

**Penulis:**

**dr. Hartati Eko Wardani, M.Si.Med.**

# **BAHAN AJAR BIOMEDIK**



# **BAHAN AJAR BIOMEDIK**



# **BAHAN AJAR BIOMEDIK**

**PENULIS:**  
**dr. Hartati Eko Wardani, M.Si.Med.**



**BAHAN AJAR BIOMEDIK**

dr. Hartati Eko Wardani, M.Si.Med.

ISBN: 978-623-7607-17-5

Copyright © 2019

Penerbit Wineka Media



Anggota IKAPI No.115/JTI/09  
Jl. Palmerah XIII N29B, Vila Gunung Buring Malang 65138  
Telp./Faks : 0341-711221  
Website: <http://www.winekamedia.com>  
E-mail: [winekamedia@gmail.com](mailto:winekamedia@gmail.com)

---

Hak cipta dilindungi Undang-Undang. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh isi buku ini dengan cara apapun, termasuk dengan cara penggunaan mesin fotokopi, tanpa izin sah dari penerbit.

---

## **KATA PENGANTAR**

Dengan rahmat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan anugerahnya, kami mengucapkan syukur karena penulis telah dapat menyelesaikan penyusunan Bahan Ajar Biomedik.

Bahan Ajar Biomedik ini merupakan bagian dari bahan ajar ilmu biomedik bagi mahasiswa Jurusan Kesehatan Masyarakat. Penyusunan bahan ajar ini diharapkan dapat memudahkan mahasiswa dalam mempelajari materi biomedik terutama materi sistem reproduksi.

Kami menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan bahan ajar ini. Maka dari itu, penulis membutuhkan kritik dan saran dari para pengguna untuk menyempurnakan bahan ajar ini.

Malang, Agustus 2019

Penulis

# DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	ii
BAB I BIOLOGI SEL, JARINGAN, ORGAN DAN SISTEM .....	1
A.Sel .....	1
B.Sel Prokariot dan Sel Eukariot .....	8
C.Jaringan .....	9
1. Jaringan epitel .....	9
2. Jaringan Otot .....	10
3. Jaringan Saraf .....	11
4. Jaringan Ikat .....	13
D.Organ .....	18
E.Sistem Organ .....	18
Contoh/Model .....	21
Latihan .....	22
Tindak Lanjut .....	23
Refleksi .....	24
BAB II SISTEM SARAF .....	25
A.SISTEM SARAF PUSAT .....	26
1. Otak .....	26
a. Otak Besar ( <i>Cerebrum</i> ) .....	27
b. Otak Kecil ( <i>Cerebellum</i> ) .....	28
c. Batang Otak .....	39
2.Sumsum Tulang Belakang (Spinal Cord atau Medulla Spinalis) .....	30
B.Sistem Saraf Tepi .....	31
1. Sistem Saraf Somatik .....	31
2. Sistem Saraf Otonom .....	34
Contoh/Model .....	36
Latihan .....	37
Tindak Lanjut .....	38
Refleksi .....	39

BAB III SISTEM OTOT.....	40
A.Fungsi Otot.....	40
B.Macam-macam Otot.....	41
1. Otot Lurik (otot rangka).....	41
2. Otot Polos.....	43
3. Otot Jantung.....	44
C.Karakteristik Otot.....	45
D.Jenis Gerak Otot.....	45
E.Macam-macam Gerakan Otot.....	46
F.Mekanisme Kerja Otot.....	47
Contoh/Model.....	51
Latihan.....	52
Tindak Lanjut.....	53
Refleksi.....	54
BAB IV SISTEM RANGKA DAN TULANG.....	57
A.Fungsi Rangka.....	57
B.Pengelompokan Rangka Manusia.....	58
1.Rangka Aksial.....	59
2. Rangka Apendikular.....	62
C.Tulang.....	63
D.Bentuk Tulang.....	64
1. Tulang Pipa (Tulang Panjang).....	64
2. Tulang Pendek.....	65
4. Tulang Tidak Beraturan.....	65
E.Jenis Tulang.....	66
1. Tulang Rawan (Kartilago).....	66
2. Tulang Keras (Osteon).....	68
Contoh/Model.....	71
Latihan.....	72
Tindak Lanjut.....	73
Refleksi.....	74
BAB V SISTEM PENCERNAAN.....	75
A.Mulut.....	77
B.Kelenjar Ludah dan Ludahnya.....	80
C.Faring dan Esofagus.....	81

D.Lambung .....	82
E.Usus Halus .....	83
F.Usus Besar .....	85
G.Anus.....	86
H.Pankreas .....	87
I.Hati .....	88
J.Kandung Empedu.....	89
Contoh/Model .....	90
Latihan .....	91
Tindak Lanjut .....	92
Refleksi .....	93
BAB VI SISTEM KARDIOVASKULER.....	94
A.Jantung.....	94
1. Anatomi dan Fisiologi Jantung.....	94
a. Kedudukan Jantung.....	94
b. Struktur Jantung .....	95
c. Pembuluh Darah yang Tersambung dengan Jantung .....	97
d. Penyaluran Darah dan Saraf ke Jantung .....	97
2. Siklus Kerja Jantung (Sistole dan Diastole) .....	98
3. Bunyi Jantung.....	99
4. Curah Jantung dan isi sekuncup.....	100
B.Pembuluh Darah.....	100
1. Jenis dan Perbedaan Pembuluh Darah .....	100
a. Arteri (Pembuluh Nadi) .....	101
b. Vena (Pembuluh Balik).....	102
c. Kapiler .....	102
2. Darah .....	103
a. Plasma Darah.....	103
b. Sel-Sel Darah .....	104
3. Sirkulasi Darah .....	109
a. Sirkulasi Sistemik (Peredaran Darah Besar).....	110
b. Sirkulasi Pulmonal (Peredaran Darah Kecil) .....	111
c. Sirkulasi Portal.....	111
4. Sistem Limfatik .....	112
a. Pembuluh Limfatik .....	112
b. Jaringan dan Organ Limfatik.....	113

Contoh/Model .....	116
Latihan .....	117
Tindak Lanjut .....	118
Refleksi .....	119
<b>BAB VII SISTEM PERNAFASAN .....</b>	<b>120</b>
A.Sistem Pernafasan Manusia .....	120
B.Fungsi Sistem Pernafasan .....	121
C.Organ-Organ Pernafasan .....	122
1. Rongga Hidung ( <i>Cavum Nasalis</i> ) .....	122
2. Faring .....	123
3. Pangkal Tenggorok (Laring) .....	124
4. Batang Tenggorokan (Trakea).....	124
5. Bronkus .....	125
6. Paru-paru (Pulmo) .....	125
D.Mekanisme Pernafasan Dada dan Perut .....	127
1. Pernafasan Dada.....	127
2. Pernafasan Perut.....	128
E.Volume dan Kapasitas Paru .....	129
1. Volume .....	129
2. Kapasitas.....	130
F.Mekanisme Pertukaran O <sub>2</sub> dan CO <sub>2</sub> .....	131
Contoh/Model .....	134
Latihan .....	135
Tindak Lanjut .....	136
Refleksi .....	137
<b>BAB VIII SISTEM EKSKRESI .....</b>	<b>139</b>
A.Ginjal .....	139
1. Anatomi dan Fisiologi Ginjal .....	140
2. Pembentukan Urin.....	141
B.Kulit .....	142
1. Anatomi dan Fisiologi Kulit .....	142
2. Kulit Sebagai Pengatur Suhu.....	146
Contoh/Model .....	149
Latihan .....	150
Tindak Lanjut .....	151

Refleksi .....	152
<b>BAB IX SISTEM ENDOKRIN .....</b>	<b>153</b>
A.Pengertian Endokrin .....	153
B.Perbedaan Endokrin dan Eksokrin.....	154
C.Kelenjar, Hormon, dan Fungsinya .....	155
1. Kelenjar Hipofisis.....	155
2. Korteks Adrenal.....	156
3. Kelenjar Tiroid .....	157
4. Pulau Langerhans dan Kelenjar Pankreas.....	157
5. Ovarium.....	158
6. Testis.....	158
7. Kelenjar Paratiroid.....	159
8. Plasenta .....	159
D.Segi Kimiawi Hormon .....	160
Contoh/Model .....	161
Latihan .....	162
Tindak Lanjut .....	163
Refleksi .....	164
<b>BAB X SISTEM REPRODUKSI.....</b>	<b>165</b>
Sistem Genetalia Pada Pria .....	166
A.Organ Reproduksi Luar.....	166
1. Skrotum.....	166
2. Penis .....	166
B.Organ Reproduksi Dalam .....	167
1. Testis.....	167
2. Epididimis.....	169
3. Vas Deferens.....	170
4. Testosteron .....	170
5. Sperma.....	171
C.Kelenjar Kelamin Pria .....	172
1. Vesikula Seminalis .....	172
2. Kelenjar Prostat.....	173
3. Kelenjar Bulbouretra.....	173
Sistem Genitalia Pada Wanita.....	174
A.Organ Eksterna .....	174

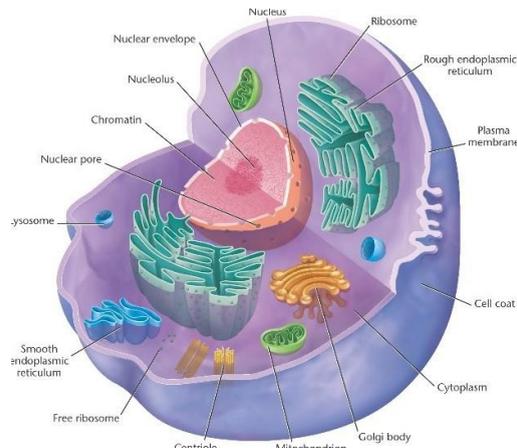
1. Mons Pubis.....	174
2. Labia Mayora.....	175
3. Labia Minora.....	175
4. Klitoris .....	175
5. Vestibula.....	175
6. Kelenjar Vestibularis Mayor .....	175
7. Himen.....	175
8. Vagina .....	175
B.Organ Internal.....	176
1. Uterus.....	176
2. Ovarium.....	177
3. Tuba Uterina (Falopii).....	178
C.Kelenjar Mama .....	179
Contoh/Model .....	181
Latihan .....	182
Tindak Lanjut .....	183
Refleksi .....	184
DAFTAR PUSTAKA .....	185

# BAB | BIOLOGI SEL, JARINGAN, ORGAN I | DAN SISTEM

## A. Sel

Sel merupakan bagian terkecil dari unit kehidupan. Sel adalah setitik massa protoplasma yang berisi inti atau *nucleus* yang dibungkus membran sel. Sel pada organisme multiseluler mempunyai bentuk dan struktur yang berbeda-beda sesuai dengan fungsi pada berbagai jenis dan organ.

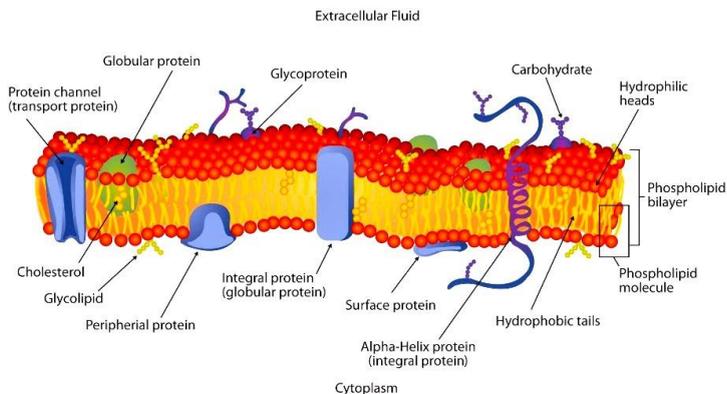
Terdapat dua macam sel yaitu sel prokariotik yang hanya dimiliki oleh hewan bersel satu dan sel eukariotik. Dalam buku ini hanya akan dibahas sel eukariotik saja. Tidak seperti sel prokariotik yang tidak memiliki membran inti sel, sel eukariotik memiliki inti yang diselubungi membran.



**Gambar 1.1 Sel eukariotik**

Membran plasma merupakan fosfolipid dua lapis yang berfungsi sebagai media pertukaran selektif dengan lingkungan. Setiap fosfolipid memiliki sebuah “kepala” polar pada suatu ujung (grup fosfat bermuatan negatif) dan “ekor” nonpolar pada ujung lain (sebuah rantai panjang hidrokarbon). Sifat

kimianya mengarah pada pembentukan spontan struktur dua lapis di dalam cairan yang mengandung air. Kepala polar bersifat hidrofilik (menyukai air) dan mengarah ke bagian luar fosfolipid dua lapis serta bersentuhan dengan sitoplasma dan cairan ekstrasel. Sedangkan ekor nonpolar bersifat hidrofobik (membenci air) dan mengarah ke bagian dalam fosfolipid dua lapis serta terpisah jauh dari sitoplasma dan cairan ekstrasel. Selain itu juga terdapat 2 jenis protein yaitu protein integral dan protein perifer. Protein integral yaitu protein yang memasuki bagian dalam zona hidrofobik membran sedangkan protein perifer adalah protein yang berada pada permukaan membran dan sebagian berada pada sisi ekstrasel dan sebagian lagi pada sisi intrasel membran plasma. Berikut ini adalah gambar dari membran plasma.



Dalam sel terdapat cairan berbetuk seperti gel yang disebut sitoplasma atau sitosol, tempat terbenamnya organel-organel yang akan menjalankan fungsi dasar sel.

Adapun fungsi dasar sel adalah:

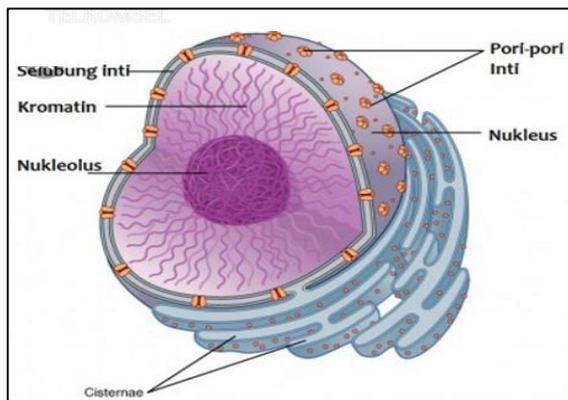
1. Mendapatkan makanan dan oksigen dari lingkungan di sekitar sel.
2. Sebagai tempat terjadinya berbagai reaksi kimia dengan menggunakan makanan dan oksigen untuk mendapatkan

energi untuk sel.

3. Membuang CO<sub>2</sub> dan zat sampah hasil metabolisme ke lingkungan sel
4. Melakukan sintesis protein dan molekul-molekul lain yang diperlukan untuk membangun sel dan menunjang fungsi-fungsi sel
5. Sensitif dan responsif terhadap perubahan yang terjadi di lingkungan luar sel
6. Mengontrol perubahan ekstrem zat-zat yang ada di dalam sel dan di luar sel
7. Memindahkan zat-zat dari bagian sel ke bagian yang lain menunjang aktivitas sel.
8. Melakukan pembelahan.

Organel merupakan struktur khusus yang memiliki fungsi khusus juga, sebagai hasil diferensiasi dari protoplasma. Dalam buku ajar ini hanya akan dibahas beberapa saja yaitu : inti sel, mitokondria, retikulum endoplasma, ribosom, kompleks golgi, lisosom, dan mikrotubul.

### 1. Inti Sel



**Gambar 1.3 Inti sel**

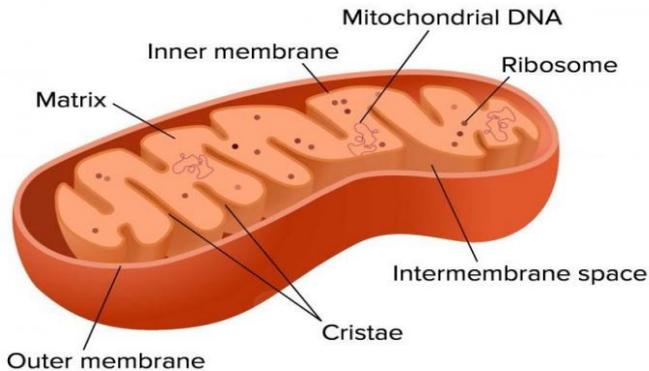
Inti sel merupakan struktur inti sel berbentuk bulat atau

oval, terdapat pada tengah-tengah sel, dibungkus oleh dua membran konsentris yang disebut selubung inti. Inti sel mengandung molekul-molekul *deoxyribo nucleic acid* (DNA) sebagai kode genetik organisme atau materi genetik sel. Materi genetik berada di dalam inti berbentuk kromatin, yang merupakan suatu kompleks DNA dan protein histon yang berhubungan. Kromatin tampak sebagai materi bergumpal di dalam inti pada sel yang tidak sedang membelah. Fungsi inti sel adalah untuk mengontrol struktur dan fungsi sel atau mengontrol seluruh aktivitas sel.

## **2. Mitokondria**

Mitokondria merupakan tempat untuk respirasi sel. Metabolisme membutuhkan oksigen yang akan mengekstraksi energi dari molekul organik untuk memproduksi *adenosine trifosfat* (ATP). Mitokondria juga sering disebut dengan sumber energi sel. Pada umumnya mitokondria tersebar merata di dalam sitoplasma dan ada juga yang bertempat di sekitar *nucleus* atau sitoplasma bagian tepi. Mitokondria memiliki struktur berbentuk oval memanjang, memiliki dua sistem membran yaitu membran luar dan membran dalam. Membran bagian dalam melipat-lipat membentuk semacam sekat-sekat yang disebut krista. Krista memiliki area permukaan untuk reaksi kimia pada respirasi dan transpor elektron. Membran luar dan membran dalam membagi bagian dalam mitokondria menjadi ruangan intermembran dan matriks. Matriks mitokondria mengandung beberapa struktur yaitu granula intramitokondria atau granula osmiofilik, yang berupa partikel-partikel bulat dengan diameter 25-35 nanometer dan memiliki fungsi sebagai tempat penyimpanan molekul lipid dan berlangsungnya tempat siklus Krebs. Mitokondria tersusun dari protein (60-65%) dan lipid (35-40%) dengan sedikit *ribo nucleic acid* (RNA). Di mitokondria terdapat enzim-enzim yang bertanggung jawab terhadap

terlaksananya respirasi seluler aerob untuk menghasilkan ATP. Berikut ini adalah gambar dari mitokondria.



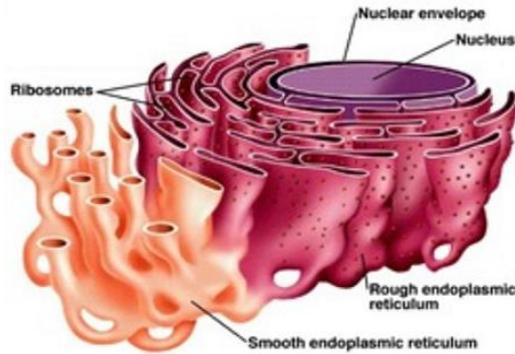
**Gambar 1.4 Membran dan kompartemen pada mitokondria**

### 3. Retikulum Endoplasma

Retikulum endoplasma (RE) merupakan kumpulan kantong dan tubulus bermembran yang berhubungan dengan selubung inti. Kompartemen RE atau sisterna memisahkan lumen dalam (ruang sisterna) dari sitosol. Retikulum endoplasma tersusun dari protein (40-60%), lipid (30-50%) dan sedikit RNA. Retikulum endoplasma dibagi menjadi 2 macam yaitu RE kasar dan RE halus. Retikulum endoplasma kasar terbentuk dari kantong atau tubulus, vesikel, dan lekukan membran atau permukaan membrannya ditempeli oleh ribosom yang berfungsi mensintesis protein dan enzim-enzim lisosomal untuk digunakan di luar sel. Sedangkan retikulum endoplasma halus terdiri atas tubulus membran telanjang, yang berfungsi untuk memproduksi fosfolipid. Selain itu, pada beberapa tempat membran RE kasar dan RE halus bertemu dan membentuk saluran dalam yang kontinyu. RE halus melaksanakan fungsinya sebagai berikut:

- a. Mengangkut protein yang disusun pada RE kasar bersama kompleks golgi.
- b. Melaksanakan reaksi awal pada oksidasi lemak.

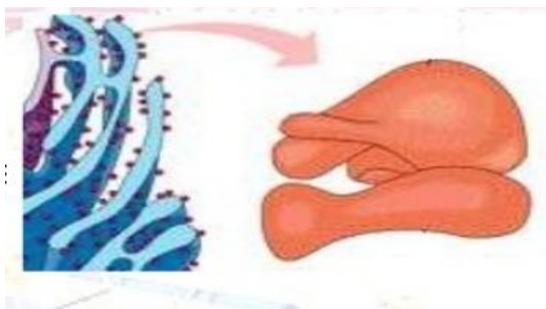
- c. Dengan enzim yang terdapat di dalamnya, RE halus dapat menyusun phospholipid, glikolipid, dan steroid.
- d. Melaksanakan detoksifikasi obat dan racun.



**Gambar 1.5 Retikulum endoplasma kasar dan halus**

**4. Ribosom**

Ribosom merupakan struktur kecil yang tersusun dari RNA dan protein, terdapat pada retikulum endoplasma kasar atau bebas di dalam sitoplasma. Ribosom pada retikulum endoplasma kasar berfungsi untuk mensintesis protein dan enzim yang digunakan di luar sel. Sedangkan ribosom bebas dalam sitoplasma berfungsi untuk memproduksi enzim-enzim yang dimanfaatkan oleh sel itu sendiri.

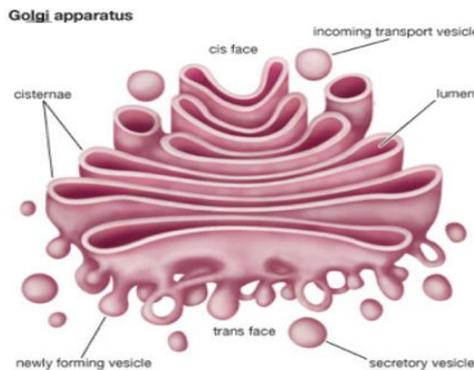


**Gambar 1.6 Ribosom**

**5. Kompleks Golgi**

Kompleks golgi, disebut juga badan golgi atau

apparatus golgi, merupakan suatu rangkaian kantung-kantung pipih dan bertumpukan yang biasanya berada di dekat nukleus. Struktur ini banyak terdapat di sel-sel saraf dan sel-sel sekretoris hewan. Komposisi dari kompleks golgi mirip dengan retikulum endoplasma tetapi tanpa RNA. Pada umumnya salah satu ujung dari kompleks golgi dekat dengan retikulum endoplasma kasar. Pada ujung tersebut, kompleks golgi menampung produksi sintesis retikulum endoplasma melalui kantung-kantung kecil. Kompleks golgi menggerakkan dan menempatkan produk tersebut ke tepi yang berlawanan dan disini menghasilkan kantung-kantung yang lebih besar yang menggerakkan sekresi ke bagian lain dari sel atau ke permukaan sel yang selanjutnya dilepaskan ke luar sel. Kompleks golgi juga berfungsi menambah karbohidrat pada protein ketika berada dalam kompleks golgi.



