigen. Dalam mekanisme ini, antigen dapat berupa apa saja, seperti bakteri, jamur, atau virus.



**Gambar 11.2**  
Respons sekunder



Coba kamu cari informasi tentang respon imun terhadap transplantasi organ dalam tubuh seseorang. Kumpulkan hasilnya pada guru.

### 2. Lapisan Pertahanan Tubuh yang Kedua

Apabila infeksi oleh antigen tidak dapat diatasi oleh lapisan pertahanan tubuh yang pertama, antigen masuk ke dalam aliran darah, maka sistem lapisan pertahanan tubuh yang kedua akan

bertindak. Lapisan ini adalah sistem kelenjar getah bening (limfatik). Cairan getah bening yang mengandung limfosit akan mengikat antigen dan dibawa ke kelenjar getah bening, di sinilah antigen akan dihancurkan.

Imunisasi adalah pemberian perlindungan pada tubuh dari serangan penyakit dengan memberikan vaksin. Vaksin adalah suatu suspensi yang berisi bakteri atau virus yang telah dilemahkan atau dimatikan sehingga dapat menimbulkan kekebalan (imunitas). Jika kekebalan muncul karena respon dari adanya infeksi dan dapat sembuh, disebut kekebalan alamiah. Bila kekebalan timbul karena dibuat, contohnya karena vaksin maka disebut kekebalan buatan. Jenis kekebalan dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu kekebalan aktif dan kekebalan pasif.

### 1. Kekebalan Aktif

Kekebalan aktif terjadi apabila tubuh memperoleh sistem imun secara aktif dan menghasilkan respons imun utama. Kekebalan aktif terjadi melalui dua cara, yaitu kekebalan alami dan vaksinasi. Kekebalan alami diperoleh jika tubuh menderita sakit dan cepat pulih kembali. Respons imun utama terjadi selama tubuh sakit, sehingga respon sekunder akan meningkat setiap waktu, dan akhirnya tubuh akan terlindungi dari penyakit. Kekebalan alami akan berkembang selama penyakit menyerang. Setelah tubuh pernah terkena penyakit, maka selanjutnya tubuh akan kebal.

Cara kedua, yaitu kekebalan diperoleh karena pemberian vaksin. Dengan pemberian vaksin, memicu tumbuhnya sistem kekebalan tubuh terhadap jenis antigen yang diberikan dalam vaksin.

### 2. Kekebalan Pasif

Jenis kekebalan pasif ini adalah mekanisme pertahanan tubuh yang tidak dirangsang. Kekebalan ini dilakukan dengan memberikan zat antitoksin. Zat antitoksin suatu zat pertahanan kimia diberikan langsung ke dalam tubuh. Contohnya, jika seorang anak menderita sakit yang membahayakan dan sebelumnya belum pernah diimunisasi. Maka anak tersebut akan diberi atau disuntik pencegahan. Kekebalan ini hanya bersifat sementara.

## E Imunisasi



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 11.3**  
Imunisasi melalui suntikan



Carilah informasi ke puskesmas, rumah sakit atau petugas kesehatan tentang jenis-jenis vaksin. Buatlah laporannya dan kumpulkan pada guru.



Kamu telah mempelajari sistem kekebalan tubuh. Hal-hal penting apa sajakah yang harus diketahui dalam mempelajarinya? Catatlah dalam bentuk rangkuman. Kemudian, tukarlah hasil rangkumanmu dengan rangkuman teman. Berikan masukan dan saran pada rangkuman masing-masing.

## Daftar Istilah

Alergi	= reaksi antigen antibodi yang ditandai oleh respons fisiologis yang berlebihan, terhadap suatu zat pada individu yang rentan.
Antibodi	= protein imunoglobulin atau molekul glikoprotein yang dihasilkan tubuh sebagai reaksi akibat masuknya suatu antigen.
Antigen	= senyawa protein atau karbohidrat (seperti toksin atau enzim) yang merangsang terbentuknya antibodi bila diinjeksikan ke dalam tubuh.
Antitoksin	= zat yang terbentuk dalam tubuh dan mampu melawan atau melindungi tubuh dari infeksi atau penyakit.
Limfosit	= tipe sel darah putih yang berfungsi sebagai antibodi dan untuk memperbaiki sel yang rusak.
Makrofag	= leukosit fagosit besar berinti satu yang terdapat dalam jaringan darah tetapi berasal dari monosit darah, berfungsi mengangkut sisa-sisa setelah kerusakan, dan bersifat katalisator dalam pembentukan antibodi.
Vaksin	= siapan antigen yang diberikan secara oral atau melalui suntikan, dengan tujuan merangsang mekanisme pertahanan diri inang terhadap patogen.
Vaksinasi	= pencegahan penyakit melalui imunisasi dengan cara memberikan vaksin secara oral atau melalui suntikan.