**Gambar 1.7 Kompleks Golgi**

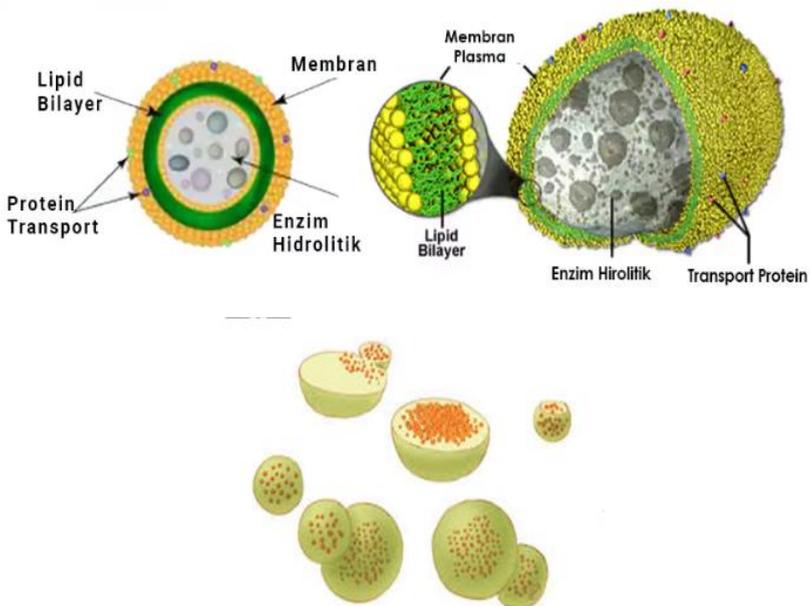
## 6. Lisosom

Lisosom merupakan suatu kantung membran yang berbentuk bulat, di dalamnya berisi enzim-enzim hidrolitik (pencerna). Lisosom berfungsi sebagai sistem pencernaan intraseluler. Bagian dalam lisosom memiliki keasaman yang sangat tinggi dan merupakan lingkungan yang optimal bagi enzim hidrolitik.

Lisosom bekerja sama dengan fagosom dalam kegiatan mencerna. Fagosom terbentuk setelah sel mengambil materi dari sekitarnya baik secara fagositosis maupun secara pinositosis. Fagosom kemudian bersatu dengan lisosom menjadi lisosom sekunder. Materi yang semula berasal dalam fagosom dicerna oleh enzim-enzim yang terdapat dalam lisosom.

Dalam beberapa keadaan, lisosom berisi bagian-bagian sel misalnya mitokondria atau bagian-bagian RE. Lisosom ini dinamakan autofagosom atau sitolisosom.

Selain itu, lisosom juga memiliki fungsi untuk menghancurkan sel terprogram yang berlangsung selama perkembangan embrio untuk membentuk bagian tubuh yang sesuai. Hal ini dinamakan dengan kantong maut “*suicide bag*” pada sel.



**Gambar 1.8 Lisosom**

## **B. Jaringan**

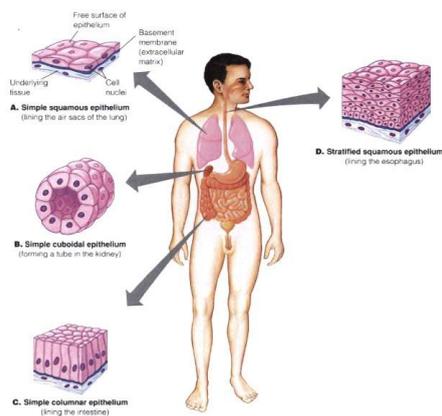
Jaringan adalah kelompok sel yang memiliki struktur dan fungsi yang sama. Jaringan dasar dalam tubuh di bagi menjadi 4

kelompok yaitu jaringan epitel, jaringan otot (muskulus), jaringan saraf, dan jaringan ikat.

## 1. Jaringan epitel

Jaringan epitel merupakan kumpulan sel yang menutupi permukaan tubuh, baik bagian dalam maupun luar. Pengelompokan jaringan epitel dapat berdasarkan bentuknya, yaitu : kuboid (seperti dadu), kolumner (seperti batu bata), dan skuamosa (seperti lantai yang datar). Pengelompokan jenis epitel juga bisa berdasarkan jumlah lapisan sel yaitu epitel sederhana, epitel bertingkat atau berlapis-lapis, dan epitel bertingkatsemu.

Epitel sederhana memiliki selapis tunggal sel, terdiri dari epitel skuamosa sederhana dan epitel kolumner sederhana. Epitel skuamosa sederhana dapat dijumpai di pembuluh darah dan kantung udara paru. Epitel kolumner sederhana dijumpai di tempat absorpsi dan sekresi. Sedangkan epitel bertingkat atau berlapis-lapis dapat ditemukan pada permukaan yang terpajan oleh keadaan yang abrasif misalnya kulit luar dan lapisan saluran atau rongga tubuh tertentu. Berikut ini adalah gambar dari jaringan epitel.



**Gambar 1.9 Jaringan epitel**

## 2. Jaringan Otot

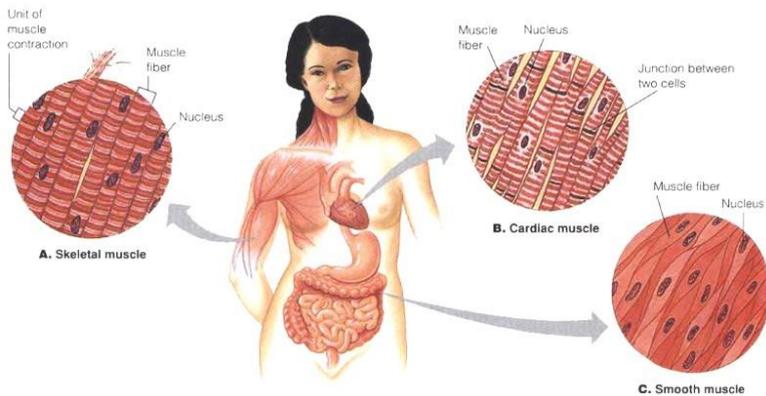
Jaringan otot adalah jaringan yang memiliki kemampuan untuk berkontraksi sehingga dapat melakukan suatu gerakan. Ada 3 jenis otot yang memiliki struktur dan fungsi yang berbeda yaitu otot lurik (otot rangka), otot polos, dan otot jantung.

Otot lurik (otot rangka) biasanya melekat pada tulang tendon bersifat sadar. Otot lurik memiliki serabut bergaris melintang dan selang-seling berwarna muda dan tua, serta memiliki nukleus. Setiap serabut terbentuk oleh sejumlah miofibril dan diselubungi membrane bernama sarkolemma (selaput otot). Sejumlah serabut berkumpul untuk membentuk berkas, berkas tersebut diikat menjadi satu oleh jaringan ikat untuk membentuk otot besar dan otot kecil. Apabila otot berkontraksi akan menjadi pendek, dan setiap serabut turut bergerak dengan berkontraksi. Otot ini hanya berkontraksi jika dirangsang oleh rangsang saraf (neurogenik).

Otot polos merupakan otot yang bersifat licin, tidak bergaris-garis, memiliki nukleus dan berkontraksi tanpa rangsangan saraf (otot tidak sadar). Otot ini ditemukan pada dinding pembuluh darah dan pembuluh limfe, pada dinding saluran pencernaan dan visera (alat dalam) yang berongga, trakea, bronkus, iris mata, muskulus siliaris mata, dan pada otot tak sadar dalam kulit.

Otot jantung hanya ditemukan di jantung. Otot jantung memiliki struktur bergaris-garis seperti otot lurik. Perbedaannya terdapat pada serabut yang bercabang dan mengadakan *anastomose* (bersambungan satu sama lain), dan bersifat tak sadar (tidak dapat dikendalikan dengan kemauan). Otot jantung memiliki kemampuan khusus untuk mengadakan kontraksi otomatis dan ritmis tanpa tergantung pada ada tidaknya rangsangan saraf. Cara kerja semacam ini disebut miogenik yang membedakannya dengan neurogenik. Gambar

macam-macam jaringan otot dapat dilihat dibawah ini.



**Gambar 1.10 Jaringan otot**

### 3. Jaringan Saraf

Jaringan saraf adalah jaringan yang berfungsi untuk menghantarkan impuls saraf. Jaringan ini terdiri dari kumpulan sel saraf atau disebut juga *neuron* dan sel glia (penunjang).

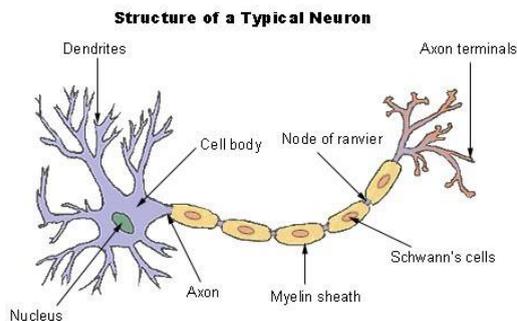
Neuron terbagi menjadi 3 bagian yaitu dendrit, badan sel dan *axon*. Dendrit adalah tonjolan yang bercabang pendek, yang menerima stimulus dari lingkungan sekitar dan menyalurkan sinyal ke arah badan sel. Badan sel pada *neuron* merupakan pusat dari keseluruhan suatu sel saraf yang peka terhadap rangsangan, serta mengandung inti, sitoplasma dan organel. Badan sel bertugas untuk menghantarkan impuls saraf ke arah akson. Sedangkan akson merupakan sebuah penonjolan khusus untuk meneruskan impuls ke sel yang lain (sel saraf, sel otot, atau sel kelenjar). Sebagaimana besar *neuron* hanya memiliki sebuah akson, memanjang dari badan sel yang disebut akson *hillock*. Sebuah akson dapat bercabang-cabang yang berakhir menjadi sejumlah cabang kecil yang disebut telodendria. Sebuah *synaptic knob* merupakan struktur bulbosa (menggelembung) pada ujung setiap telodondria.

*Neuron* beserta penonjolan-penonjolannya, sangat bervariasi dalam ukuran dan bentuknya. Sesuai ukuran dan bentuk penonjolannya, *neuron* dapat diklasifikasikan menjadi 3

yaitu

- *neuron* multipolar dengan lebih dari dua penonjolan yang satu berupa *axon* dan yang lain berupa dendrit; Sebagian besar *neuron* pada tubuh adalah multipolar.
- *neuron* bipolar dengan satu dendrit dan satu *axon* yang dapat ditemukan di telinga, retina, mukosa olfaktoris
- *neuron* pseudounipolar yang sebetulnya merupakan neuron unipolar yang bercabang mejadi dua; satu cabang (*dendrite*) membentuk ujung saraf perifer dan satu lagi *axon* menuju sistem saraf pusat. Neuron ini banyak ditemukan pada ganglion spinale

Sinapsis adalah celah antara *synaptic knob* dengan dendrit atau badan sel yang menerima sinyal. *Synapse* merupakan *synapse* kimiawi yang meneruskan impuls dengan melepaskan *neurotransmitter* pada ujung *axon*. *Neurotransmitter* berdifusi menyebrangi sinaps. Komunikasi antara kedua *neuron* di jalur saraf berlangsung di sinaps antara sel. Berikut ini adalah gambar dari jaringan saraf.



**Gambar 1.11 Struktur *neuron***

Klasifikasi *neuron* berdasarkan fungsinya dibagi menjadi 3 yaitu:

1. *Neuron* motoris (*efferent*), *neuron* yang mengontrol organ

sasaran (*effector organ*) seperti serabut otot dan kelenjar eksokrin atau endokrin. Arah impuls dari pusat ke perifer.

2. *Neuron sensoris (afferent)*, *neuron* yang terlibat dalam penerimaan rangsang sensoris dari lingkungan sekitar maupun dari dalam tubuh. Arah impuls dari perifer ke pusat.
3. *Interneuron*, membentuk komunikasi dan integrasi jaringan saraf antara *neuron* sensoris dan *neuron* motoris.

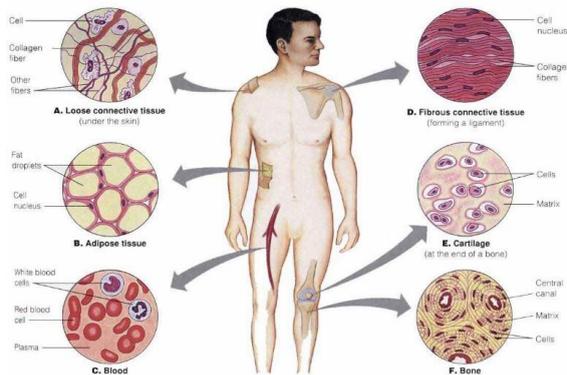
Berdasarkan ada tidaknya selubung *myelin* pada akson, sel saraf dibagi menjadi 2 yaitu neuron dengan akson ber*myelin*, dan tidak ber*myelin*. *Myelin* adalah lapisan fosfolipid yang membungkus sel saraf secara konsentrik. *Mielin* dibentuk oleh sel Schwann yang terdapat pada akson yang berfungsi untuk melindungi dan memberi nutrisi pada akson. Tidak seluruh bagian akson dari neuron bermielin diselubungi oleh mielin. Bagian yang tidak diselubungi mielin disebut sebagai nodus Ranvier, yang merupakan tempat terjadinya loncatan impuls. Perlu diketahui, impuls tidak berjalan melalui mielin, namun meloncat-loncat dari satu nodus Ranvier ke nodus Ranvier lain. Untuk itu penghantaran impuls pada neuron bermielin berlangsung lebih cepat daripada neuron yang tidak bermielin. Neuron bermielin banyak ditemukan pada serabut saraf yang membutuhkan kecepatan dalam reaksi.

Sel glia merupakan kelompok dengan jumlah sel sekitar 10% dari jumlah *neuron* yang dijumpai pada sistem saraf pusat. Sel glia memiliki berbagai fungsi diantaranya sel pendukung, untuk nutrisi, perbaikan jaringan yang rusak, pertahanan, isolasi suatu *neuron*, dan fungsi fagositosis. Dan yang termasuk dalam sel glia antara lain adalah *astrosit*, oligodendrosit, *microglia*, dan *sel ependym*. Sel glia tidak dibahas dalam buku ajar ini.

#### **4. Jaringan Ikat**

Jaringan ikat merupakan jaringan yang dapat melengkapi kerangka badan yang memiliki fungsi sebagai penghubung,

pengikat, dan penunjang jaringan lain. Struktur jaringan ikat tersusun atas sejumlah kecil sel yang tersebar dalam matriks bahan ekstrasel. Matriks ekstrasel terdiri dari suatu jaringan serat dalam bahan dasar homogen. Bahan dasar tersebut dapat cair, gel, atau padat, tergantung pada jenis jaringan ikat. Jaringan ikat dibedakan menjadi beberapa jenis : jaringan ikat longgar, jaringan lemak, darah, jaringan ikat padat, tulang rawan (kartilago) dan tulang.



**Gambar 1.12** Macam jaringan ikat

**a. Jaringan ikat longgar**

Jaringan ikat longgar adalah jaringan ikat yang banyak ditemui dan memiliki serat yang longgar. Jaringan ikat longgar mengikat epitel ke jaringan di bawahnya dan memegang organ di tempat semestinya. Tiga jenis jaringan ikat longgar dibedakan berdasarkan protein yang membentuk serat ekstraselnya yaitu serat kolagen, serat elastik, dan serat retikuler. Serat ini disekresi oleh sel yang disebut fibroblas. Serat kolagen adalah berkas serat yang terbuat dari susunan protein kolagen. Serat ini memiliki fungsi sebagai penahan bagian-bagian tubuh (misalnya menjaga agar kulit terlekat ke tulang). Serat elastis adalah serat panjang yang mirip benang terbuat dari protein elastin. Serat elastis ini memiliki gaya pegas yang baik pada jaringan ikat untuk dicubit, misalnya elastisitas kulit. Serat

retikuler adalah serat bercabang dan membentuk jala-jala yang rapat. Serat retikuler ini menghubungkan jaringan ikat dengan jaringan lain di dekatnya.

Jaringan ikat longgar banyak terdapat di sekitar pembuluh darah, saraf dan sekitar organ tubuh.

b. Jaringan *adipose*

Jaringan adipose adalah jaringan yang dikhususkan untuk menyimpan lemak. Jaringan *adipose* memberikan bantalan dan insulator (mencegah hilangnya panas) bagi tubuh serta sebagai cadangan makanan. Setiap sel *adipose* membengkak ketika terisi lemak, dan menyusut ketika lemak digunakan sebagai bahan bakar.

Jaringan lemak memiliki susunan menyerupai jaringan ikat longgar yang tersusun atas sel-sel lemak. Jaringan lemak dapat ditemukan di bawah kulit, ginjal, jantung.

c. Jaringan darah

Jaringan darah merupakan jaringan yang sangat khusus. Matriks pada darah tersusun atas plasma darah dan sel-sel darah. Plasma darah tersusun atas air, garam, dan berbagai protein. Pada plasma darah terdapat sel-sel darah yang terdiri atas eritrosit (sel darah merah), leukosit (sel darah putih) dan trombosit (keping darah). Jaringan ini berfungsi sebagai alat transportasi yang menopang kelangsungan hidup manusia.

Eritrosit tidak memiliki intisel. Fungsinya mengikat dan mengangkut oksigen ke seluruh tubuh. Leukosit berperan dalam sistem pertahanan tubuh, dan trombosit berperan dalam pembekuan darah dan menjaga integritas pembuluh darah.

d. Jaringan Ikat Fibrosa (padat)

Jaringan ikat ini tersusun atas serat-serat padat. Komponen utamanya adalah serabut kolagen. Serabut kolagen mempunyai kekuatan yang baik di sepanjang serat (daya rentang), oleh karena itu sifat jaringan ini fleksibel namun tidak

elastik. Jaringan ikat padat dapat dikelompokkan menjadi jaringan ikat padat teratur dan tidak teratur. Jaringan ikat padat teratur terdapat pada tendon (jaringan yang menghubungkan antara otot dan tulang), dan ligamen (jaringan yang menghubungkan tulang dengan tulang).

e. Kartilago (tulang rawan)

Kartilago terbuat dari bahan padat, bening, dan putih kebiru-biruan. Kartilago terdiri dari matriks dan sel tulang rawan. Matriks jaringan tulang rawan terdiri atas kondrin, zat jernih seperti kanji yang terbuat dari mukopolisakarida dan fosfat. Sedangkan tulang rawan ada dua yaitu kondroblast (penghasil kondrin) dan kondrosit. Tulang rawan tidak mengandung pembuluh darah, tetapi diselubungi membran yaitu perikondrium, tempat tulang rawan mendapat darah.

Ada 3 jenis tulang rawan, yaitu hialin, fibrosa dan elastis.

Tulang rawan hialin terdiri dari serabut kolagen yang berbahan dasar bening seperti kaca, ulet, kuat dan elastis yang dapat dijumpai pada ujung tulang pipa (tulang rawan sendi), tulang rawan iga, hidung, laring, trakea, dan bronkus. Sedangkan pada embrio tulang ini berfungsi sebagai penyangga sementara untuk mendukung jaringan lainnya sampai terbentuk tulang yang menggantikannya. Tulang rawan fibrosa terbentuk oleh berkas-berkas serabut. Tulang rawan fibrosa membentuk tulang rawan interartikuler, seperti pada diskus intervertebralis tulang belakang, serta bantalan tulang rawan pada simfisis pubis. Tulang rawan elastis disebut juga tulang rawan elastik kuning, karena banyak mengandung serabut elastis berwarna kuning. Tulang ini banyak ditemukan pada daun telinga, epiglottis, dan tuba eustakhius.

f. Tulang

Tulang merupakan jaringan ikat yang mengandung mineral (kalsium fosfat, kalsium karbonat, magnesium fluorida

dan kalsium fluorida). Tulang juga tersusun atas matriks dan sel. Sel tulang ada tiga macam, yaitu osteoblast, osteosit, dan osteoklast. Osteosit dibentuk oleh osteoblast. Matriks osteoblast mengandung kalsium fosfat yang memperkeras matriks sehingga tulang lebih keras dari tulang rawan.

Berdasarkan susunan matriksnya, jaringan tulang dibedakan menjadi tulang kompak (padat) dan tulang berongga (spons). Tulang keras memiliki matriks yang susunannya rapat, tulang spons memiliki susunan matriks longgar atau berongga.

Pada tulang keras, sel-sel tulang tersusun membentuk sebuah sistem Havers. Bagian tengah sistem Havers terdapat saluran yang disebut Saluran Havers yang berisi pembuluh darah, pembuluh limfe, dan saraf. Antara dua saluran Havers dihubungkan oleh saluran Volkman. Sekeliling sistem Havers terdapat lapisan tulang yang disebut lamela, yang merupakan endapan garam mineral. Pada lamela-lamela inilah terdapat osteosit yang menempati lakuna (rongga) yang tersusun secara konsentris.

Tulang dapat dibagi menjadi bagian tengah (diafisis) dan kedua ujungnya (epifisis). Apabila tulang dilihat secara melintang akan tampak jaringan tulang padat dan ditengahnya terdapat kanalis *medularis* berisi sumsum tulang berwarna kuning yang mengandung banyak sel lemak. Sumsum tulang merupakan tempat terbentuknya sel darah merah dan sel darah putih. Dan pada tulang yang dilihat secara melintang terdapat lingkaran-lingkaran, dalam pusat tiap lingkaran terdapat kanal (saluran) havers. Lamela disusun konsentris sekitar saluran dan diantara lempeng- lempeng terdapat ruangan kecil disebut lakuna. Ruangan-ruangan tersebut mengandung sel-sel tulang yang saling bersambungan dan disambungkan ke saluran havers, dan ditengah-tengah saluran tersebut terdapat saluran kecil bernama kanalikuli. Satu sistem havers yang lengkap terdiri dari saluran havers pusat, yang berisi urat saraf, pembuluh darah dan saluran limfe; lamella yang tersusun konsentris; *lacuna* yang mengandung sel tulang; dan kanalikuli yang memancar diantara *lacuna* dan

menggandeng dengan saluran havers.