## M a r i B e r k o m p e t e n s i

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat di setiap soal-soal berikut.

1. Kemampuan tubuh untuk melawan semua jenis benda asing yang masuk ke dalam tubuh disebut ....
  - a. alergi
  - b. imunitas
  - c. vaksinasi
  - d. imunisasi
  - e. infeksi
2. Molekul yang berperan dalam respon imun imunoral adalah ....
  - a. histamine
  - b. antihistamin
  - c. mast sel
  - d. kelenjar limfa
  - e. makrofag
3. Berikut ini yang termasuk dalam komponen sistem imun, *kecuali* ....
  - a. makrofag
  - b. limfosit
  - c. reseptor sel
  - d. sel pengenal antigen
  - e. alergen
4. Antibodi dihasilkan oleh ....
  - a. limfosit T
  - b. limfosit B
  - c. mast sel
  - d. kelenjar limfa
  - e. makrofag
5. Limfosit T menjadi aktif setelah berada di ....
  - a. sumsum tulang
  - b. timus
  - c. kelenjar limfa
  - d. pembuluh darah
  - e. jaringan
6. Protein antibodi disebut dengan ....
  - a. immunoglobulin
  - b. antigen
  - c. histamine
  - d. limfa
  - e. plasma
7. Immunoglobulin yang pertama kali akan diproduksi jika terjadi respon imun humoral adalah ....
  - a. Ig A
  - b. Ig M
  - c. Ig D
  - d. Ig E
  - e. Ig G
8. Jika tubuh terserang bakteri pneumonia maka immunoglobulin yang berperan adalah ....
  - a. Ig A dan Ig M
  - b. Ig M dan Ig E
  - c. Ig G dan Ig A
  - d. Ig M dan Ig G
  - e. Ig A dan Ig E
9. Benda asing yang masuk ke dalam tubuh disebut ....
  - a. gen
  - b. antigen
  - c. alergi
  - d. histamin
  - e. infeksi
10. Kekebalan yang timbul karena adanya rangsangan timbulnya kekebalan dalam tubuh disebut ....
  - a. kekebalan pasif
  - b. kekebalan aktif
  - c. imunitas
  - d. imunisasi
  - e. vaksinasi
11. Immunoglobulin yang berperan dalam peristiwa alergi adalah ....
  - a. Ig E
  - b. Ig A
  - c. Ig D
  - d. Ig M
  - e. Ig G
12. Molekul yang mengaktifkan limfosit B untuk mengikat antigen adalah ....
  - a. immunoglobulin
  - b. antibodi
  - c. interferon
  - d. interleukin
  - e. antihistamin
13. Dalam peristiwa alergi, zat yang dikeluarkan sel mast adalah ....
  - a. antibodi
  - b. antihistamin
  - c. histamin
  - d. immunoglobulin
  - e. antibodi

14. Lapisan pertahanan tubuh kedua adalah ....
- sistem sirkulasi
  - sistem limfatik
  - sistem respirasi
  - sistem integumen
  - sistem digest
15. Limfosit yang matang di sumsum tulang adalah ....
- Limfosit T
  - Limfosit B
  - Limfosit E
  - Limfosit M
  - Limfosit D

**B. Jawablah soal-soal berikut dengan singkat dan jelas.**

- Apakah yang dimaksud dengan imunitas?
- Jelaskan apa yang dimaksud dengan
  - respon sekunder
  - respon imunitas humoral
  - respon imunitas dengan perantara sel
- Jelaskan perbedaan antara kekebalan aktif dan kekebalan pasif.
- Bagaimanakah antibodi diproduksi?
- Jelaskan tahap-tahap fagositosis oleh makrofag terhadap antigen.