### **C. Organ**

Adapaun organ merupakan kumpulan dari beberapa jaringan yang memiliki struktur dan fungsi yang sama. Contoh dari organ adalah otak, mata, jantung, paru-paru, ginjal, pankreas, hati, usus, uterus, kulit, saluran urin dan lain sebagainya. Kemudian organ tersebut akan membentuk sebuah sistem yaitu sistem organ.

### **D. Sistem Organ**

Sistem merupakan kumpulan beberapa organ yang memiliki fungsi tertentu. Berikut ini adalah 10 sistem organ di dalam tubuh, adalah sebagai berikut:

1. Sistem saraf adalah salah satu sistem yang mengontrol utama tubuh. Secara umum sistem ini, berfungsi untuk mengontrol dan mengkoordinasi aktivitas tubuh yang memerlukan respon cepat. Sistem ini penting untuk mendeteksi dan mencetuskan reaksi terhadap berbagai perubahan di lingkungan internal. Selain itu, sistem ini bertanggung jawab atas fungsi lain yang lebih tinggi yang tidak seluruhnya ditujukan untuk mempertahankan homeostasis, misalnya kesadaran, ingatan, dan kreativitas.
2. Sistem otot, sistem ini memiliki fungsi untuk menggerakkan tulang-tulang yang melekat padanya. Sistem ini juga memungkinkan individu mendekati makanan dan menjauhi bahaya.
3. Sistem rangka, sistem ini member penunjang dan proteksi bagi jaringan lunak dan organ-organ. Sistem ini juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan kalsium, suatu elektrolit yang konsentrasinya dalam plasma harus dipertahankan dalam rentang yang sangat sempit. Bersama dengan sistem otot, sistem rangka juga memungkinkan timbulnya gerakan tubuh

dan bagian-bagiannya.

4. Sistem sirkulasi, merupakan sistem transportasi yang membawa berbagai zat misalnya zat gizi,  $O_2$ ,  $CO_2$ , zat-zat sisa, elektrolit, dan hormone dari suatu bagian tubuh.
5. Sistem pencernaan, sistem ini yang menguraikan makanan menjadi molekul-molekul kecil zat gizi yang dapat diserap ke dalam plasma untuk didistribusikan ke seluruh sel. Sistem pencernaan juga memiliki fungsi untuk memindahkan air dan elektrolit dari lingkungan eksternal ke lingkungan internal. Sistem ini mengeluarkan sisa-sisa makanan yang tidak dicerna ke lingkungan eksternal melalui tinja.
6. Sistem respirasi, sistem ini mengambil  $O_2$  dari dan mengeluarkan  $CO_2$  ke lingkungan eksternal. Dengan menyesuaikan kecepatan pengeluaran  $CO_2$ , pembentuk asam, sistem respirasi juga penting untuk mempertahankan PH lingkungan internal yang sesuai.
7. Sistem ekskresi, sistem ini mengeluarkan kelebihan garam, air, dan elektrolit lain dari plasma melalui urin, bersama zat-zat sisa selain  $CO_2$ .  
Sistem integumen, sistem ini berfungsi sebagai sawar protektif bagian luar yang mencegah cairan internal keluar dari tubuh dan mikro organisme asing masuk ke dalam tubuh. Sistem ini juga berfungsi untuk mengatur suhu tubuh dengan mengatur produksi keringat dan mengatur aliran darah ke kulit.
8. Sistem endokrin adalah sistem kontrol utama lainnya. Secara umum kelenjar-kelenjar penghasil hormone pada sistem ini mengatur aktivitas yang lebih mementingkan daya tahan (durasi) dari pada kecepatan. Sistem ini juga berfungsi untuk mengontrol konsentrasi zat-zat gizi dan menyesuaikan fungsi ginjal, serta mengontrol volume dan komposisi elektrolit lingkungan internal.

9. Sistem reproduksi, sistem ini tidak esensial bagi homeostasis, sehingga tidak penting bagi kelangsungan hidup individu. Akan tetapi, sistem ini penting bagi kelangsungan hidup suatu spesies.

Buku ajar ini akan memaparkan organ-organ apa saja yang membentuk sistem tersebut dan fungsi masing-masing.

**Contoh/Model**

## Latihan

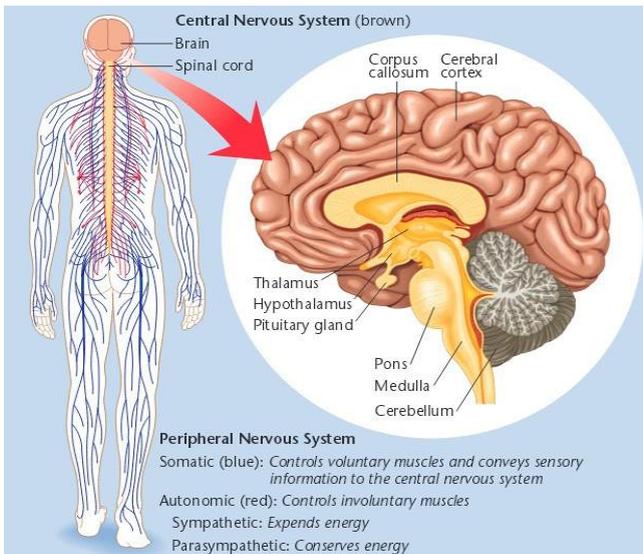
## Tindak Lanjut

**Refleksi**

# BAB | SISTEM

## II | SARAF

Sistem saraf merupakan sistem di dalam tubuh yang berfungsi sebagai media komunikasi antar sel dan organ. Selain itu, sistem saraf juga berfungsi sebagai pengendali berbagai organ serta menghasilkan hormon. Menurut Junqueira & Carneiro, dua fungsi utama sistem saraf adalah menstabilkan kondisi instrinsik organisme agar berada dalam batas normal (tekanan darah, kadar O<sub>2</sub>, dan CO<sub>2</sub>, pH, kadar glukosa darah, dan kadar hormon) dan mengatur pola perilaku (makan, reproduksi, pertahanan, interaksi dengan makhluk hidup lain). Untuk lebih jelasnya lihat gambar 2.1 berikut.



**Gambar 2.1 Sistem Saraf Manusia**

Berdasarkan gambar 2.1 menunjukkan bahwa sistem saraf dibentuk oleh jaringan saraf yang terdiri atas beberapa macam sel. Komponen utama sistem saraf adalah neuron yang dibantu oleh

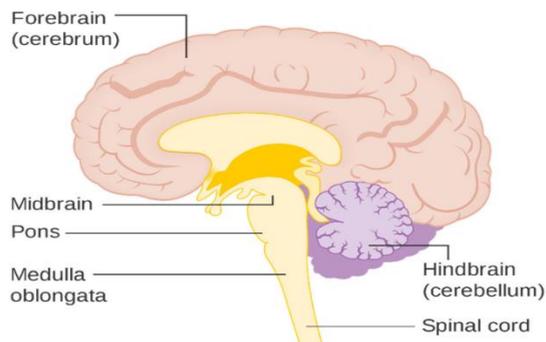
sel glia. Pada sistem saraf manusia terdapat berjuta-juta neuron. Neuron bertanggung jawab atas reaksi, transmisi, dan proses pengenalan stimuli, merangsang aktivitas sel-sel tertentu, dan melepas neurotransmitter. Transmisi impuls saraf hanya terjadi satu arah yakni ke dalam sel melalui dendrit dan keluar dari sel melalui akson. Satu neuron menerima dan mengirimkan sinyal dari ratusan sampai ribuan neuron lain. Sistem sinyal yang terjadi bersifat kimia dan listrik.

## A. SISTEM SARAF PUSAT

Sistem saraf pusat atau *central nervous system* (CNS) merupakan pusat kendali pada tubuh secara sadar dan tidak sadar yang terdiri dari kurang lebih 100 miliar sel neuron. Secara anatomis, sistem saraf pusat terdiri dari otak dan sumsum tulang belakang (*spinal cord*).

### 1. Otak

Otak merupakan organ yang terletak dalam rongga kranium tengkorak. Otak relatif lunak dan menyerupai gel karena tidak mempunyai jaringan ikat. Di samping itu, otak mempunyai struktur yang kompleks yang tersusun dalam lapisan (lamina) maupun yang tidak tersusun dalam lapisan. Otak memiliki tiga bagian utama yaitu otak bagian depan, otak bagian tengah, dan otak bagian belakang. Untuk lebih jelasnya lihat gambar 2.2 berikut.



**Gambar 2.2 Struktur Anatomi Otak**

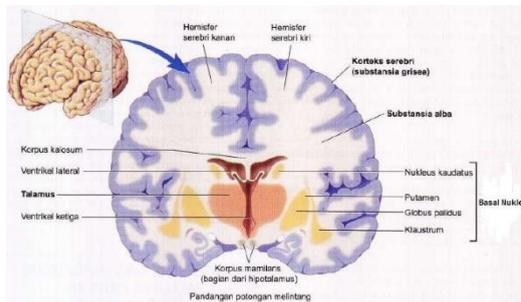
Berdasarkan gambar 2.2 menunjukkan bahwa otak bagian

depan terdiri dari talamus, hipotalamus, korteks serebri, hipokampus, dan ganglia basal. Otak bagian tengah terdiri dari tektum, tegmentum, kolikulus superior, kolikulus inferior dan substansi nigra. Sedangkan otak bagian belakang terdiri dari medula, pons, dan serebelum. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2.1 di bawah ini.

**Tabel 2.1 Bagian-bagian Utama Otak**

Area	Istilah	Struktur Utama
Otak bagian depan	Presensefalon ( <i>forward-brain</i> )	
	Diensefalon ( <i>between-brain</i> )	Talamus, hipotalamus
	Telensefalon ( <i>end-brain</i> )	Korteks serebri, hipokampus, ganglia basal
Otak bagian tengah	Mesensefalon ( <i>middle-brain</i> )	Tektum, tegmentum, kolikulus superior, kolikulus inferior, substansi nigra
Otak bagian belakang	Rhombensefalon ( <i>parallelogram-brain</i> )	Medula, pons, serebelum
	Metensefalon ( <i>ofterbrain</i> )	Pons, serebelum
	Mielensefalon	Medula

**a. Otak Besar (Cerebrum)**



**Gambar 2.3 Struktur Anatomi Otak Besar (Cerebrum)**

Berdasarkan gambar 2.3 menunjukkan bahwa *cerebrum*

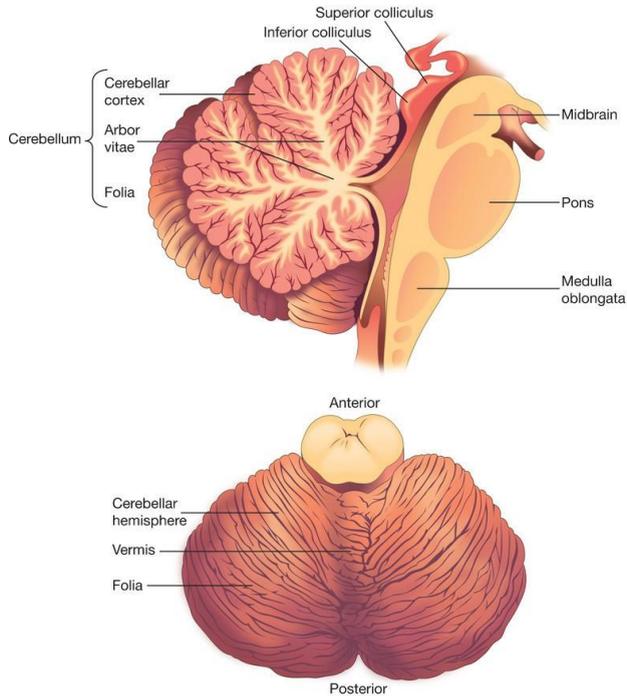
mengisi bagian depan dan atas rongga tengkorak. *Cerebrum* terdiri dari dua belahan (hemisfer) besar sel saraf (substansi kelabu) dan serabut saraf (substansi putih). Hemisfer serebri terdiri dari korteks (lapisan luar substansi kelabu yang terdiri dari sel saraf), serat saraf (menghubungkan bagian-bagian otak dan menghubungkan otak dengan medula spinalis), talamus, ganglia basalis, dan korpus kalosum (pita serat tebal yang menghubungkan hemisfer kanan dan kiri). Hemisfer sendiri merupakan bagian terbesar dari otak. Permukaan hemisfer serebri ditandai dengan girus (rigi) dan sulkus (fisura). Fisura dan sulkus inilah yang membagi hemisfer serebri menjadi beberapa bagian atau lobus yakni lobus frontalis, parietalis, occipitalis, dan temporalis.

Selain itu perlu diketahui bagian-bagian penting dari sulkus yaitu sulkus lateralis (memisahkan lobus temporalis dari lobus frontalis pada bagian anterior dan dari lobus parietalis pada bagian posterior), sulkus sentralis (memisahkan lobus frontalis dari lobus parietalis), sulkus parieto-occipitalis (memotong batas atas otak di dekat ujung posterior). Sedangkan fungsi dari *cerebrum* adalah untuk mengontrol mental, tingkah laku, pikiran, kesadaran, moral, kemauan, kecerdasan, kemampuan berbicara, bahasa, dan beberapa perasaan khusus.

#### **b. Otak Kecil (*Cerebellum*)**

*Cerebellum* merupakan bagian terbesar dari otak belakang yang menempati fossa cranii posterior dan berukuran seperti satu kepalan tangan. *Cerebellum* terletak di bawah lobus occipitalis hemisfer serebri yang dipisahkan oleh duramater. Antara *cerebellum* dan *cerebrum* dipisahkan oleh tentorium cerebelli. Sedangkan pemisah *cerebellum* dengan pons adalah ventriculus quartus. Permukaan *cerebellum* juga berlipat-lipat biasanya disebut folia cerebelli. Fisura antara tumpukan pada *cerebellum* sangat rapat dibandingkan dengan sulkus pada korteks serebri.

Untuk lebih jelasnya lihat gambar 2.4 berikut.



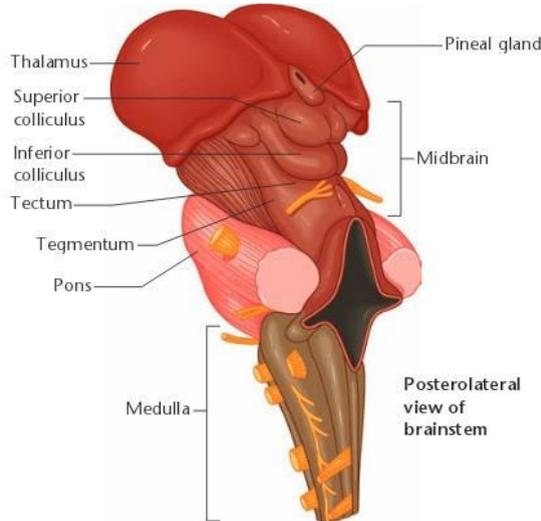
**Gambar 2.4 Struktur Anatomi Otak Kecil (*Cerebellum*)**

Berdasarkan gambar 2.4 menunjukkan bahwa *cerebellum* memiliki hubungan dengan berbagai bagian lain sistem persarafan, akan tetapi hubungan yang utama adalah dengan hemisfer serebri pada sisi lain dan dengan batang otak. Selain itu *cerebellum* menerima serabut dari sumsum tulang belakang dan berhubungan dengan pusat-pusat refleks penglihatan pada atap otak tengah (diensefalon), dengan talamus, dan serabut-serabut saraf pendengaran.

Fungsi dari *cerebellum* adalah mengatur sikap dan aktivitas sikap badan. Organ ini merupakan tempat koordinasi fungsi motoris otot, kontrol tonus otot, serta pertahanan postur dan keseimbangan.

### c. Batang Otak

Batang otak terdiri dari otak tengah (*diensefalon*), *pons varolli*, dan medula oblongata.



**Gambar 2.5 Struktur Anatomi Batang Otak**

**Otak tengah** merupakan bagian atas batang otak yang mengandung pusat-pusat pengendali keseimbangan dan gerakan-gerakan mata.

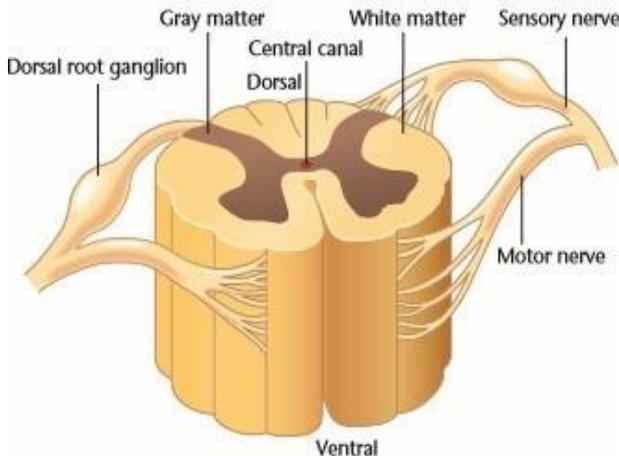
**Pons Varoli** merupakan bagian tengah batang otak dan memiliki banyak serabut yang menyilang melewati pons untuk menghubungkan kedua lobus *cerebellum* dan menghubungkan *cerebellum* dengan korteks serebri. Pons mempunyai permukaan yang menonjol dan mempunyai lipatan-lipatan horizontal.

**Medulla Oblongata** membentuk bagian bawah batang otak serta menghubungkan pons dengan sumsum tulang belakang. Medulla oblongata terletak dalam fosa kranialis posterior dan bersatu dengan sumsum tulang belakang tepat di bawah foramen magnum tulang oksipital. Medulla oblongata mengandung nukleus atau badan sel dari berbagai saraf otak yang penting, serta mengandung pusat-pusat vital yang berfungsi mengendalikan pernafasan dan sistem kardiovaskuler. Sehingga

suatu cedera yang terjadi pada batang otak dapat mengakibatkan masalah yang serius.

## 2. Sumsum Tulang Belakang (Spinal Cord atau Medulla Spinalis)

*Medulla spinalis* adalah bagian sistem saraf pusat yang terletak di *canalis vertebralis*, memanjang dari *foramen magnum* (*os occipitale*) sampai tulang vertebra lumbalis kedua. Sumsum tulang belakang ini berukuran sekitar 45 cm yang dibagian depannya dibelah sebuah *fisura anterior* yang dalam, sementara bagian belakang dibelah sebuah fisura yang sempit. Pada sumsum tulang belakang terdapat dua penebalan , yaitu penebalan servikal dan lumbal. Dari penebalan inilah pleksus-pleksus saraf bergerak melayani anggota gerak badan atas dan bawah, dan pleksus dari daerah toraks membentuk saraf-saraf interkostalis. Untuk lebih jelasnya lihat gambar 2.6 berikut.



**Gambar 2.6 Struktur Anatomi Sumsum Tulang Belakang**

Berdasarkan gambar 2.6 menunjukkan bahwa, sumsum tulang belakang terdiri atas dua area yang berbeda yaitu, inti *gray matter* bagian dalam yang berbentuk H dan area *white matter* yang mengelilinginya. *Gray matter* sebagian besar berupa badan sel dan interneuron yang tak-termielinasi, sedangkan *white matter*

sebagian besar terdiri atas akson yang termielinasi. Kedua lengan dorsal *gray matter* tulang belakang disebut *dorsal horns* (tanduk dorsal) dan kedua lengan ventralnya disebut *ventral horns* (tanduk ventral). Semua akson akar dorsal, somatik atau otomatis, adalah neuron unipolar sensorik (aferen) di mana badan selnya mengelompok di luar sumsum tulang belakang untuk membentuk *dorsal root ganglia*, sedangkan neuron akar ventral adalah neuron multipolar motorik (eferen) yang badan selnya berada dalam tanduk ventral. Yang menjadi bagian dari SNS memproyeksikan ke otot-otot skeletal dan yang menjadi bagian ANS memproyeksikan ke ganglia dan bersinap di neuron-neuron yang pada gilirannya akan berproyeksi ke organ-organ dalam (jantung, perut, hati, dll).

Fungsi sumsum tulang belakang adalah untuk komunikasi antara otak dan semua bagian tubuh, serta gerak refleks. Gerak refleks merupakan bagian dari mekanisme pertahanan tubuh yang terjadi jauh lebih cepat daripada gerak sadar, misalnya menutup mata pada saat terkena debu, menarik tangan kembali dari benda panas yang tersentuh tanpa sengaja.

## **B. Sistem Saraf Tepi**

Sistem saraf tepi terdiri dari sistem saraf somatik dan sistem saraf otonom.

### **1. Sistem Saraf Somatik**

Sistem saraf somatik merupakan bagian dari sistem saraf tepi yang berinteraksi dengan lingkungan eksternal. Sistem saraf somatik terdiri dari saraf aferen dan eferent. Saraf aferen bertugas membawa sinyal-sinyal sensorik dari kulit, otot-otot skeletal/otot-otot rangka, sendi, mata dan telinga ke sistem saraf pusat. Sedangkan saraf eferen membawa sinyal-sinyal motorik dari sistem saraf pusat ke otot skeletal.

Sistem saraf somatik terdiri dari dua bagian yaitu saraf

yang keluar dari sumsum tulang belakang dan saraf yang keluar dari otak. Saraf tulang belakang dimulai dari ujung saraf dorsal dan ventral sumsum tulang belakang.

Saraf-saraf sensori yang berada pada tulang belakang akan membawa informasi ke sistem saraf pusat terlebih dahulu. Setelah informasi diolah akan dikirim melalui saraf eferen ketujuanya dan akan menghasilkan respon motoris. Sedangkan, pada otak terdiri dari 12 pasang saraf kranial yang meninggalkan permukaan ventral otak yang sebagian besar tugasnya mengontrol fungsi sensori dan motorik dibagian kepala dan leher. 12 saraf kranial terdiri dari 3 pasang saraf sensorik, 5 pasang saraf motorik dan 4 pasang saraf gabungan. Berikut adalah 12 pasang saraf kranial. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 2.2 12 Pasang Saraf Kranial**

<b>Number and Name</b>	<b>Major Function</b>
<b>i. Olfactory</b>	<i>Smell</i>
<b>ii. Optic</b>	<i>Vision</i>
<b>iii. Oculomotor</b>	<i>Control of eye movements; pupil constriction</i>
<b>iv. Trochlear</b>	<i>Control of eye movements</i>
<b>v. Trigeminal</b>	<i>Skin sensations from most of the face; control of jaw muscles for chewing and swallowing</i>
<b>vi. Abducens</b>	<i>Control of eye movements</i>
<b>vii. Facial</b>	<i>Taste from the anterior two thirds of the tongue; control of facial expressions, crying, salivation, and dilation of the head's blood vessels</i>
<b>viii. Stato Acoustic</b>	<i>Hearing; equilibrium</i>
<b>ix. Glossopharyngeal</b>	<i>Taste and other sensations from throat and posterior third of the tongue; control of swallowing, salivation, throat movements during speech</i>
<b>x. Vagus</b>	<i>Sensations from neck and thorax; control of</i>

	<i>throat, esophagus, and larynx; parasympathetic nerves to stomach, intestines, and other organs</i>
<b>xi. Accessory</b>	<i>Control of neck and shoulder movements</i>
<b>xii. Hypoglossal</b>	<i>Control of muscles of the tongue</i>

Tabel 2.2 menjelaskan bahwa saraf kranial III, IV dan VI berwarna merah karena memiliki persamaan fungsi dalam pengendalian pergerakan mata. Saraf kranial VII, IX dan XII berwarna hijau karena memiliki persamaan dalam pengecapan serta pengendalian pergerakan lidah dan tenggorokan. Saraf kranial V, VIII, X dan XI berwarna hitam juga berperan dalam tenggorokan, tetapi saraf tersebut lebih dikenal karena fungsi-fungsi lainnya (Kalat, 2013:121). Setiap saraf kranial berasal dari sebuah nukleus (kumpulan neuron) yang mengintegrasikan semua informasi sensorik, mengendalikan respon motorik, atau keduanya sekaligus. Nuklei (bentuk jamak dari nukleus) untuk pasangan saraf V hingga XII terletak di dalam medula dan pons otak bagian belakang, nuklei untuk pasangan saraf I hingga IV terletak di dalam otak bagian tengah dan depan.

## 2. Sistem Saraf Otonom

Sistem saraf otonom adalah bagian dari sistem saraf yang mengatur bagian organ tubuh tanpa diatur secara sadar atau tanpa melalui proses kesadaran. Sistem saraf ini sering disebut sebagai sistem saraf *visceral* karena sistem tersebut bertugas mengurus organ-organ *visceral* dan pembuluh darah. Sistem saraf otonom terdiri dari saraf aferen dan saraf eferen. Saraf aferen bertugas membawa sinyal-sinyal sensorik dari organ dalam ke sistem saraf pusat. Saraf eferen bertugas membawa sinyal motorik dari sistem saraf pusat ke organ dalam. Sistem saraf otonom dibagi menjadi dua bagian yaitu sistem saraf simpatik dan parasimpatik. Distribusi saraf otonom pada organ terjadi sebagai pasangan simpatis dan para simpatis secara bersama sama. Akan

tetapi ada juga saraf simpatis yang tidak didampingi oleh saraf parasimpatis, seperti pada pembuluh darah arteriole. Menurut pembagian sederhana, dapat dikatakan bahwa umumnya organ *visceral* disebelah atas diafragma akan diaktifkan oleh sistem simpatis, sedangkan organ tubuh yang terletak di bawah diafragma akan diaktifkan oleh sistem parasimpatis.

#### **a. Sistem Saraf Simpatis**

Sistem saraf simpatis merupakan sebuah jaringan saraf yang mempersiapkan organ tubuh bagian dalam untuk aktivitas yang berat atau membutuhkan energi. Sehingga sistem saraf simpatis disebut sistem katabolik. Aktivitas saraf simpatis akan mempercepat denyut jantung, meningkatkan tekanan darah, dan lain-lain.

#### **b. Sistem Saraf Parasimpatis**

Sedangkan sistem saraf parasimpatis bertugas mempersiapkan organ atau tubuh untuk mengembalikan energi. Sehingga sistem saraf parasimpatis disebut sistem anabolik. Aktivitas parasimpatis akan mengurangi denyut jantung, menurunkan tekanan darah, dan mengaktifkan sistem pencernaan makanan.

**Contoh/Model**

**Latihan**

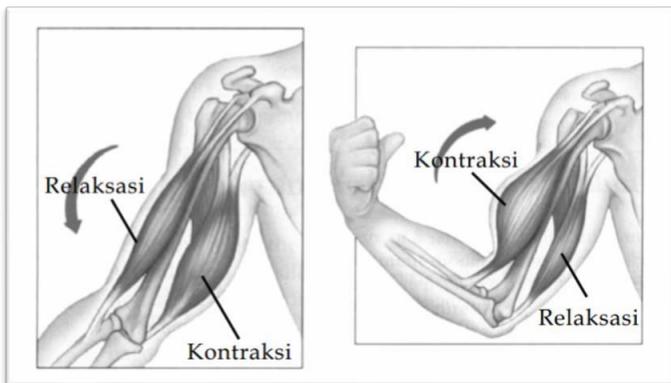
## Tindak Lanjut

**Refleksi**

# BAB | SISTEM

## III | 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. Secara makroskopis, kumpulan otot diselimuti oleh jaringan ikat berupa selaput transparan yang dinamakan *fascia*. Ujungujung 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.



**Gambar 3.1 Kontraksi dan Relaksasi Otot**

### A. Fungsi Otot

Fungsi utama sistem otot adalah :

1. Melaksanakan kerja, misalnya: berjalan, memegang, mengangkat (otot lurik)

2. Mengalirkan darah, mengedarkan sari makanan dan oksigen (otot polos).
3. Menggerakkan jantung (otot jantung)
4. Gerakan tubuh melalui kontraksi otot-otot kerangka
5. Penjagaan postur juga melalui otot-otot kerangka
6. Pernapasan melalui gerakan otot toraks
7. Produksi panas tubuh, yang diperlukan untuk mempertahankan suhu tubuh, sebagai produk sampingan dari kontraksi otot
8. Penjepitan organ-organ dan pembuluh, terutama oleh otot-otot lebih halus yang mampu menggerakkan benda padat dan cair dalam saluran pencernaan dan pembuangan lainnya, termasuk air seni dari organ.
9. Detak jantung disebabkan oleh kontraksi otot jantung yang mendorong darah ke seluruh bagian tubuh.

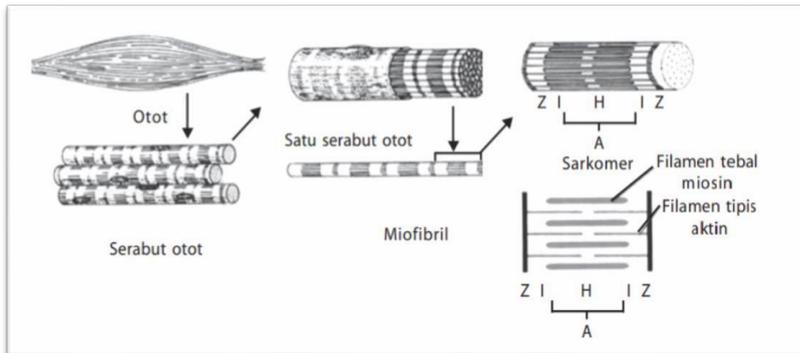
## **B. Macam-macam Otot**

### **1. Otot Lurik (otot rangka)**

Otot yang bersifat sadar (*volunteer*) dan melekat pada rangka. Jika dilihat menggunakan mikroskop terlihat berupa sel-sel otot berbentuk serabut-serabut halus panjang (miofibril). Otot rangka mengandung banyak inti sel (*multinuklei*) dan tampak garis-garis terang diselingi garis-garis gelap yang melintang. Oleh karena itu, otot lurik disebut juga otot serat lintang. Berdasarkan cara melekatnya di tulang, terdapat dua bagian otot, yaitu origo dan insersio. Origo merupakan ujung otot yang menempel di tulang yang kedudukannya tetap (tumpuan) ketika otot berkontraksi. Adapun insersio merupakan bagian otot yang menempel pada tulang yang akan digerakkan ketika otot berkontraksi.

Sel-sel otot lurik berbentuk silinder yang sangat panjang. Otot lurik memiliki inti di bagian tepi sel. Sekumpulan otot, misalnya otot biseps, ujung-ujungnya berupa tendon untuk melekat pada tulang.

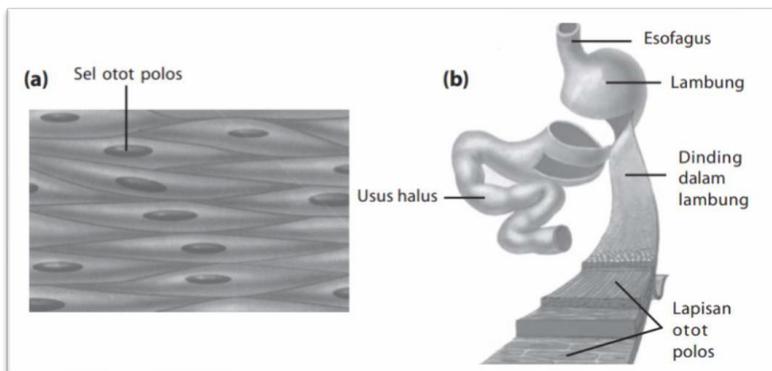
Keseluruhan kumpulan otot dibungkus oleh seludang jaringan ikat yang disebut **fasia superfasialis**. Kumpulan otot ini terdiri atas kumpulan yang lebih kecil lagi yang diseludangi oleh **fasia propia**. Kumpulan kecil terdiri atas serabut-serabut otot. Serabut otot secara fungsional merupakan satu sel otot. Jadi, boleh dikatakan satu serabut otot sama dengan satu sel otot saja. Satu sel otot dibungkus oleh membran sel (**sarkolema**). Sel otot terdiri atas miofibril-miofibril. Setiap miofibril terdiri atas dua macam miofilamen, yaitu filamen tipis dan filamen tebal. **Filamen tipis** terdiri atas 3 macam molekul protein, yaitu **aktin**, **troponin**, dan **tropomiosin**. Adapun filamen tebal terdiri dari satu macam filamen protein, yaitu **miosin**. Filamen tipis dan filamen tebal membentuk satu kesatuan disebut **sarkomer**. Kedua macam filamen ini bergabung secara berselang-seling dan tumpang tindih (*overlap*) dengan posisi filamen tipis lebih ke pinggir dan filamen tebal di tengah-tengah. Apabila otot dilihat dengan mikroskop berkekuatan tinggi, posisi tersebut memberi kesan gelap terang atau berlurik-lurik. Sarkomer yang satu bergabung dengan sarkomer sebelahnya pada bagian filamen tipis. Daerah ini disebut **garis Z**. Garis Z dengan filamen tipis yang memberi kesan terang disebut **pita I**. Sarkomer bagian tengah disebut garis M. Sebelah kiri dan kanan **garis M**, tepatnya yang terdiri atas filamen tebal yang tidak tumpangtindih oleh filamen tipis pada saat otot kontraksi, disebut **zona H**. Pita A, daerah gelap, adalah sarkomer yang mengandung filamen tebal dan ditumpang tindih oleh sebagian filamen tipis.



**Gambar 3.2 Otot Lurik**

## 2. Otot Polos

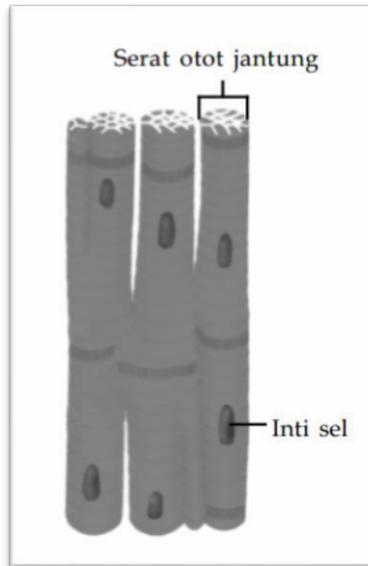
Sering juga disebut otot organ dalam atau otot viseral. Otot polos terdapat di organ-organ dalam, misalnya di saluran-saluran dalam sistem pernapasan, sistem pencernaan, pembuluh darah, dan saluran kencing. Bentuk sel-sel otot polos menyerupai gelendong dengan satu inti di tengah. Otot polos tidak dikendalikan oleh sistem saraf pusat sehingga otot-otot polos bekerja di luar kesadaran (involunteeer).



**Gambar 3.3 Otot Polos**

### 3. Otot Jantung

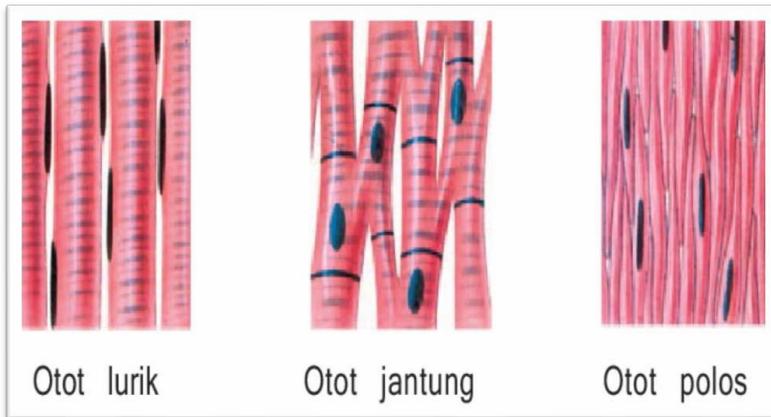
Memiliki struktur mirip dengan struktur otot lurik. Hal yang membedakannya adalah serabut otot jantung memiliki percabangan di serabut-serabut ototnya. Otot jantung menggerakkan jantung dan jenis sarafnya adalah saraf otonom. Oleh karena itu, otot jantung bekerja di luar kesadaran (involunteer).



Gambar 3.4 Otot Jantung

Tabel 3.1 Perbedaan Otot Polos, Lurik, dan Jantung

Pembeda	Otot Polos	Otot Lurik	Otot Jantung
Bentuk	gelondong, ujung runcing	silindris memanjang	silindris memanjang, bercabang
Jumlah Inti Sel	satu	banyak	satu
Letak Inti Sel	ditengah sel	ditepi sel	ditengah sel
Sistem Kerja	di luar kesadaran	di bawah kesadaran	di luar kesadaran
Reaksi	lambat	cepat	lambat
Gerakan	tidak cepat lelah	cepat lelah	Tidak cepat lelah
Letak	sistem organ	rangka	jantung



**Gambar 3.5 Perbedaan Otot Lurik, Polos, dan Jantung**

### C. Karakteristik Otot

1. **Kontraksibilitas**, yaitu kemampuan otot untuk memendek (berkontraksi).
2. **Ekstensibilitas**, yaitu kemampuan otot untuk memanjang (berelaksasi).
3. **Elastisitas**, yaitu kemampuan otot untuk dapat kembali pada ukuran semula setelah memendek atau memanjang.

### D. Jenis Gerak Otot

#### 1. Antagonis (berlawanan)

Contoh: biseps dan triseps pada otot lengan atas. Arah gerak otot antagonis

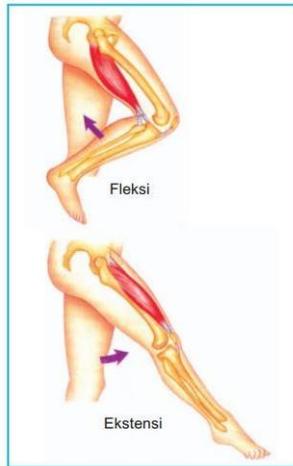
- 1) Ekstensor - flektor : meluruskan - membengkokkan
- 2) Abduktor - adduktor : menjauhkan - mendekatkan
- 3) Depressor - elevator : ke bawah - ke atas
- 4) Supinator - pronator : menengadahkan – menelungkup

#### 2. Sinergis (bersamaan)

Contoh: otot pronator teres dan pronator kuadratus pada lengan bawah.

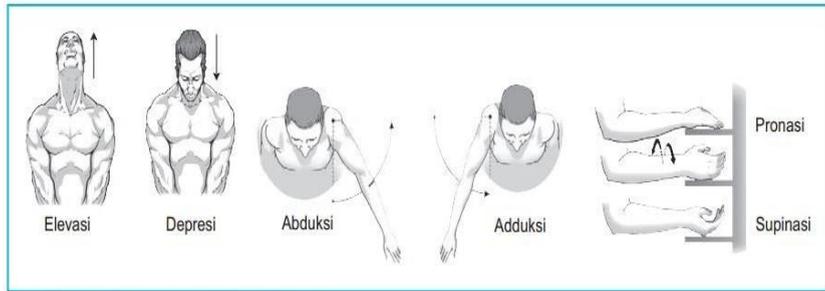
## E. Macam-macam Gerakan Otot

- a. **Fleksi:** gerakan membengkokkan, misalnya membengkokkan pada siku, lutut, jari.
- b. **Ekstensi:** gerak meluruskan, misalnya meluruskan siku, lutut, dan ruas jari.



**Gambar 3.6 Gerakan Fleksi dan Ekstensi**

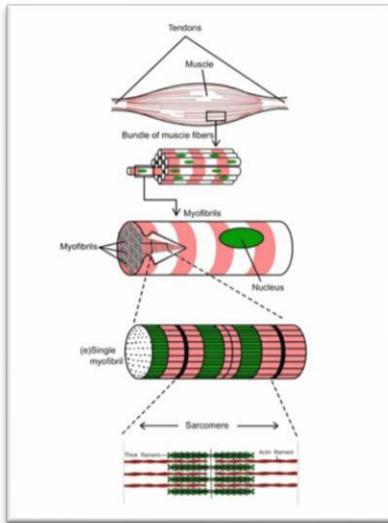
- c. **Abduksi:** gerak menjauhkan misalnya gerak tungkai menjauhkan dari sumbu tubuh.
- d. **Adduksi:** gerak mendekatkan dengan sumbu tubuh, misalnya gerak mendekatkan tungkai dengan sumbu tubuh.
- e. **Pronasi:** gerak memutar lengan sehingga telapak tangan menelungkup.
- f. **Supinasi:** gerak memutar lengan sehingga tangan menengadiah.
- g. **Depresi:** gerak menekan ke bawah atau menurunkan.
- h. **Elevasi:** gerak mengangkat ke atas.



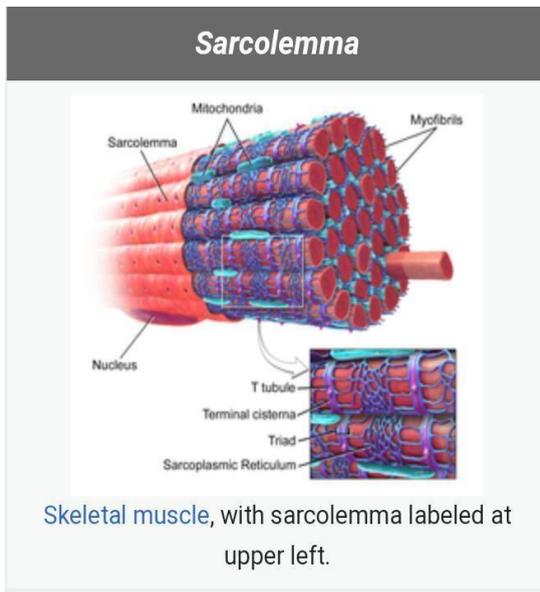
**Gambar 3.7 Macam-Macam Gerakan Otot**

### **F. Mekanisme Kerja Otot**

Pada tahun 1955, Hansen dan Huxly, mengemukakan teori sliding filaments (filamen yang bergeser) pada otot lurik. Mereka menyatakan bahwa saat otot berkontraksi tidak terjadi pemendekan filamen, namun hanya pergeseran filamen- filamen. Melalui pengamatan dengan menggunakan mikroskop elektron dan difraksi sinar X, Hansen dan Huxly menemukan dua set filamen, yaitu aktin dan miosin. Aktin dan miosin tersebut bergeser sehingga otot dapat memendek dan memanjang saat otot berkontraksi dan berelaksasi. Filamen tersebut terdapat di dalam sarkomer. Sarkomer terdapat dalam sel otot. Jumlah filamen dalam satu sarkomer dapat mencapai ratusan hingga ribuan filamen, bergantung jenis ototnya. Filamen- filamen tersebut membangun 80% massa sarkomer.

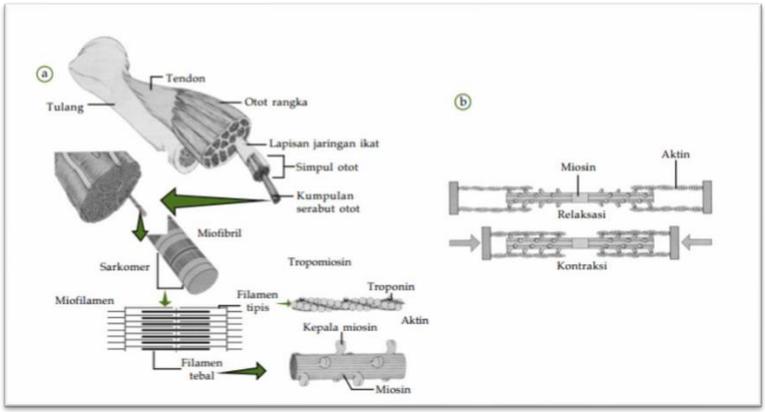


**Gambar 3.8 Histologi Otot**



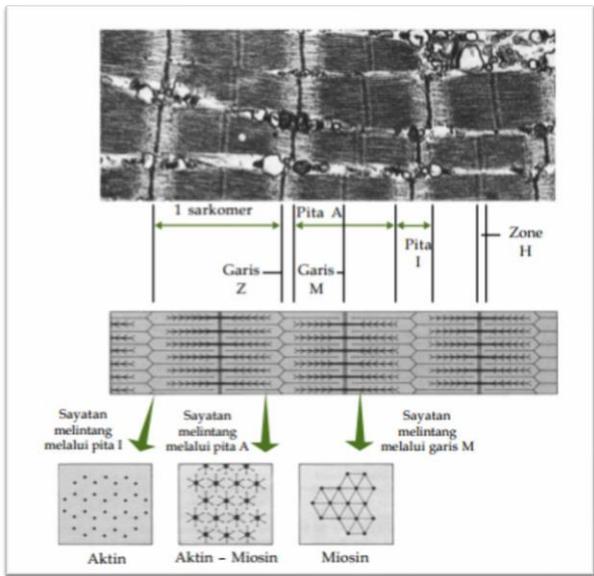
Skeletal muscle, with sarcolemma labeled at upper left.