## Daftar Pustaka

- Adisoemarto, S. 1992. *Mengenal Nusantara Jenis-Jenis Fauna Penjati Diri Propinsi*. Bogor: Komisi pengawasan nutfah nasional.
- Depdiknas. 2003. *Kamus Biologi*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Depdiknas. 2006. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Edisi ketiga. Jakarta: Balai Pustaka.
- Depdiknas. 2006. *Standar Isi*. Jakarta: BSNP.
- Eugene P. Odum. 1996. *Dasar-dasar Ekologi*. Edisi ketiga. Yogyakarta: Gadjah Mada University.
- Fenner Frank J, dkk. 1995. *Virologi Veteriner*. Edisi kelima. California: Academic Press. Inc.
- <http://id.wikipedia.org/wiki/kompos.htm>
- <http://id.wikipedia.org/wiki/pencemaran.htm>
- Idjah Soemarto, dkk. 1981. *Biologi Umum II*. Jakarta: PT Gramedia.
- Kimbal, John W. 1994. *Biologi*. Jilid 1, 2, dan 3. Edisi kelima. Jakarta: Erlangga.
- Kindesley, Dorling. 2002. *Jendela IPTEK Kehidupan*. Jakarta: Balai Pustaka.
- . 2002. *Jendela IPTEK Ekologi*. Jakarta: Balai Pustaka.
- [library.thinkquest.org/26153/marine](http://library.thinkquest.org/26153/marine).
- Microsoft Encarta Library 2005.
- Microsoft Encarta Library 2006.
- [panduwibowoputro.blog-city.com](http://panduwibowoputro.blog-city.com).
- Pearce, Evelyne. 1997. *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Soemarwoto, Otto. 1983. *Ekologi Lingkungan Hidup dan Pembangunan*. Jakarta: Penerbit Djambatan.
- Solomon, et al. 1993. *Biology*. Third Edition. Forth Worth: Sounders-College Publishing.
- Stern, Kingsley R. *Introductory Plant Biology*, Fourth Edition.
- Syaifuddin, H. 2000. *Fungsi Sistem Tubuh Manusia*. Jakarta: Widya Medika.
- Syaifuddin, H. 2000. *Struktur dan Komponen Tubuh Manusia*. Jakarta: Widya Medika.
- Tim Kashiko. 2002. *Kamus Lengkap Biologi*. Surabaya: Kashiko Press.
- [www.e-edukasi.net.htm](http://www.e-edukasi.net.htm). 2005. *Dunia Sains Ekologi*. Jakarta: Elekmedia Komputindo.
- [www.jatam.org/indonesia/case/migas/pencemaran\\_minyak/pseribu/index.php.htm](http://www.jatam.org/indonesia/case/migas/pencemaran_minyak/pseribu/index.php.htm).
- [www.menlh.go.id/airnet/Artikel01.htm](http://www.menlh.go.id/airnet/Artikel01.htm).
- [www.unsrat.ac.id.htm](http://www.unsrat.ac.id.htm).

## Indeks

### A

Akromegali, 149  
Aktin, 9, 16  
Ansa henk, 126  
Augmentasi, 126, 127, 132,  
133, 134

### B

Bartholini, 167  
Bintik buta, 154  
Blastosit, 172  
Bone collar, 56

### C

Cone, 154

### D

Daur kreb, 18  
Degenerasi, 170  
Diafragma, 107  
Diastol, 74, 75, 87, 90  
Difusi, 13, 14, 16, 107, 108,  
127  
Dimer, 8  
Diploe, 54  
Donor, 79

### E

Eksositosis, 13, 15, 16  
Endositosis, 13, 15, 16, 18  
Epiglotis, 46, 94, 107  
Eustachius, 46, 156

### F

Fascia, 60  
Felem, 27, 37  
Feloderm, 27  
Felogen, 23, 27, 37  
Fertilisasi, 170, 179, 180  
Fimbriae, 167

Filtrat glomerulus, 126, 127  
Floem, 22, 24, 25, 26, 28, 29,  
32, 35, 37

### G

Gerak refleks, 136, 139  
Gigantisme, 149  
Glikolisis, 4  
Glomerulus, 126, 130, 132,  
133, 134  
Greenstick, 66

### H

Hidrofilik, 4, 13, 14  
Hidrofobik, 4, 13, 14  
Hipotonik, 14, 16, 18  
Histon, 5

### I

Inersio, 61, 64  
Interleukin, 185  
Internodus, 26  
Isidiametrik, 21, 30

### J

Jaringan kambium, 19, 27  
Jaringan embrional, 19, 23  
Jaringan epidermis, 19, 20, 24,  
27, 28, 30, 37  
Jaringan kolenkim, 19, 21, 37  
Jaringan meristem, 19, 20, 37  
Jaringan parenkim, 19, 20, 21,  
24, 25, 28, 36, 37  
Jaringan pembuluh, 19, 20,  
22, 25  
Jaringan sklerenkim, 19, 21,  
27, 36, 37

### K

Kambium fasis, 23  
Kambium interfasis, 23

Karoten, 11  
Kelenjar bunner, 96  
Klon, 35  
Klorenkim, 21  
Kolateral, 27, 35  
Komminudet, 66  
Kopulasi, 170  
Krenasi, 14, 16, 18  
Kretinisme, 149, 151  
Krista, 6, 18  
Kultur jaringan, 34, 35, 38