**Gambar 3.9 Sarkolema**

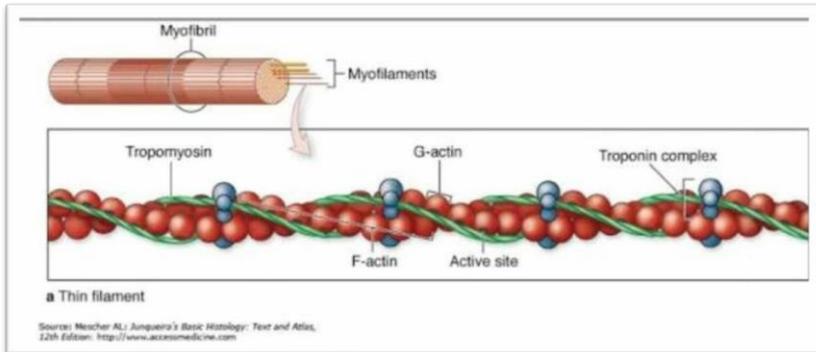


**Gambar 3.10 Histologi Otot**

Pada saat berkontraksi, filamen aktin berikatan dan meluncur sepanjang filamen miosin. Zona H adalah bagian terang, yang berada di antara bagian A yang berupa pita gelap. Pita yang terang disebut pita I. Pada saat berkontraksi, di zona-zona tersebut terjadi perubahan. Pita I dan zona H akan berubah jadi semakin sempit, atau bahkan hilang sama sekali.

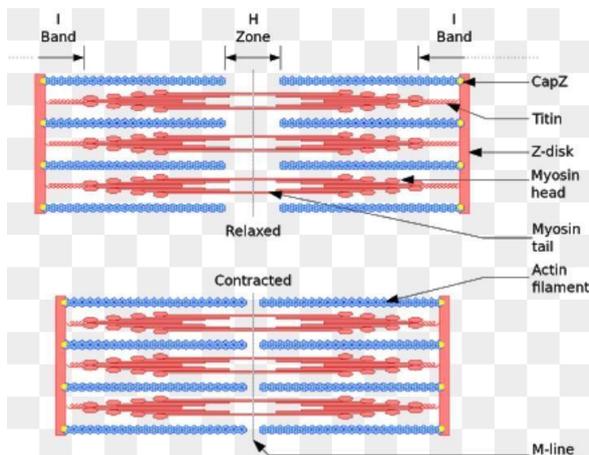


**Gambar 3.11 Komponen Sarkomer**



**Gambar 3.12 Komponen Myofibril**

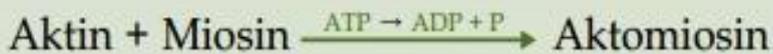
Kontraksi otot dipacu oleh potensial aksi dari sinaps sel saraf yang menyebabkan pelepasan ion kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) oleh retikulum sarkoplasma (retikulum endoplasma yang terspesialisasi) di otot. Pelepasan  $\text{Ca}^{2+}$  menyebabkan protein regulator tropomiosin dan troponin berubah bentuk. Hal ini memungkinkan terjadi ikatan antara kepala miosin dan filamen aktin. Ketika filamen-filamen aktin meluncur menuju tengah sarkomer, otot memendek (kontraksi). Pada saat relaksasi, filamen-filamen tersebut kembali ke bentuk semula.



**Gambar 3.13 Mekanisme Kontraksi dan Relaksasi Otot Pada**

Pada saat filamen aktin meluncur, kepala miosin akan membentuk ikatan (*cross bridges*) dengan sebuah bonggol pada badan filamen aktin. Agar dapat berikatan, dibutuhkan energi yang diperoleh dari pemecahan ATP (*adenosine triphosphate*) menjadi ADP (*adenosine diphosphate*). Kombinasi aktin dan miosin dengan bantuan energi dari ATP ini disebut aktomiosin.

Berikut adalah reaksinya.



Sel otot umumnya hanya menyimpan sedikit ATP untuk beberapa kali kontraksi. Untuk kontraksi berulang, diperlukan ATP lebih banyak. Energi tersebut diperoleh dari cadangan energi berupa kreatin fosfat. Cadangan energi ini memberikan gugus fosfat kepada ADP (*adenosine diphosphate*) untuk membentuk ATP. Namun, cadangan kreatin fosfat akan habis jika otot bekerja lebih keras. Untuk menunjang pergerakan otot yang lebih keras dan lama, mitokondria sel otot lebih banyak memerlukan glukosa dan oksigen. Oleh karena itu, detak jantung dan napas akan lebih cepat. Glukosa dan oksigen digunakan untuk respirasi sel dan menghasilkan ATP.

Meskipun detak jantung dan napas lebih cepat, namun tetap diperlukan waktu bagi glukosa dan oksigen mencapai sel otot. Untuk menyediakan energi secara cepat, glikogen yang terdapat pada otot dapat dipecah menjadi glukosa dan asam laktat. Secara normal sel memerlukan oksigen untuk memecah karbohidrat dan mensintesis ATP. Namun, pemecahan glikogen dapat terjadi tanpa oksigen, yaitu melalui proses fermentasi asam laktat.

Selama latihan keras, asam laktat terakumulasi di otot. Asam laktat di otot dapat menyebabkan otot lelah dan sakit. Namun, asam laktat secara berkala terbawa aliran darah menuju hati. Kemudian, asam laktat diubah menjadi asam piruvat oleh sel

hati. Proses fermentasi asam laktat untuk menghasilkan ATP ini disebut juga respirasi anaerob (berasal dari bahasa Yunani, *an* artinya tanpa; *aer* artinya udara; *bios* artinya hidup).

Ketika detak jantung dan napas bertambah kencang, hal ini memberikan lebih banyak udara pada sel otot sehingga sel otot mampu melakukan respirasi secara normal (respirasi aerob). Sebagian besar ATP yang dihasilkan mitokondria melalui proses fosforilasi oksidatif. Proses ini menggunakan energi kimia yang berasal dari katabolisme karbohidrat, lemak, atau protein. Oksigen tambahan ini digunakan untuk mengubah banyak asam laktat menjadi glikogen kembali.

**Contoh/Model**

## Latihan

## Tindak Lanjut

## Refleksi

# BAB | SISTEM RANGKA IV | DAN TULANG

Salah satu ciri makhluk hidup adalah bergerak. Kita sebagai makhluk hidup setiap saat bergerak, bahkan ketika tidur sekalipun. Mengapa kita dapat bergerak dan apa yang menggerakkan bagian-bagian tubuh kita?. Manusia membutuhkan rangka dan otot untuk dapat bergerak. Rangka tidak dapat bergerak sendiri apabila tidak digerakkan oleh otot. Oleh sebab itu, rangka merupakan **alat gerak pasif**. Sebaliknya, otot dapat melakukan gerak sendiri sehingga otot disebut **alat gerak aktif**. Gerak tubuh manusia dihasilkan karena adanya kerjasama antara rangka dan otot.

## A. Fungsi Rangka

Rangka tubuh manusia tersusun dari 206 tulang dengan berbagai bentuk dan ukuran. Rangka pada manusia memiliki fungsi-fungsi sebagai berikut.

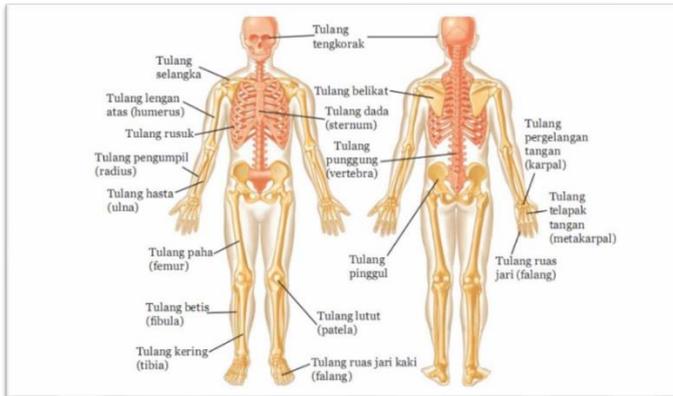
1. Formasi bentuk tubuh. Tulang-tulang yang menyusun rangka tubuh menentukan bentuk dan ukuran tubuh
2. Formasi sendi-sendi. Tulang-tulang yang berdekatan membentuk persendian yang bergerak, tidak bergerak, atau sedikit bergerak, bergantung pada kebutuhan fungsional tubuh.
3. Pelekatan otot-otot. Tulang-tulang menyediakan permukaannya sebagai tempat untuk melekatkan otot-otot. Otot dapat berfungsi dengan baik bila melekat dengan kuat pada tulang.
4. Bekerja sebagai pengungkit. Tulang digunakan sebagai pengungkit untuk bermacam-macam aktivitas selama pergerakan.

5. Penyokong berat badan serta daya tahan untuk menghadapi pengaruh tekanan. Tulang-tulang menyokong berat badan, memelihara sikap tubuh tertentu (misalnya sikap tegak pada tubuh manusia), serta menahan tarikan atau tekanan pada tulang.
6. Proteksi. Tulang-tulang membentuk rongga yang melindungi organ-organ halus seperti otak, sumsum tulang belakang, jantung, paru-paru, dan sebagian besar organ-organ tubuh dalam.
7. Hemopoesis. Sumsum tulang merupakan tempat pembentukan sel darah.
8. Fungsi imunologis. Sel imunitas dibentuk di dalam sumsum tulang. Misalnya pembentukan limfosit B yang kemudian membentuk antibodi untuk sistem kekebalan tubuh.
9. Penyimpanan kalsium. Tulang mengandung sekitar 97% kalsium yang terdapat di dalam tubuh. Kalsium tersebut berupa senyawa anorganik maupun garam-garam, terutama kalsium fosfat. Kalsium akan dilepaskan ke darah bila dibutuhkan.

## **B. Pengelompokan Rangka Manusia**

Rangka manusia terdiri atas kurang lebih 206 tulang. Berdasarkan letak tulang-tulang terhadap sumbu tubuh, rangka dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok. Kelompok pertama adalah **rangka aksial** yang berada di bagian tengah sumbu tubuh. Kelompok kedua, adalah **rangka apendikular** yang berada di bagian tepi dari sistem rangka aksial.

Rangka aksial terdiri atas tulang kepala (**tengkorak**), ruas-ruas tulang belakang (**vertebrae**), tulang dada (**sternum**), dan tulang rusuk (kosta). Rangka apendikular terdiri atas **gelang bahu**, **anggota gerak atas** (tungkai atas), **gelang panggul**, dan **anggota gerak bawah** (tungkai bawah).



**Gambar 4.1 Rangka Manusia**

## 1. Rangka Aksial

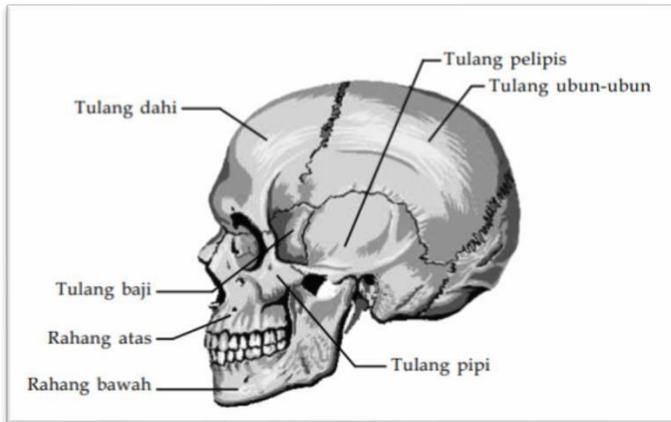
Rangka aksial merupakan tulang-tulang yang berada di bagian tengah sumbu tubuh. Tulang rangka aksial terdiri atas tulang kepala, ruas tulang belakang, tulang dada, dan tulang rusuk.

**Tabel 4.1 Tulang-tulang Penyusun Rangka Aksial**

Kelompok Tulang	Nama Tulang Penyusun	Jumlah
1. Tengkorak terdiri dari:		
a. Kranium (tempurung kepala)	Dahi (frontal) Ubun-ubun (parietal) Pelipis (temporal) Kepala belakang (oksipital) Tulang baji (stenooid) Tapis (etmoid)	1 2 2 1 1 1
b. Wajah	Rahang bawah (mandibula) Hidung (nasal) Lakrimal Vomer Konka inferior Pipi (zigomatik) Rahang atas (maksilia)	1 2 2 1 2 2 2
c. Telinga	Martil (maleus) Paron (inkus) Stapes	2 2 2
2. Tulang belakang (vertebrae)	Servik (leher) Toraks (punggung) Lumbar (pinggang) Koksigea (tulang ekor, 4 ruas berfusi menjadi 1)	7 12 5 1
3. Tulang dada (sternum)	Manubrium (hulu) Gladiolus (badan) Xifoid (taju pedang)	1 1 1
4. Rusuk (kosta)	Rusuk sejati Rusuk palsu Rusuk melayang	7 pasang 3 pasang 2 pasang

### a. Tulang Kepala

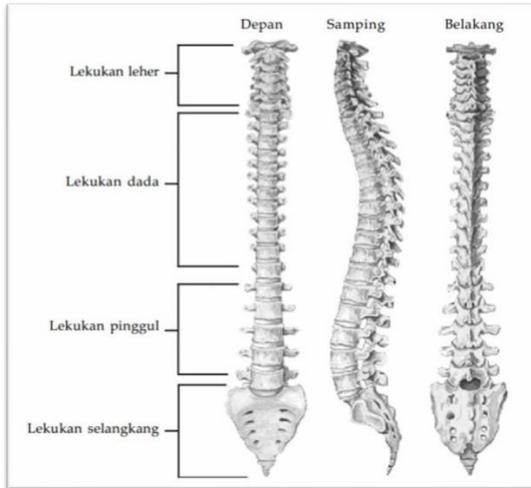
Tulang kepala terdiri atas tulang tempurung (**kranium**) dan tulang rahang. Tulang kepala berfungsi sebagai pelindung otak, organ pendengaran, dan organ penglihatan.



**Gambar 4.2 Tulang Kepala**

#### **b. Tulang Belakang (*Columna Vertebralis*)**

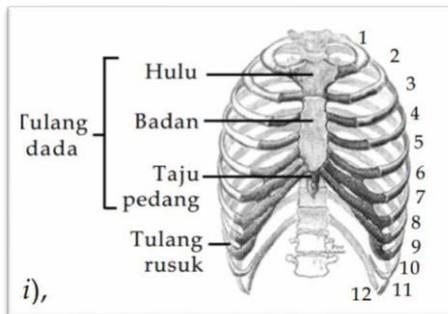
Tulang belakang merupakan penopang tubuh utama. Terdiri atas jejeran tulang-tulang belakang (*vertebrae*). Di antara tulang- tulang *vertebrae* terdapat *discus intervertebralis* merupakan tulang rawan yang membentuk sendi yang kuat dan elastis. *Discus intervertebralis* memungkinkan tulang belakang bergerak ke segala arah. Jika dilihat dari samping, tulang belakang membentuk lekukan leher (**cervix**), lekukan dada (**thorax**), lekukan pinggul (**lumbar**), dan lekukan selangkang (**sacral**).



**Gambar 4.3 Tulang Belakang**

**c. Tulang Dada (*Sternum*) dan Tulang Rusuk (*Costa*)**

Tulang dada terdiri atas bagian hulu atau tangkai (*manubrium sterni*), bagian badan (*corpus sterni*), dan taju pedang (*processus xyphoideus*). Tulang rusuk terdiri atas 12 pasang tulang rusuk, yaitu 7 pasang rusuk sejati (*costa vera*), 3 pasang rusuk palsu (*costa spuria*), dan 2 pasang rusuk melayang (*costa fluctuantes*). Bersama lekukan *thorax* pada tulang belakang, tulang dada dan tulang rusuk membentuk rongga dada (*thorax*) yang melindungi organ-organ penting seperti jantung, paru-paru, dan pembuluh darah.



**Gambar 4.4 Tulang Dada dan Tulang Rusuk**

## 2. Rangka Apendikular

Rangka apendikular meliputi anggota gerak tubuh. Rangka apendikular dapat dikelompokkan menjadi gelang bahu, tulang anggota gerak atas, gelang panggul, dan tulang anggota gerak bawah.



Gambar 4.5 Rangka Apendikular

Tabel 4.2 Tulang-tulang Penyusun Rangka Apendikular

Bagian Tulang	Tulang Penyusun	Jumlah
1. Tungkai	Lengan atas (humerus)	2
a. Tungkai atas	Pengumpil (radius)	2
	Hasta (ulna)	2
	Pergelangan tangan (karpal)	16
	Telapak tangan (metakarpal)	10
	Jari-jari tangan (falanges)	28
b. Tungkai bawah	Paha (femur)	2
	Tempurung kaki (patela)	2
	Kering (tibia)	2
	Betis (fibula)	2
	Pergelangan kaki (tarsal)	14
	Telapak kaki (metatarsal)	10
	Jari-jari kaki (falanges)	28
2. Gelang bahu	Tulang selangka (klavikula)	2
	Tulang belikat (skapula)	2
3. Gelang panggul	Ilium	1
	Ischium	1
	Pubis	1
	} Bersatu	

### **a. Gelang bahu**

Terdapat dua gelang bahu, yaitu kanan dan kiri. Masing-masing gelang bahu terdiri atas tulang selangka (*clavicula*) dan tulang belikat (*scapula*).

### **b. Tulang anggota gerak atas**

Tulang anggota gerak atas terdiri atas dua tungkai, kanan dan kiri. Masing-masing terdiri atas:

- a. tulang lengan atas (*humerus*)
- b. tulang hasta (*ulna*)
- c. tulang pengumpil (*radius*);
- d. 8 tulang pergelangan tangan (*carpal*);
- e. 5 tulang telapak tangan (*metacarpal*);
- f. 14 tulang jari tangan (*phalanges*).

### **c. Gelang panggul**

Gelang panggul terdiri atas 2 tulang pinggul (*coxae*) di kanan dan kiri. Gelang panggul sangat stabil dan berfungsi menahan berat tubuh.

### **d. Tulang anggota gerak bawah**

Tulang anggota gerak bawah terdiri atas dua tungkai kaki, kanan dan kiri. Masing-masing terdiri atas:

- a. tulang paha (*femur*);
- b. tulang tempurung (*patella*);
- c. tulang kering (*tibia*);
- d. tulang betis (*fibula*);
- e. 7 tulang pergelangan kaki (*tarsal*);
- f. 5 tulang telapak kaki (*metatarsal*);
- g. 14 tulang jari kaki (*phalanges*).

## **C. Tulang**

Secara histologi (struktur jaringan), tulang merupakan jaringan ikat yang khusus. Dalam hal ini, matriks tulang disusun oleh garam organik yang mengalami mineralisasi, terutama

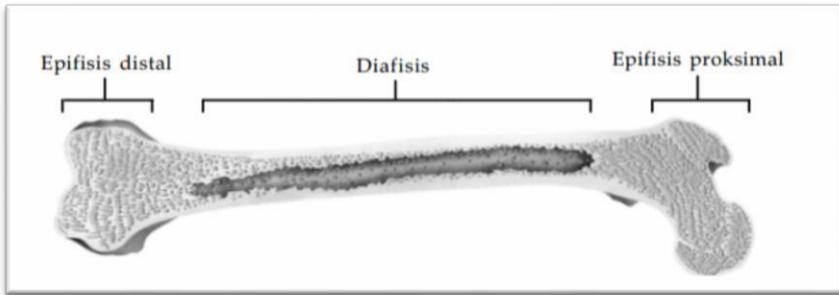
kalsium fosfat. Jaringan tulang memiliki suatu sistem kanal (saluran). Melalui saluran-saluran ini suplai darah untuk masing-masing sel tulang dapat tercukupi. Tulang memperlihatkan suatu corak pertumbuhan yang khusus dan memiliki daya regenerasi (pemulihan dini) yang besar, oleh karena itu, jika tulang mengalami cedera atau infeksi akan terjadi penyembuhan.

#### **D. Bentuk Tulang**

Berdasarkan bentuk dan ukurannya, tulang yang menyusun rangka tubuh manusia dibagi menjadi beberapa kelompok, yaitu tulang pipa, tulang pendek, tulang pipih, dan tulang tidak beraturan.

##### **1. Tulang Pipa (Tulang Panjang)**

Tulang pipa merupakan tulang yang berbentuk seperti pipa atau silindris (*diáfise*) dengan kedua ujung tulang membulat (*epífise*). **Diáfise** merupakan bagian tengah tulang yang memanjang dan di tengahnya terdapat rongga, sedangkan **epífise** merupakan bagian ujung tulang yang tersusun dari tulang rawan. Diantara *diáfise* dan *epífise* terdapat **metáfise**. **Metáfise** tersusun dari tulang rawan. Pada *metáfise* terdapat cakra *epífise*, yaitu bagian tulang pipa yang memiliki kemampuan untuk tumbuh memanjang. Bagian tengah tulang pipa memiliki rongga yang didalamnya berisi **sumsum tulang**. Sumsum tulang merupakan kumpulan pembuluh darah dan saraf. Sumsum tulang pipa berupa sumsum tulang merah dan kuning. **Sumsum tulang merah** merupakan tempat pembentukan sel darah merah, sedangkan **sumsum tulang kuning** merupakan tempat pembentukan sel-sel lemak. Tulang pipa berfungsi untuk persendian. Tulang seperti ini umumnya ditemukan pada tulang anggota gerak, seperti tulang paha, tulang betis, dan tulang hasta.



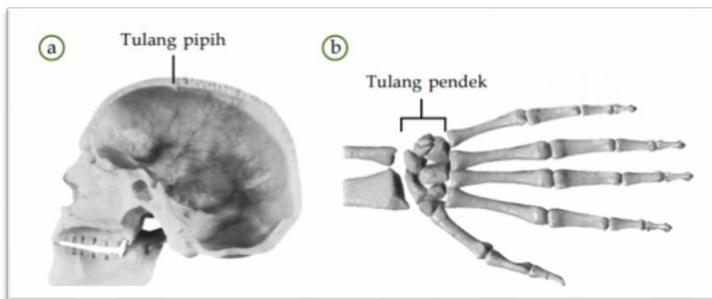
**Gambar 4.6 Tulang Pipa**

## 2. Tulang Pendek

Tulang pendek merupakan tulang-tulang yang lebih kecil dan tidak ada perbedaan yang nyata antara ukuran panjang dan lebarnya. Bentuk tulang pendek seperti kubus, paku, atau berbentuk bulat. Tulang pendek dapat bergerak bebas. Tulang seperti ini ditemukan pada tulang telapak kaki dan tangan.

## 3. Tulang Pipih

Tulang pipih merupakan tulang yang berbentuk lempengan- lempengan pipih yang lebar. Tulang pipih berfungsi untuk melindungi struktur tubuh di bagian bawahnya dan dapat ditemukan pada tulang pinggul, belikat dan tempurung kepala.



**Gambar 4.7 Tulang Pipih dan Tulang Pendek**

## 4. Tulang Tidak Beraturan

Tulang tidak beraturan merupakan tulang dengan bentuk kompleks yang berhubungan dengan fungsi khusus. Tulang tidak beraturan ditemukan pada tulang rahang, tulang-tulang kepala, dan

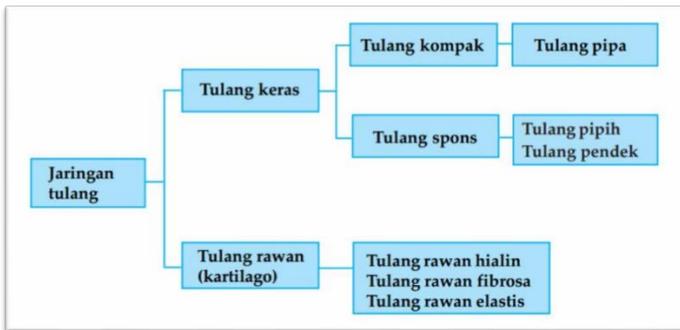
ruas-ruas tulang belakang.



**Gambar 4.8 Tulang Tidak Beraturan**

### E. Jenis Tulang

Menurut jaringan penyusun dan sifat-sifatnya, tulang dibedakan menjadi tulang rawan dan tulang keras.



**Gambar 4.9 Bagan Pengelompokan Jenis Tulang**

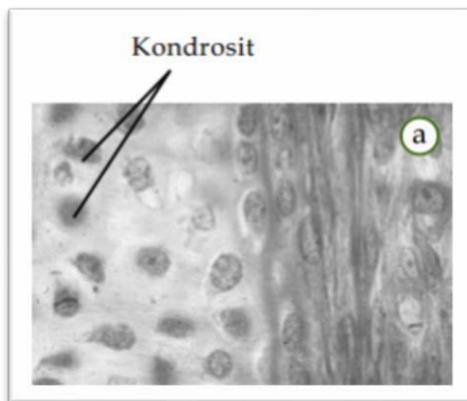
#### 1. Tulang Rawan (Kartilago)

Tulang rawan terdiri atas sel-sel tulang rawan yang disebut kondroblas. Sel-sel ini mengeluarkan matriks yang disebut kondrin. Lama-kelamaan kondroblas akan terkurung oleh matriksnya sendiri dalam ruangan yang disebut lakuna. Di dalam lakuna terdapat kondroblas yang bersifat tidak aktif disebut kondrosit (sel tulang rawan). Tulang rawan pada anak-anak

berbeda dengan tulang rawan pada orang dewasa. Tulang rawan pada anak-anak berasal dari mesenkim dan lebih banyak mengandung sel-sel tulang rawan. Sementara itu, tulang rawan orang dewasa lebih banyak mengandung matriks dan berasal dari perikondrium (selaput tulang rawan) yang mengandung kondroblas. Tulang rawan pada orang dewasa hanya terdapat pada bagianbagian tertentu. Matriks pada tulang rawan umumnya berupa hialin yang homogen dan jernih. Matriks yang berserabut lebih banyak mengandung zat kolagen (zat perekat tulang).

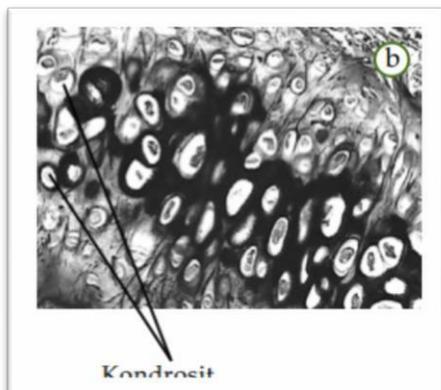
Berdasarkan susunan serabutnya, tulang rawan dapat digolongkan menjadi tiga jenis, yaitu sebagai berikut.

- a. **Tulang rawan hialin**, mempunyai serabut tersebar dalam anyaman yang halus dan rapat. Tulang rawan hialin terdapat di ujung-ujung tulang rusuk yang menempel ke tulang dada.



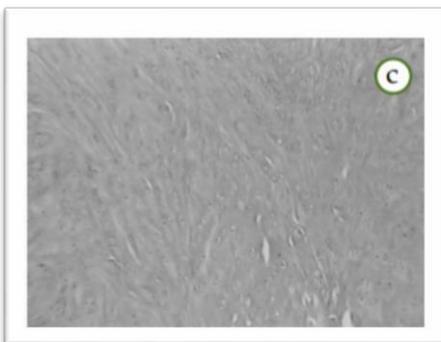
**Gambar 4.10 Tulang Rawan Hialin**

- b. **Tulang rawan elastis**, susunan sel dan matriksnya mirip tulang rawan hialin, tetapi tidak sehalus dan serapat tulang rawan hialin. Tulang rawan elastis terdapat di daun telinga, laring, dan epiglottis).



**Gambar 4.10 Tulang Rawan Elastis**

- c. **Tulang rawan fibrosa**, matriksnya tersusun kasar dan tidak beraturan. Tulang rawan fibrosa terdapat di cakram antartulang belakang dan simfisis pubis (pertautan tulang kemaluan).



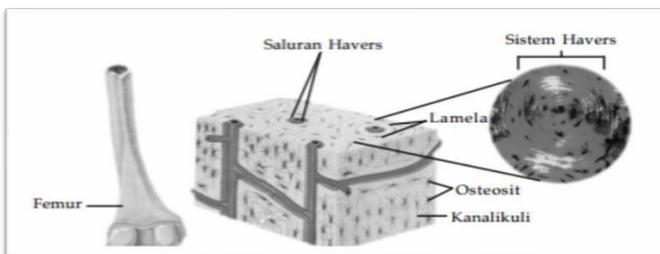
**Gambar 4.10 Tulang Rawan Fibrosa**

## 2. Tulang Keras (Osteon)

Tulang keras merupakan kumpulan sel tulang yang mengeluarkan matriks yang mengandung zat kapur dan fosfat. Kedua zat ini menyebabkan tulang menjadi keras. Pada tulang keras, osteoblas pada lakuna menjadi tidak aktif dan disebut osteosit (sel tulang). Antara lakuna satu dengan lakuna lainnya dihubungkan oleh kanalikuli. Di dalam kanalikuli terdapat sitoplasma dan pembuluh darah yang bertugas memenuhi kebutuhan nutrisi osteosit. Tulang keras dibedakan menjadi dua,

yaitu tulang kompak dan tulang spons (tulang berongga). Tulang kompak (tulang padat) mempunyai matriks tulang yang rapat dan padat, misalnya pada tulang pipa. Tulang spons matriksnya berongga. Rongga-rongga pada tulang spons diisi oleh jaringan sumsum tulang. Apabila berwarna merah berarti mengandung sel-sel darah merah, misalnya pada epifisis tulang pipa. Apabila berwarna kuning berarti mengandung sel-sel lemak, misalnya pada diafisis tulang pipa.

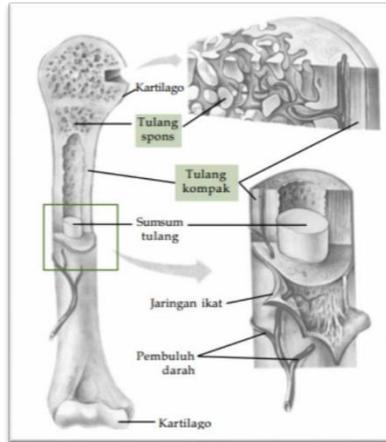
Tulang terbentuk dari tulang rawan yang mengalami penulangan (**osifikasi**). Ketika tulang rawan (**kartilago**) terbentuk, rongga-rongga matriksnya terisi oleh **sel osteoblas**. Osteoblas merupakan lapisan sel tulang muda. Osteoblas akan menyekresikan zat interseluler seperti kolagen yang akan mengikat zat kapur. Osteoblas yang telah dikelilingi zat kapur akan mengeras dan menjadi **osteosit** (sel tulang keras). Antara sel tulang yang satu dan sel tulang yang lain dihubungkan oleh juluran-juluran sitoplasma yang disebut **kanalikuli**. Setiap satuan sel osteosit akan mengelilingi suatu sistem saraf dan pembuluh darah sehingga membentuk sistem **Havers Matriks** di sekitar sel-sel tulang memiliki senyawa protein yang dapat mengikat kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) dan fosfor ( $\text{CaPO}_4$ ). Kapur dan fosfor tersebut membuat tulang menjadi keras. Berdasarkan matriksnya, bagian tulang dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu **tulang kompak** dan **tulang spons**.



**Gambar 4.13 Tulang Keras**

Tulang kompak memiliki matriks yang padat dan rapat,

sedangkan tulang spons memiliki matriks yang berongga-rongga. Sebenarnya, kedua jenis tulang tersebut terdapat di suatu tempat yang sama. Penamaan diambil hanya dengan melihat bagian mana yang paling dominan.



**Gambar 4.14 Tulang Kompak Dan Tulang Spons**

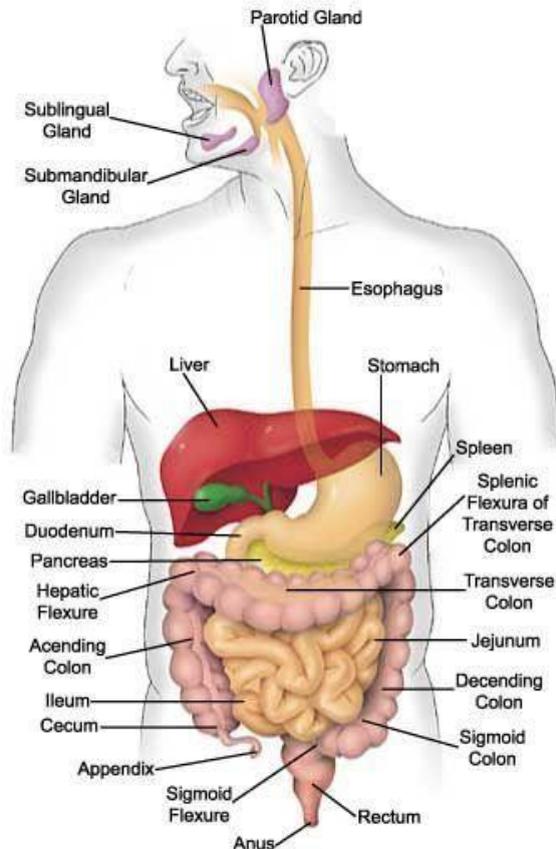
**Contoh/Model**

## Latihan

## Tindak Lanjut

**Refleksi**

# BAB | SISTEM V | PENCERNAAN



**Gambar 5.1 Saluran Pencernaan beserta Organ Pencernaan Tambahan**

Sistem pencernaan merupakan sistem yang meliputi penerimaan makanan dan mempersiapkannya untuk di asimilasikan oleh tubuh. Sistem pencernaan berperan dalam homeostasis dengan memindahkan nutrisi, air, dan elektrolit dari lingkungan eksternal ke lingkungan internal. Homeostasis ini

penting bagi kelangsungan hidup sel, dikarenakan sel memerlukan pasokan nutrisi yang terus menerus untuk menunjang reaksi kimia penghasil energi, selain itu fungsi normal sel juga bergantung pada ketersediaan air dan berbagai elektrolit yang di dapat melalui proses pencernaan. Sistem pencernaan berfungsi untuk menerima makanan, mencerna makanan menjadi zat gizi dan energi, menyerap zat gizi ke dalam aliran darah serta membuang sisa proses tersebut dari tubuh.

Makanan yang dimakan penting bagi tubuh sebagai sumber energi yang kemudian digunakan oleh sel dalam menghasilkan ATP untuk menjalankan berbagai aktivitas yang bergantung pada energi, misalnya transportasi aktif, kontraksi, sintesis, dan sekresi. Selain itu makanan juga merupakan sumber bahan untuk perbaikan, perbaruan, dan penambahan jaringan tubuh.

Pada proses pencernaan terdapat empat proses pencernaan dasar, yaitu:

1. **Motilitas**, merupakan kegiatan yang mengacu pada kontraksi otot yang mencampur dan mendorong isi saluran pencernaan. Gerakan mencampur ini memiliki fungsi ganda yaitu dengan mencampur makanan dan getah pencernaan yang dapat membantu proses pencernaan serta mempermudah penyerapan dengan memajukan semua bagian isi usus ke permukaan penyerapan saluran pencernaan.
2. **Sekresi**, sejumlah getah pencernaan disekresikan ke dalam lumen saluran pencernaan oleh kelenjar eksokrin yang berada di sepanjang rute pencernaan. Pada setiap sekresi pencernaan terdiri dari air, elektrolit, dan konstituen organik spesifik yang penting dalam proses pencernaan seperti enzim, garam empedu, atau mukus.
3. **Pencernaan**, merupakan proses yang meliputi proses penguraian makanan dari struktur kompleks menjadi satuan-

satuan yang lebih kecil yang dapat diserap oleh enzim yang diproduksi di dalam sistem pencernaan.

4. **Penyerapan**, setelah proses pencernaan selesai, proses berikutnya adalah proses penyerapan yang sebagian besar terjadi di usus halus. Melalui proses penyerapan atau yang disebut juga proses absorpsi satuan-satuan yang kecil yang dihasilkan dari proses pencernaan dapat diserap bersama air, vitamin, dan elektrolit dipindahkan dari lumen saluran pencernaan ke dalam darah atau limfe.

Sistem pencernaan terdiri dari saluran pencernaan atau disebut traktus digestivus dan organ pencernaan tambahan. **Saluran pencernaan** merupakan saluran atau tabung yang bersambung satu sama lain dengan panjang sekitar 9 m dari mulut ke anus (9 m merupakan panjang saluran pencernaan pada mayat, sedangkan pada manusia yang hidup panjangnya sekitar setengahnya karena kontraksi terus menerus pada dinding otot). Saluran pencernaan terdiri atas mulut, faring, esofagus, lambung, usus halus, usus besar, rektum, dan anus. Sedangkan **organ pencernaan tambahan** adalah organ eksokrin yang terletak di luar dinding saluran pencernaan dan menyalurkan sekresi mereka melalui duktus ke dalam lumen pencernaan. Organ pencernaan tambahan terdiri dari pankreas, hati, dan kantung empedu.

Pencernaan dibagi menjadi dua, yaitu:

1. **Pencernaan mekanis**, merupakan proses mengunyah dan gerak peristaltic,
2. **Pencernaan kimiawi**, merupakan proses penghancuran oleh enzim-enzim pencernaan yang dikeluarkan oleh mulut, lambung, usus halus, kantung empedu, dan lainnya.

#### A. Mulut

**Mulut** merupakan rongga lonjong pada permulaan pencernaan. Lubang pada mulut berbentuk **bibir** yang berotot

yang membantu memperoleh, mengarahkan, serta menampung makanan di mulut. Pada mulut terjadi pencernaan secara mekanis oleh gigi dan kimiawi oleh enzim amilase atau ptialin yang menguraikan amilum (polisakarida) menjadi maltose (disakarida). Bibir terdiri atas dua lipatan daging yang membentuk gerbang mulut, pada sebelah luar ditutupi oleh kulit dan sebelah dalam ditutupi oleh selaput lendir atau mukosa.



**Gambar 5.2 Rongga Mulut**

**Palatum** atau langit-langit terdiri atas dua bagian yaitu langit-langit keras atau palatum durum dan palatum mole atau langit-langit lunak. palatum durum kearah depan mulut yang terdiri dari tulang sedangkan palatum mole kearah belakang mulut yang terdiri dari palatum yang tidak memiliki tulang. Pada bagian tengah palatum lunak menggantung ke luar sebuah prosesus berbentuk kerucut yang disebut uvula atau anak lidah yang berperan penting untuk menutup saluran hidung ketika menelan.

**Pipi** merupakan sisi berdaging pada wajah dan menyambung dengan bibir pada lipatan naso-labial, berjalan dari sisi hidung ke sudut mulut. Bagian dalam pipi dilapisi oleh mukosa yang mengandung papilla dan otot yang terdapat dalam pipi disebut otot *buksinator*.

**Lidah**, membentuk dasar rongga mulut yang terdiri dari otot rangka yang dikontrol secara volunter. Fungsi pergerakan lidah adalah untuk memandu makanan dalam mulut pada saat mengunyah dan menelan serta berperan penting dalam berbicara. Terdapat papil pengecap pada lidah yang tersebar di palatum mole, tenggorokan dan dinding dalam pipi.

Terdapat dua kelompok **gigi**, yaitu gigi sementara atau gigi sulung dan gigi tetap. Terdapat 20 gigi sulung, 10 gigi pada setiap rahang, yaitu dari tengah ke kedua sisi berturut-turut disebut dua insisivus (gigi seri), satu kanina (gigi taring) dua molar (geraham belakang). Sedangkan gigi tetap berjumlah 32 gigi, dengan 16 pada masing-masing rahang. Dari tengah ke samping berturut turut terdapat dua insisivus, satu taring, dua premolar (geraham depan), tiga molar. Pada bayi umumnya gigi muncul pada usia 6 bulan yaitu insisivus tengah dan insisivus lateral. Kemudian pada usia 12 bulan – 15 bulan muncul molar, gigi taring pada usia 18 bulan, dan usia 20 bulan muncul molar lainnya. Pada umumnya usia 2 tahun seorang anak telah memiliki sulung lengkap dan pada umur 6 tahun gigi tetap mulai menggantikan gigi sulung.



**Gambar 5.3 Anatomi Gigi**

Gigi terbuat dari bahan yang keras yaitu dentin yang

tersusun atas mahkota gigi yang menjulang di atas gusi yang ditutupi oleh lapisan keras yang disebut email gigi, leher gigi yang dikelilingi oleh gusi, dan akar yang berada pada bagian bawah. Di dalam gigi terdapat rongga pulpa yang berisi sel jaringan ikat, pembuluh darah, dan serabut saraf. Fungsi gigi adalah untuk mastikasi atau mengunyah yaitu proses pemotongan, perobekan, penggilingan, serta pencampuran makanan. Tujuan mengunyah tersebut antara lain, untuk menggiling dan memecahkan makanan, mencampur makanan dengan air liur, dan merangsang papil pengecap yang dapat menimbulkan sensari rasa dan memicu sekresi saliva, lambung, pankreas, empedu, sebagai persiapan untuk menyambut kedatangan makanan.

## B. Kelenjar Ludah dan Ludahnya

Kelenjar ludah berfungsi untuk mengeluarkan saliva, yang merupakan cairan pertama yang mencerna makanan. Saliva atau ludah merupakan cairan yang bersifat alkali yang mengandung musin, enzim pencerna zat tepung, yaitu ptialin dan sedikit zat padat. Ludah secara fisis berfungsi untuk membasahi mulut, membersihkan lidah dan memudahkan dalam berbicara. Sedangkan fungsi kimiawi disebabkan oleh enzim ptialin yang mengubah zat tepung menjadi gula yang mudah larut.



**Gambar 5.4 Kelenjar Ludah**

Kelenjar ludah yang utama adalah sebagai berikut:

1. **Kelenjar parotis**, merupakan kelenjar yang terbesar yang terletak di depan agak ke bawah telinga pada sisi kanan dan kiri. Sekretnya di keluarkan melalui saluran parotis ke dalam mulut yang bermuara di pipi sebelah dalam berhadapan dengan molar kedua atas.
2. **Kelenjar submandibularis**, kelenjar kedua terbesar setelah kelenjar parotis. Terletak di bawah kedua sisi tulang rahang, dan berukuran kira-kira sebesar buah kenari. Sekretnya di tuangkan melalui saluran submandibularis yang bermuara di dasar mulut dekat *frenulum linguae*.
3. **Kelenjar sublingualis**, merupakan kelenjar yang terkecil terletak dibawah lidah kanan kiri serta menuangkan sekretnya kedalam dasar mulut.

### C. Faring dan Esofagus

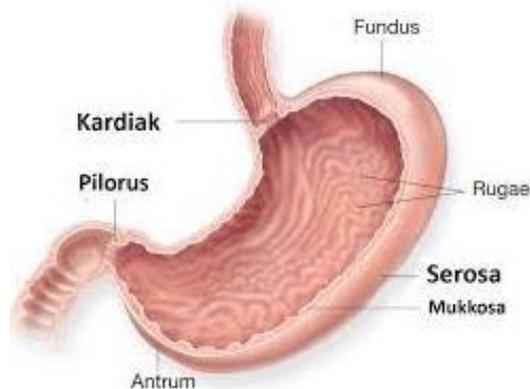
**Faring** merupakan rongga yang terletak di belakang hidung, mulut, dan laring (tenggorokan). Faring berfungsi sebagai penghubung anatar mulut dan esofagus. Faring memiliki panjang kira-kira 7cm. Dinding faring tersusun atas tiga lapisan yaitu, lapisan mukosa yang terletak pada bagian dalam, lapisan fibrosa dan lapisan berotot. Di dalam dinding sisi faring terdapat tonsil, yaitu organ limfoid yang merupakan bagian dari tim pertahanan tubuh.

**Esofagus** merupakan sebuah tabung berotot yang panjangnya 20-25cm, dari faring sampai pintu masuk kardiak lambung. Esofagus terletak di belakang trakhea dan di depan tulang punggung. Terdapat empat lapisan pada dinding esofagus, yaitu lapisan jaringan ikat yang renggang, lapisan otot yang terdiri dari dua lapis serabut otot, sebuah lapisan submukosa, dan selaput lendir atau mukosa.

Motalitas pada faring dan esofagus adalah menelan atau deglutition. Menelan dimulai ketika suatu bolus di dorong oleh

lidah ke bagian belakang mulut menuju faring. Tekanan bolus di faring merangsang reseptor tekanan di faring yang kemudian mengirim impuls aferen ke pusat menelan di medula. Pusat menelan kemudian mengaktifkan serangkaian otot yang terlibat pada proses menelan secara reflek.

#### D. Lambung



**Gambar 5.5 Struktur Lambung**

Lambung merupakan ruang berbentuk kantung mirip huruf J yang terletak diantara esofagus dan usus halus. Lambung dibagi menjadi empat bagian yaitu kardia yang berbatasan esofagus melalui orifisium, fundus yang merupakan bagian lambung yang terletak di atas lubang esofagus, korpus yaitu bagian tengah atau bagian utama lambung, dan bagian akhir lambung yaitu sfingter pilorus yang berfungsi sebagai sawar antara lambung dan bagian atas usus halus, duodenum.