### L

Lakuna, 47  
Latisifer, 10  
Leukopeni, 78, 89  
Leukositosis, 78, 89  
Lisosom, 1, 3, 7, 8, 12, 15, 17,  
18  
Lung aorta, 85  
Lung refleks, 140

### M

Makhluk dioseus, 164  
Makronukleus, 5  
Matriks, 45, 46  
Membran sel, 1, 3, 13, 14, 17  
Meningitis, 141  
Mikrofilamen, 1, 3, 13, 17  
Mikronukleus, 5  
Mikrotubulus, 1, 8, 9  
Miofibril, 43, 61, 69  
Mitokondria, 1, 3, 5, 12, 14, 17,  
18  
Mixoedem, 151  
Motil, 164

### N

Neuron bipolar, 137, 154  
Neuron multipolar, 137  
Neuron unipolar, 138

Neurotransmitter, 139, 145  
 Nodus renvier, 137, 160  
 Nodus, 26, 52  
 Nonmotil, 164  
 Nukleolus, 5  
 Nukleus, 1, 3, 5, 12, 18

**O**

Origo, 61, 64  
 Osifikasi, 55, 56, 68  
 Osmosis, 13, 14, 16

**P**

Papila, 159  
 Perikambium, 31  
 Perikardium, 41, 46, 72, 88  
 Perisikel, 31, 37  
 Peroxisom, 1, 3, 8, 12, 17  
 Pita kaspari, 31, 32  
 Plasmolisis, 14, 16, 18  
 Pleura parietalis, 107  
 Pleura viseralis, 107  
 Polisom, 6

**R**

Resipien, 79  
 Respon imun, 182  
 Retikulum endoplasma 1, 3, 5,  
 7, 12  
 Ribosom, 1, 3, 6, 12, 17, 18  
 Rod, 154

**S**

Sarkolema, 43, 44  
 Sarkomer, 61, 69  
 Sarkoplasma, 44  
 Sel mast, 185, 189  
 Sel memori, 184  
 Sentriol, 9, 12  
 Sinapsis, 45, 51, 139, 160,  
 161  
 Sindesmosis, 59  
 Sinkondrosis, 59  
 Sistol, 74, 75, 88, 89, 90

Sitoplasma, 1, 2, 3, 4, 7, 12, 17  
 Sitosol, 4  
 Sklereid, 21  
 Stroma, 11, 13, 25

**T**

Totipotensi, 19, 34  
 Transpor aktif, 13, 15, 17  
 Trofoblas, 172  
 Tuba infundibulum, 167  
 Tubulin, 8  
 Tuli konduktif, 157  
 Tuli saraf, 157

**V**

Vakuola, 10, 13, 15  
 Vibrovassal, 29

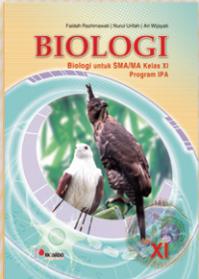
**X**

Xantofil, 11  
 Xilem, 22, 24, 25, 26, 28, 29,  
 32, 36, 37

**Z**

Zat psikoaktif, 146  
 Zigot, 172, 179





Buku **BIOLOGI** merupakan buku teks pelajaran Biologi untuk SMA/MA Program IPA yang dapat digunakan oleh siswa dalam mempelajari Biologi. Buku ini diharapkan dapat membentuk sikap positif siswa terhadap Biologi.

Konsep-konsep Biologi disajikan secara **lugas**, **menarik**, dan **kontekstual** melalui penjelasan materi. Buku ini dilengkapi dengan “**Mari Berdiskusi**” agar siswa dapat bersosialisasi dengan guru dan teman tentang Biologi, siswa juga dituntut untuk mengingat kembali materi yang telah dipelajari melalui tulisan pada “**Mari Merangkum**”, untuk mengetahui tingkat pemahaman siswa terhadap materi yang dipelajari terangkum dalam “**Mari Berkompetensi**”. Selain itu, buku ini dilengkapi dengan “**Daftar Istilah**” untuk mempermudah siswa memahami kata-kata yang sulit.

Ilustrasi-ilustrasi yang menarik makin menambah kelengkapan buku ini. Ilustrasi tersebut disesuaikan dengan materi yang sedang dipelajari. Ilustrasi dalam bentuk foto diharapkan dapat membuka pikiran siswa bahwa Biologi dekat dengan kehidupan mereka.

Cobalah untuk **membuka**, kemudian **mempelajari**, lalu **memahami** buku ini, selanjutnya mengaplikasikan buku ini dalam kehidupan sehari-hari.

ISBN 978-979-068-831-5 (no. jilid lengkap)  
ISBN 978-979-068-837-7

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 Pembelajaran.

Harga Eceran Tertinggi (HET) Rp16.230,--