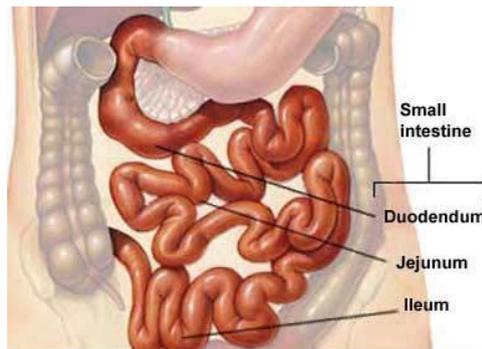
Fungsi dari lambung adalah menerima makanan dari esofagus melalui orifisium kardia, sebagai penimbun sementara, serta terdapat kontraksi otot yang mencampur makanan dengan getah lambung. Makanan yang terdapat pada lambung dicairkan dan dicampur dengan asam hidroklorida. Makanan cair dalam lambung disebut sebagai khime yang akan disalurkan masuk ke duodenum. Pada lambung terjadi beberapa proses pencernaan

kimiawi, antara lain:

1. Pemecahan protein menjadi pepton oleh pepsin. Pepsin dihasilkan oleh pepsinogen dalam lingkungan asam hidroklorida
2. Pembekuan susu dan pengeluaran kasein oleh renin
3. Pencernaan lemak dimulai di dalam lambung oleh lipase lambung dan hanya terdapat sejumlah kecil pada lambung. Lipase lambung berfungsi menghidrolisis lemak serta mengemulsikan lemak.

### E. Usus Halus

Usus halus adalah bagian saluran cerna diantara lambung dan usus besar. Usus halus memiliki struktur panjang yaitu 2,5 m dalam keadaan hidup, bergulung dan mengisi sebagian besar rongga abdomen. Usus halus terdiri dari tiga bagian yaitu duodenum, jejunum, dan ileum.



**Gambar 5.6 Usus Halus**

**Duodenum** atau usus dua belas jari, merupakan saluran berbentuk C, dengan panjang sekitar 25 cm pada bagian belakang abdomen mengitari caput pankreas. **Jejunum** atau usus kosong, menempati dua perlima sebelah atas dari usus halus. Didalam jejunum terdapat jonjot usus atau yang disebut dengan vili yang berfungsi memperluas permukaan dari usus. Sedangkan **ileum**

atau usus penyerapan menempati tiga perlima terakhir dari usus halus. Pencernaan makanan lebih lanjut pada usus halus dengan kerja getah pankreas, empedu, dan getah usus.

Dinding usus halus terdiri dari empat lapisan, yaitu:

1. Dinding lapisan luar, membran serosa yang merupakan peritoneum yang membalut usus dengan erat
2. Dinding lapisan berotot yang terdiri dari lapisan luar (serabut longitudinal) dan lapisan tebal (serabut sirkuler) yang diantara keduanya terdapat pembuluh darah, pembuluh limfe, dan plexus saraf
3. Dinding submukosa, mengeluarkan secret cairan kental alkali yang berfungsi untuk melindungi lapisan duodenum dari pengaruh isi lambung
4. Dinding mukosa dalam, selaput dalam yang disusun berupa kerutan tetap seperti jala. Lipatan ini berfungsi untuk menambah kesan luas permukaan sekresi dan absorpsi.

Pada usus halus terjadi gerakan peristaltik oleh otot polos. Selain itu terjadi pula proses pencernaan kimiawi. Terdapat beberapa fungsi usus halus, fungsi tersebut adalah sebagai berikut:

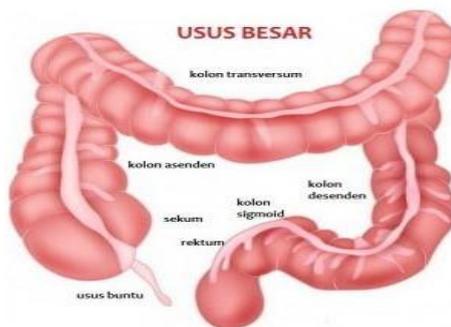
1. Sekresi cairan usus
2. Menerima empedu dan getah pankreas
3. Getah usus dan pankreas mengandung enzim yang mengubah protein menjadi asam amino oleh enzim tripsin (tripsinogen diaktifkan oleh enterokinase menjadi tripsin), karbohidrat menjadi glukosa, maltosa, dan galaktosa oleh enzim amilase, lemak menjadi asam lemak dan gliserol oleh enzim lipase (dengan bantuan garam empedu di dalam empedu)
4. Memecah makanan menjadi bentuk yang lebih sederhana yang diserap melalui dinding usus halus ke dalam darah atau limfe
5. Absorpsi air, garam, dan vitamin

6. Gerakan isi usus sepanjang usus oleh kontraksi segmentasi pendek dan gelombang rush yang menggerakkan isi sepanjang usus lebih cepat.

## F. Usus Besar

Usus besar memiliki panjang kira-kira 1,5m yang merupakan tempat sisa makanan lewat. Usus besar terdiri dari:

1. **Sekum** yang membentuk kantung buntu di bawah taut antara usus halus dan usus besar di katup ileosekum
2. **Apendiks vermiform** atau umbai cacing yang merupakan tonjolan kecil mirip jari di dasar sekum
3. **Kolon** yang membentuk sebagian besar usus besar dan terdiri dari empat bagian yang relatif lurus yaitu kolon asenden (kolon menanjak), kolon transversus (kolon melintang), kolon desenden (kolon menurun), dan kolon sigmoid yang berbentuk seperti huruf S. Kolon memiliki empat lapisan dinding yang sama seperti usus halus namun memiliki dinding mukosa yang lebih halus dan tidak memiliki vili
4. **Rektum** yang merupakan bagian akhir kolon yang berbentuk lurus, 10 cm terbawah dari usu besar.



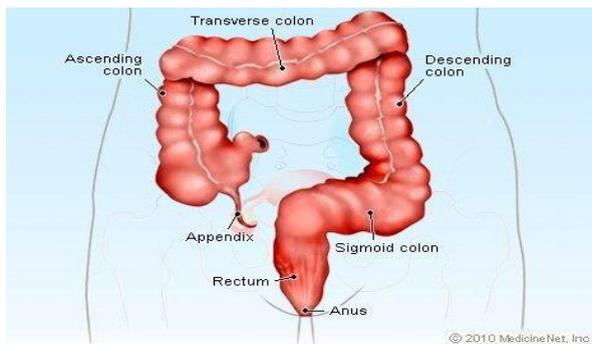
**Gambar 5.7 Usus Besar**

Reflek gastrolrik terjadi ketika makanan masuk di lambung dan menimbulkan peristaltik di dalam usus besar. Reflek ini menimbulkan defekasi atau pembuangan air besar. Fungsi usus

besar tidak ikut serta dalam pencernaan, atau absorpsi makanan. Zat makanan yang telah diabsorpsi pada usus halus berbentuk cair dan selama perjalanan di dalam kolon isinya menjadi semakin padat karena air diabsorpsi dan ketika sampai pada rektum maka feces bersifat padat-lunak. Terjadi peristaltik yang lamban di dalam kolon. Dibutuhkan waktu sekitar 16-20 jam bagi isinya untuk mencapai flexura sigmoid. Secara ringkas kolon berfungsi antara lain:

1. Absorpsi air, garam dan glukosa
2. Sekresi musin oleh kelenjar pada lapisan dalam
3. Penyiapan selulosa yang berupa hidrat karbon
4. Penyiapan sisa protein yang belum dicerna oleh kerja bakteri guna ekskresi
5. Defekasi atau pembuangan air besar

## G. Anus



**Gambar 5.8 Anus**

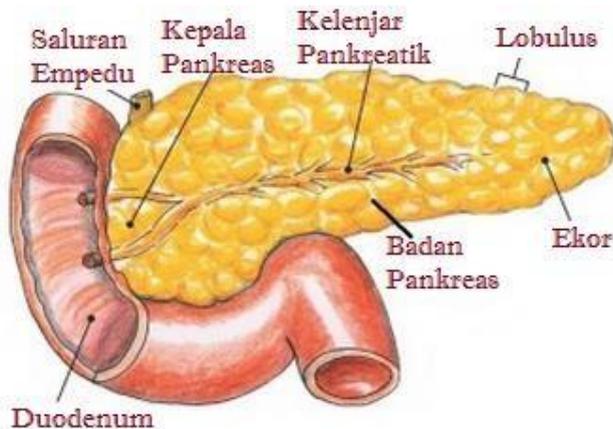
Anus merupakan lubang di ujung saluran pencernaan , yang merupakan tempat bahan limbah keluar dari tubuh. Anus terbentuk dari permukaan tubuh atau kulit dan dari usus. Pembukaan dan penutupan anus diatur oleh sfinkter. Otot sfinkter anus interna terbentuk dari otot sirkuler menebal dan sfinkter externa yang berfungsi menjaga saluran anus dan orifisium agar

tertutup.

## H. Pankreas

Pankreas merupakan organ panjang pada bagian belakang abdomen atas dan berhubungan erat dengan duodenum. Pankreas terdiri dari dua jaringan dasar yaitu asini yang menghasilkan enzim-enzim pencernaan dan pulau sel intraalveoli atau disebut juga pulau-pulau langerhan yang menghasilkan hormon. Pankreas memiliki panjang sekitar 15 cm dan terdiri dari tiga bagian yaitu:

1. Kepala pankreas (caput) terletak di dalam lengkung duodenum, merupakan bagian paling lebar yang terletak di sebelah kanan rongga abdomen
2. Badan pankreas (corpus) adalah bagian utama pada pankreas yang terletak di belakang lambung dan di depan vertebra lumbalis pertama
3. Ekor pankreas (cauda) bagian runcing di sebelah kiri dan menyentuh limpa.

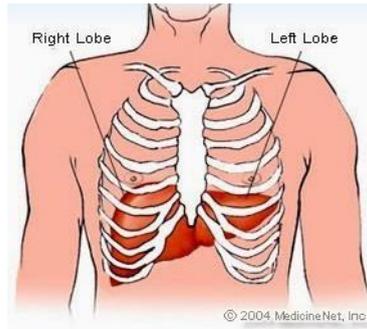


**Gambar 5.9 Pankreas**

Pada sistem pencernaan pankreas memiliki dua fungsi utama, yaitu menghasilkan enzim pencernaan yang disalurkan ke duodenum serta beberapa hormon penting seperti insulin yang

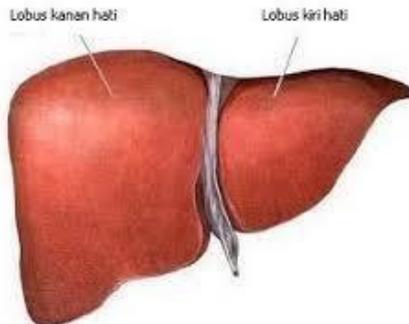
berfungsi mengatur penyerapan glukosa darah untuk disimpan sebagai glikogen.

## I. Hati



**Gambar 5.10 Sebagian Besar Hati yang Dilindungi oleh Tulang Rusuk**

Hati terletak di bagian teratas dalam rongga abdomen pada sebelah kanan di bawah diafragma dan sebagian besar hati dilindungi oleh tulang rusuk. Hati merupakan kelenjar terbesar di dalam tubuh manusia.



**Gambar 5.11 Bagian-Bagian Hati**

Hati terbagi menjadi dua belahan utama yaitu kanan dan kiri yang dipisahkan oleh fisura longitudinal dan ligamen falsiformis, yang selanjutnya dibagi lagi menjadi dalam empat belahan, yaitu kanan, kiri, kuadrate, dan kwadrata. Setiap belahan terdiri atas lobulus yang berbentuk polihedral dan terdiri atas sel

hati berbentuk kubus serta cabang-cabang pembuluh darah. Permukaan atas hati berbentuk cembung dan terletak di bawah diafragma sedangkan permukaan bawah tidak rata dan terdapat lekukan fisura transversus. Hati memiliki peran penting dalam metabolisme dan beberapa fungsi tubuh termasuk penyimpanan glikogen, sintesis protein plasma, dan penetralan obat, selain itu hati juga memproduksi bile yang penting dalam pencernaan.

## **J. Kandung Empedu**

Kandung empedu merupakan organ sekitar 7-10 cm berbentuk terong yang dapat menyimpan sekitar 50 ml empedu yang dibutuhkan untuk proses pencernaan. Kandung empedu berwarna hijau gelap, warna ini berasal dari warna cairan empedu yang dikandungnya. Letak kandung empedu berada pada lekukan di bawah lobus kanan hati.

Kandung empedu berfungsi sebagai tempat persediaan getah empedu yang pekat. Getah empedu merupakan cairan alkali yang disekretkan oleh sel hati. 80% dari getah empedu terdiri atas air, garam empedu, pigmen empedu, kolesterol, musin, dan zat lainnya.

Pigmen empedu diantarkan oleh empedu ke usus halus dan beberapa menjadi sterkobilin yang mewarnai feses, serta beberapa diabsorpsi kembali oleh aliran darah dan membuat warna urin, yaitu urobilin. Sedangkan garam empedu bersifat digestif dan memperlancar kerja enzim lipase dalam memecah lemak serta membantu pengabsorpsian lemak yang telah dicerna.

## Contoh/Model

## Latihan

## Tindak Lanjut

## Refleksi

# BAB | SISTEM

## VI | KARDIOVASKULER

Sistem kardiovaskuler merupakan sistem yang memberi fasilitas proses pengangkutan berbagai substansi menuju sel-sel tubuh dan dari sel-sel tubuh. Sistem ini terdiri dari organ penggerak yang disebut jantung dan sistem saluran yang terdiri dari arteri yang mengalirkan darah dari jantung, dan vena yang mengalirkan darah menuju jantung.

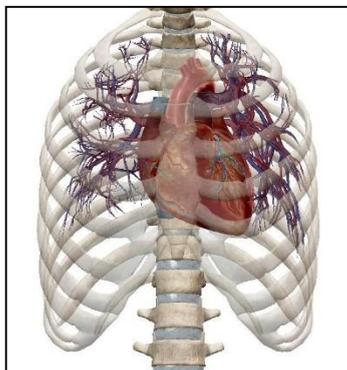
### A. Jantung

#### 1. Anatomi dan Fisiologi Jantung

Jantung adalah organ berupa otot, berbentuk kerucut, berongga dan dengan basisnya di atas dan puncaknya di bawah. Apex-nya (puncak) miring ke sebelah kiri. Berat jantung kira-kira 300 gram.

##### a. Kedudukan Jantung

Jantung berada di dalam torax, antara kedua paru-paru dan di belakang sternum, dan lebih menghadap ke kiri daripada ke kanan. Kedudukannya yang tepat dapat digambarkan pada kulit dada kita.



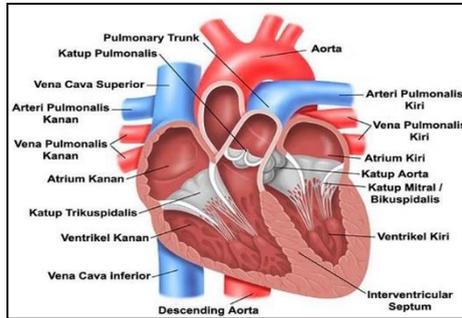
**Gambar 6.1 Kedudukan Jantung**

Sebuah garis yang ditarik dari tulang rawan iga ketiga kanan, 2 sentimeter dari sternum, ke atas ke tulang rawan iga kedua kiri, 1 sentimeter dari sternum, menunjuk kedudukan basis jantung, tempat pembuluh darah masuk dan keluar.

Titik di sebelah kiri antara iga kelima dan keenam, atau di dalam ruang interkostal kelima kiri 4 sentimeter dari garis medial, menunjuk kedudukan apex jantung, yang merupakan ujung tajam dari ventrikel.

### **b. Struktur Jantung**

Ukuran jantung kira-kira sebesar kepalan tangan. Jantung dewasa beratnya antara 220 sampai 260 gram. Jantung terbagi oleh sebuah septum (sekat) menjadi dua belah, yaitu kiri dan kanan. Sesudah lahir tidak ada hubungan satu dengan yang lain antara kedua belahan ini. Setiap belahan kemudian dibagi lagi dalam dua ruang, yang atas disebut atrium, dan yang bawah ventrikel. Maka di kiri terdapat 1 atrium dan 1 ventrikel, dan di kanan juga 1 atrium dan 1 ventrikel. Di setiap sisi ada hubungan antara atrium dan ventrikel melalui lubang atrio-ventrikuler dan pada setiap lubang tersebut terdapat katup: yang kanan bernama katup (valvula) trikuspidalis dan yang kiri katup mitral atau katup bikuspidalis. (Istilah atrium dan aurikel adalah sama). Katup atrio-ventrikuler mengizinkan darah mengalir hanya ke satu jurusan, yaitu dari atrium ke ventrikel dan menghindarkan darah mengalir kembali dari ventrikel ke atrium. Katup trikuspidalis terdiri atas tiga kelopak atau kusp, dan katup mitral terdiri atas dua kelopak, karena mirip topi seorang uskup atau mitre, maka dari situlah nama itu diambil.



**Gambar 6.2 Struktur Jantung**

Jantung tersusun atas otot yang bersifat khusus, dan terbungkus oleh sebuah membran yang disebut perikardium. Membran itu terdiri atas dua lapis, yaitu perikardium viseral yang merupakan membran serus yang lekat sekali pada jantung dan perikardium parietal yang merupakan lapisan fibrus yang terlipat keluar dari basis jantung dan membungkus jantung sebagai kantong longgar. Karena susunan ini maka jantung berada di dalam dua lapis kantong perikardium, dan di antara dua lapisan itu ada cairan serus. Karena sifat meminyaki dari cairan itu maka jantung dapat bergerak bebas.

Di sebelah dalam Jantung dilapisi oleh endotelium. Lapisan ini disebut endocardium, katup-katupnya hanya merupakan bagian yang lebih tebal dari membran ini. Tebal dinding Jantung terdiri atas tiga lapis, yaitu perikardium (pembungkus luar), miokardium (lapisan otot tengah), dan endokardium (batas dalam).

Dinding otot jantung tidak sama tebalnya. Dinding ventrikel paling tebal dan dinding di sebelah kiri lebih tebal dari dinding ventrikel sebelah kanan, sebab kekuatan kontraksi dari ventrikel kiri jauh lebih besar dari yang kanan. Dinding atrium tersusun atas otot yang lebih tipis.

Sebelah dalam dinding ventrikel ditandai oleh berkas-berkas otot yang tebal. Beberapa berbentuk puting, yaitu otot-otot

papilaris. Pada tepi bawah otot-otot ini terkait benang-benang tendon tipis, yaitu *khordae tendinae*. Benang-benang ini mempunyai kaitan kedua yaitu pada tepi bawah katup atrio-ventrikuler. Kaitan ini menghindarkan kelopak katup terdorong masuk ke dalam atrium, bila ventrikel berkontraksi.

### **c. Pembuluh Darah yang Tersambung dengan Jantung**

Vena kava superior dan inferior menuangkan darahnya ke dalam atrium kanan. Lubang dari vena kava inferior dijaga oleh katup semilunar Eustakhius. Arteri pulmonalis membawa darah keluar dari ventrikel kanan. Empat vena pulmonalis membawa darah dari paru-paru ke atrium kiri. Aorta membawa darah keluar dari ventrikel kiri.

Lubang dari aorta dan dari arteri pulmonalis dijaga oleh katup semilunar. Katup antara ventrikel kiri dan aorta disebut katup aortik, yang menghindarkan darah mengalir kembali dari aorta ke ventrikel kiri. Katup antara ventrikel kanan dan arteri pulmonalis disebut katup pulmonalis yang menghindarkan darah mengalir kembali ke dalam ventrikel kanan.

### **d. Penyaluran Darah dan Saraf ke Jantung**

Arteri koronaria kanan dan kiri yang pertama-tama meninggalkan aorta dan kemudian bercabang menjadi arteri-arteri lebih kecil. Arteri kecil-kecil ini mengitari jantung dan mengantarkan darah kepada semua bagian organ ini. Darah yang kembali dari jantung terutama dikumpulkan oleh sinus koronaria dan langsung kembali ke dalam atrium kanan.

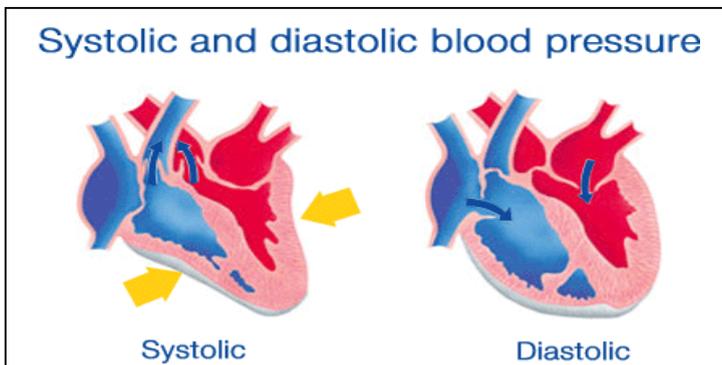
Meskipun gerakan jantung bersifat ritmik, tetapi kecepatan kontraksi dipengaruhi oleh rangsangan yang sampai pada jantung melalui saraf vagus dan simpatetik. Cabang dari urat-urat saraf berjalan ke nodul sinus-atrial. Pengaruh dari sistem simpatetik ini mempercepat irama jantung. Dan pengaruh dari vagus, yang merupakan bagian dari sistem parasimpatetik atau sistem otonomik menyebabkan gerakan jantung diperlambat atau

dihambat.

Secara normal jantung selalu mendapat hambatan dari vagus. Akan tetapi bila tonus vagus atau "rem" ditiadakan untuk memenuhi kebutuhan tubuh sewaktu bergerak cepat atau dalam keadaan hati panas, maka irama debaran jantung bertambah. Sebaliknya sewaktu tubuh istirahat dan keadaan jiwa tenang maka iramanya lebih perlahan.

## 2. Siklus Kerja Jantung (Sistole dan Diastole)

Jantung adalah sebuah pompa, dan kejadian-kejadian yang terjadi dalam jantung selama peredaran darah disebut siklus jantung. Gerakan jantung berasal dari nodus sinus-atrial, kemudian kedua atrium berkontraksi. Gelombang kontraksi ini bergerak melalui berkas His dan kemudian ventrikel berkontraksi. Gerakan jantung terdiri atas dua jenis, yaitu kontraksi atau sistol dan pengendoran atau diastole. Kontraksi dari kedua atrium terjadi serentak dan disebut sistol atrial, pengendorannya adalah diastole atrial. Serupa dengan itu kontraksi dan pengendoran ventrikel disebut juga sistol dan diastole ventrikuler. Lama kontraksi ventrikel adalah 0.3 detik dan tahap pengendorannya selama 0.5 detik. Dengan cara ini jantung berdenyut terus-menerus, siang malam, selama hidupnya, dan otot jantung mendapat istirahat sewaktu diastole ventrikuler.



**Gambar 6.3 Siklus Kerja Jantung**

Kontraksi kedua atrium pendek, sedangkan kontraksi

ventrikel lebih lama dan lebih kuat. Dan yang dari ventrikel kiri adalah yang terkuat karena harus mendorong darah ke seluruh tubuh untuk mempertahankan tekanan darah arteri sistemik. Meskipun ventrikel kanan juga memompa volume darah yang sama, tetapi tugasnya hanya mengirimkannya ke sekitar paru-paru di mana tekanannya jauh lebih rendah.

### **3. Bunyi Jantung**

Bunyi jantung terdengar melalui stetoskop selama siklus jantung. Katup aorta akan menutup dan tekanan vaskular menurun kembali ke nilai diastolik. Dengan adanya kontraksi atau relaksasi atrium dan ventrikel, serta adanya perubahan tekanan dalam rongga jantung selama kerja jantung menyebabkan terjadinya pembukaan dan penutupan katup-katup jantung. Pada tempat tertentu akan terdengar bunyi lub-dub sebagai bunyi jantung 1 dan bunyi jantung ke 2. Bunyi jantung terjadi karena getaran udara dengan intensitas dan frekuensi tertentu. Bunyi jantung 1 frekuensinya lebih rendah dari bunyi jantung kedua. Ini disebabkan oleh hal-hal berikut.

1. Faktor otot: bila otot berkontraksi akan terjadi bunyi.
2. Faktor katup: saat ventrikel berkontraksi terjadi penutupan katup atrioventrikular, penutupan daun-daun katup menimbulkan bunyi.
3. Faktor pembuluh darah; darah dipompakan oleh ventrikel kiri ke aorta dan ventrikel kanan ke arteri pulmonalis. Arus darah mengetarkan dinding pembuluh darah sehingga menimbulkan bunyi.

#### **Tahapan Bunyi Jantung**

Bunyi I : Bunyi "lub" rendah, penutupan katup mitral dan trikuspidalis lamanya 0, 15 detik dan frekuensinya 25-45 Hz

- Bunyi II : Bunyi “dup” lebih pendek dan nyaring, disebabkan menutupnya katup aorta dan pulmonal segera setelah sistolik ventrikel berakhir. Frekuensinya 50 Hz dan berakhir 0,15 detik.
- Bunyi III : Bunyi ini lemah dan rendah, disebabkan oleh getaran yang timbul karena desakan darah yang lamanya 0,1 detik.
- Bunyi IV : Terkadang dapat didengar segera sebelum bunyi pertama bila tekanan atrium tinggi atau ventrikel kaku

#### 4. Curah Jantung dan isi sekuncup

Pada keadaan normal, jumlah darah yang dipompakan oleh ventrikel kiri dan ventrikel kanan sama besarnya. Bila tidak, akan terjadi penimbunan darah di tempat tertentu misalnya penimbunan darah di paru-paru. Jumlah darah yang dipompakan ventrikel dalam 1 menit disebut curah jantung dan jumlah darah yang dipompakan setiap kali sistole dinamakan isi sekuncup dengan demikian:

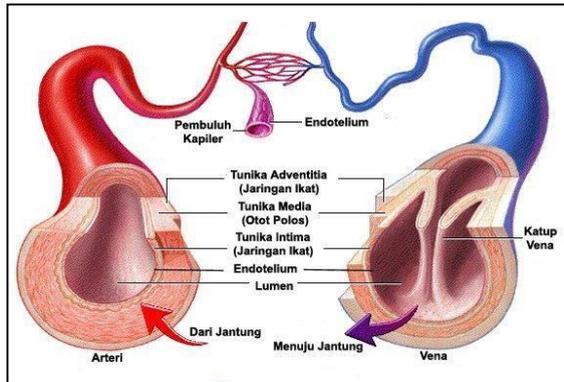
$$\text{Curahjantung} = \text{isisekuncup} \times \text{frekuensi denyutjantung per menit}$$

Curah jantung setiap orang tidak sama, tergantung keaktifan tubuhnya. Curah jantung akan meningkat saat bekerja berat, stres, dan menurun saat tidur.

### B. Pembuluh Darah

#### 1. Jenis dan Perbedaan Pembuluh Darah

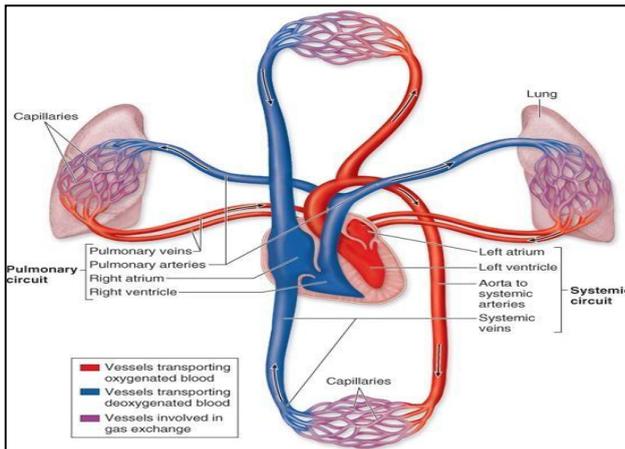
Berdasarkan fungsinya, pembuluh darah dibedakan menjadi arteri (pembuluh nadi), vena (pembuluh balik), dan pembuluh kapiler.



**Gambar 6.4 Jenis Pembuluh Darah**

**a. Arteri (Pembuluh Nadi)**

Arteri merupakan pembuluh darah yang mengalirkan darah dari jantung ke jaringan. dinding arteri tebal, kuat, dan elastis. Lapisan paling dalam pada arteri adalah endotelium yang dikelilingi oleh otot polos. Arteri terletak lebih ke dalam dari permukaan tubuh. Arteri yang keluar dari ventrikel kiri dan mengalirkan darah yang kaya oksigen ke seluruh tubuh adalah aorta. Percabangan dari aorta adalah arteri. Sedangkan arterial adalah pembuluh nadi yang berhubungan dengan kapiler.



**Gambar 6.5 Perbedaan Pembuluh darah**

Pada umumnya arteri mengalirkan darah yang kaya akan

oksigen, kecuali pada arteri pulmonalis. Arteri pulmonalis merupakan pembuluh nadi yang mengalirkan darah yang kaya akan karbon dioksida dari ventrikel kanan ke paru-paru.

**b. Vena (Pembuluh Balik)**

Vena merupakan pembuluh darah yang mengalirkan darah dari kapiler ke jantung. Dinding vena tipis dan tidak elastis. Lapisan dalamnya bersifat licin karena dilapisi endotelium yang dikelilingi oleh otot polos. Vena terletak dekat permukaan tubuh.

Vena yang mengalirkan darah dari seluruh tubuh ke jantung melalui ventrikel kanan adalah vena kava. Sedangkan venula adalah vena yang berhubungan dengan kapiler. Pada umumnya, vena membawa darah yang kaya akan karbon dioksida, kecuali vena pulmonalis. Vena pulmonalis merupakan vena yang mengalirkan darah yang kaya akan oksigen dari paru-paru menuju ke atrium kiri.

**c. Kapiler**

Kapiler merupakan pembuluh darah kecil dengan diameter 5-20 µm dan menghubungkan arteriol dengan venula. Dinding kapiler sangat tipis, tidak memiliki otot halus dan jaringan ikat, serta hanya tersusun oleh selapis endotelium. Di kapiler terjadi pertukaran oksigen dari darah dengan karbon dioksida dari jaringan. Selain itu, kapiler berfungsi untuk pertukaran cairan, makanan, hormon, dan bahan lainnya di antara plasma darah dan cairan jaringan.

**Tabel 6.1 Perbedaan Pembuluh Darah Arteri dan Vena**

Arteri	Vena
Membawa darah keluar dari jantung	Membawa darah menuju Jantung
Membawa darah kaya oksigen, kecuali arteri pulmonalis	Membawa darah kaya karbondioksida, kecuali vena Pulmonalis
Letaknya tersembunyi dari permukaan tubuh	Letaknya dekat permukaan tubuh
Dinding tebal dan elastis	Dinding tipis dan tidak elastis
Memiliki satu katup dekat jantung	Memiliki banyak katup di sepanjang

	pembuluh
Denyutan terasa	Denyutan tidak terasa
Jika terluka, darah memancar	Jika terluka, darah merembes

## 2. Darah

Darah merupakan unit fungsional seluler pada manusia yang berperan untuk membantu proses fisiologis. Darah terdiri dari dua komponen, yaitu plasma darah dan sel-sel darah. Banyaknya volume darah yang beredar di dalam tubuh manusia 8% dari berat badan atau sekitar 5600 cc pada orang yang bobot tubuhnya 70 kg. Dari 5600 cc darah tersebut sekitar 55% adalah plasma darah dan sekitar 45% adalah sel-sel darah.

Secara umum fungsi darah adalah:

- Mengangkut zat makanan dan oksigen ke seluruh tubuh dan mengangkut sisa-sisa metabolisme ke organ yang berfungsi untuk pembuangan
- Mempertahankan tubuh dari serangan bibit penyakit
- Mengedarkan hormon-hormon untuk membantu proses fisiologis
- Menjaga stabilitas suhu tubuh
- Menjaga kesetimbangan asam basa jaringan tubuh untuk menghindari kerusakan.

### a. Plasma Darah

Plasma darah adalah bagian darah yang cair. Plasma darah tersusun dari 91,5% air dan 8,5% zat-zat terlarut. Dalam plasma darah terlarut molekul-molekul dan berbagai ion, yang meliputi glukosa sebagai sumber utama energi untuk sel-sel tubuh dan asam-asam amino. Ion-ion yang banyak terdapat dalam plasma darah adalah natrium ( $\text{Na}^+$ ) dan klor ( $\text{Cl}^-$ ). Ion-ion dan molekul tersebut akan diedarkan ke seluruh tubuh atau berfungsi untuk membantu peredaran zat-zat lainnya. Kira-kira 7% plasma darah terdiri dari molekul-molekul protein, yaitu serum albumin 4%; serum globulin 2,7%; dan fibrinogen 0,3%. Serum adalah cairan

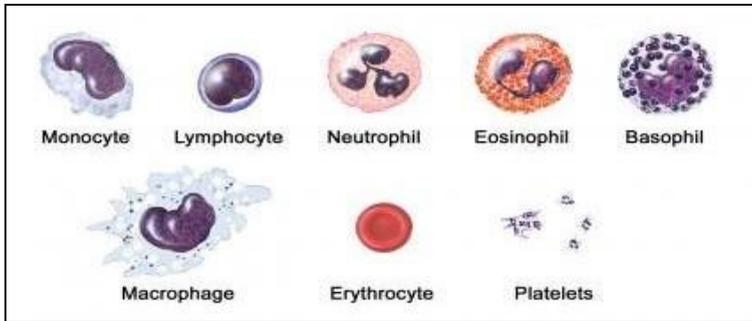
darah yang tidak mengandung fibrinogen (komponen untuk proses pembekuan darah). Protein plasma juga berperan sebagai antibodi. Antibodi merupakan protein yang dapat mengenali dan mengikat antigen tertentu. Sedangkan antigen merupakan molekul (protein) asing yang memacu pembentukan antibodi. Antibodi terbentuk jika ada antigen yang masuk ke dalam tubuh. Antibodi ini berasal dari globulin di dalam sel-sel plasma.

Antibodi bekerja melalui dua cara yang berbeda untuk mempertahankan tubuh terhadap penyebab penyakit, yaitu dengan menyerang langsung penyebab penyakit tersebut, atau dengan mengaktifkan sistem komplemen yang kemudian akan merusak penyebab penyakit tersebut. Antibodi dapat melemahkan penyebab penyakit dengan salah satu cara berikut.

- 1) Aglutinasi, terbentuknya gumpalan-gumpalan yang terdiri dari struktur besar berupa antigen pada permukaannya, misalnya bakteri, atau sel-sel darah merah.
- 2) Presipitasi, terbentuknya molekul yang besar antara antigen yang larut, misalnya racun tetanus dengan antibodi sehingga berubah menjadi tidak larut dan akan mengendap.
- 3) Netralisasi, antibodi yang bersifat antigenik akan menutupi tempat-tempat yang toksik dari agen penyebab penyakit.
- 4) Lisis, beberapa antibodi yang bersifat antigenik yang sangat kuat kadang-kadang mampu langsung menyerang membran sel agen penyebab penyakit sehingga menyebabkan sel tersebut rusak.

#### **b. Sel-Sel Darah**

Sel-sel darah dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu eritrosit, leukosit, dan trombosit.



**Gambar 6.6 Sel-Sel Darah**

1) Eritrosit (sel darah merah)

Eritrosit normal berbentuk cakram bikonkaf berdiameter kira-kira 8  $\mu\text{m}$ , dan tidak memiliki nukleus. Bentuk eritrosit sebenarnya dapat berubah-ubah, seperti ketika sel-sel tersebut beredar melewati kapiler-kapiler. Eritrosit dapat dianggap sebagai kantung yang dapat berubah menjadi berbagai jenis bentuk. Pria dewasa normal memiliki 5,4 juta sel darah merah per mikroliter ( $\mu\text{L}$ ) darah. Wanita normal memiliki 4,8 juta sel darah merah per mikroliter darah ( $1 \mu\text{L} = 1 \text{ mm}^3$ ; satu tetes darah kira-kira  $50 \text{ mm}^3$ ). Jumlah sel darah merah ini bervariasi pada kedua jenis kelamin dan pada perbedaan umur.

Setiap butir eritrosit mengandung hemoglobin. Hemoglobin adalah protein pigmen yang memberi warna merah pada darah. Setiap hemoglobin terdiri dari protein yang disebut globin dan pigmen non-protein yang disebut heme. Setiap heme berikatan dengan rantai polipeptida yang mengandung besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Fungsi utama hemoglobin adalah mengangkut oksigen dari paru-paru membentuk oksihemoglobin.

Oksihemoglobin beredar ke seluruh jaringan tubuh. Jika kadar oksigen dalam jaringan tubuh lebih rendah daripada dalam paru-paru, oksihemoglobin dibebaskan dan oksigen digunakan dalam proses metabolisme sel. Hemoglobin juga penting dalam pengangkutan karbon dioksida dari jaringan ke paru-paru. Selain

itu, hemoglobin berperan dalam menjaga keseimbangan asam dan basa (penyangga asam basa).

Pembentukan eritrosit disebut juga eritropoiesis. Eritropoiesis terjadi di sumsum tulang. Pembentukannya diatur oleh suatu hormon glikoprotein yang disebut dengan eritropoietin. Sel pertama yang diketahui sebagai rangkaian pembentukan eritrosit disebut proeritroblas. Dengan rangsangan yang sesuai maka dari sel-sel tunas (*stem cell*) ini dapat dibentuk banyak sekali sel. Proeritroblas kemudian akan membelah beberapa kali. Sel-sel baru dari generasi pertama ini disebut sebagai basofil eritroblas sebab dapat dicat dengan zat warna basa. Sel-sel ini mengandung sedikit sekali hemoglobin. Pada tahap berikutnya akan mulai terbentuk cukup hemoglobin yang disebut polikromatofil eritroblas. Sesudah terjadi pembelahan berikutnya, maka akan terbentuk lebih banyak lagi hemoglobin. Sel-sel ini disebut ortokromatik eritroblas dimana warnanya menjadi merah. Akhirnya, bila sitoplasma dari sel-sel ini sudah dipenuhi oleh hemoglobin sehingga mencapai konsentrasi lebih kurang 34%, nukleus akan memadat sampai ukurannya menjadi kecil dan terdorong dari sel. Sel-sel ini disebut retikulosit. Retikulosit berkembang menjadi eritrosit dalam satu sampai dua hari setelah dilepaskan dari sumsum tulang.

Jangka hidup eritrosit kira-kira 120 hari. Eritrosit yang telah tua akan ditelan oleh sel-sel fagosit yang terdapat dalam hati dan limpa. Di dalam hati, hemoglobin diubah menjadi pigmen empedu (bilirubin) yang berwarna kehijauan. Pigmen empedu diekskresikan oleh hati ke dalam empedu. Zat besi dari hemoglobin tidak diekskresikan, tetapi digunakan kembali untuk membuat eritrosit baru.

## 2) Leukosit (sel darah putih)

Leukosit terdapat di dalam darah manusia dan berjumlah sekitar 5.000 - 10.000 butir untuk setiap mikroliter darah manusia.

Leukosit berumur sekitar 12 hari. Leukosit keluar dari pembuluh kapiler apabila ditemukan antigen. Proses keluarnya leukosit disebut dengan diapedesis. Leukosit yang berperan melawan penyakit yang masuk ke dalam tubuh disebut antibodi.

Leukosit memiliki sebuah nukleus, tidak berwarna (bening), dan menunjukkan gerakan amuboid. Leukosit dapat dibagi dalam dua kelompok, yaitu granulosit jika plasmanya bergranuler, dan agranulosit jika plasmanya tidak bergranuler. Leukosit granulosit dikelompokkan menjadi tiga jenis, yaitu neutrofil, basofil, dan eosinofil. Leukosit agranulosit dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu monosit dan limfosit.

Neutrofil memiliki nukleus yang terdiri dari dua sampai lima lobus (ruang). Sel-sel ini berukuran sekitar 8  $\mu\text{m}$  dalam keadaan segar. Neutrofil bersifat fagosit dengan cara masuk ke jaringan yang terinfeksi. Saat mendekati suatu partikel untuk difagositosis, sel-sel neutrofil mula-mula melekat pada reseptor yang terdapat pada partikel, kemudian membuat ruangan tertutup yang berisi partikel-partikel yang sudah difagositosis. Setelah itu ruangan ini akan melekat ke dalam rongga sitoplasma dan melepaskan diri dengan bagian luar membran sel membentuk gelembung fagositik yang mengapung dengan bebas. Sebuah sel neutrofil dapat memfagositosis 5-20 bakteri sebelum sel neutrofil menjadi inaktif dan mati. Neutrofil hanya aktif sekitar 6-20 jam.

Basofil memiliki nukleus berbentuk S dan bersifat fagosit. Basofil melepaskan heparin ke dalam darah. Heparin adalah mukopolisakarida yang banyak terdapat di dalam hati dan paru-paru. Heparin dapat mencegah pembekuan darah. Selain itu, basofil juga melepaskan histamin. Histamin adalah suatu senyawa yang dibebaskan sebagai reaksi terhadap antigen yang sesuai.

Eosinofil berbentuk hampir seperti bola, berukuran 9  $\mu\text{m}$  dalam keadaan segar. Eosinofil memiliki nukleus yang terdiri dari dua lobus dan bersifat fagosit dengan daya fagositosis yang

lemah. Eosinofil memiliki kecenderungan untuk berkumpul dalam suatu jaringan yang mengalami reaksi alergi. Eosinofil juga dianggap dapat mendetoksifikasi toksin penyebab radang. Eosinofil dilepaskan oleh sel basofil atau jaringan yang rusak.

Monosit memiliki satu nukleus besar dan berbentuk tapal kuda atau ginjal. Monosit berdiameter 12-20  $\mu\text{m}$ . Monosit dapat berpindah dari aliran darah ke jaringan. Di dalam jaringan, monosit membesar dan bersifat fagosit menjadi makrofag. Makrofag ini bersama neutrofil merupakan leukosit fagosit utama, paling efektif, dan berumur panjang.

Limfosit berbentuk seperti bola dengan ukuran diameter 6-14  $\mu\text{m}$ . Limfosit dibentuk di sumsum tulang, sedangkan pada janin dibuat di hati. Terdapat dua jenis sel limfosit, yaitu limfosit B dan limfosit T. Limfosit yang tetap berada di sumsum tulang berkembang menjadi limfosit B. Sedangkan limfosit yang berasal dari sumsum tulang dan pindah ke timus berkembang menjadi sel T. Limfosit B berperan dalam pembentukan antibodi. Jika limfosit B berhadapan dengan antigen tubuh, limfosit ini akan memproduksi antibodi. Sebaliknya, limfosit T tidak menghasilkan antibodi. Limfosit T memiliki berbagai fungsi, contohnya limfosit sitotoksik-T berfungsi menghancurkan sel yang terserang virus. Dari kelima jenis leukosit di atas, neutrofil merupakan sel-sel yang paling banyak menyusun leukosit.

### 3) Trombosit (sel darah pembeku atau keping darah)

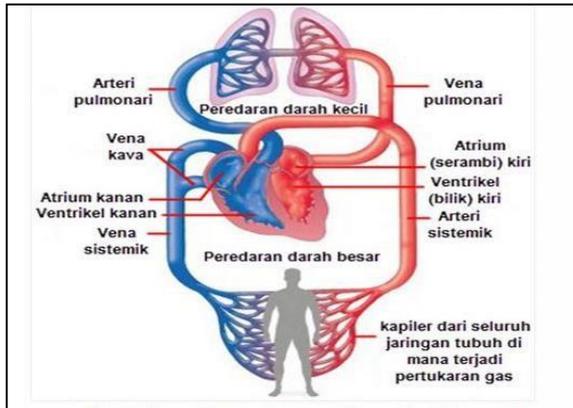
Trombosit berbentuk bulat kecil dengan ukuran diameter 2-4  $\mu\text{m}$  dan tidak memiliki inti. Trombosit dibentuk dalam sumsum tulang dari megakariosit. Megakariosit merupakan trombosit yang sangat besar dalam sumsum tulang. Trombosit berbentuk seperti tunas pada permukaan megakariosit, kemudian melepaskan diri untuk masuk ke dalam darah. Trombosit dalam darah adalah antara 150.000 400.000 butir per mikroliter darah. Trombosit merupakan struktur yang sangat aktif. Masa hidupnya

dalam darah adalah 5-9 hari. Trombosit yang tua atau mati diambil dari sistem peredaran darah, terutama oleh makrofag jaringan. Lebih dari separuh trombosit diambil oleh makrofag dalam limpa, pada waktu darah melewati organ tersebut.

Trombosit berperan dalam proses pembekuan darah. Jika suatu jaringan tubuh terluka, trombosit pada permukaan yang luka akan pecah dan mengeluarkan enzim trombokinase. Enzim trombokinase akan mengubah protrombin menjadi trombin dengan bantuan ion  $\text{Ca}^{2+}$ . Protrombin merupakan protein tidak stabil yang dengan mudah dapat pecah menjadi senyawa-senyawa yang lebih kecil, salah satunya adalah trombin. Protrombin dibentuk oleh hati dan digunakan secara terus-menerus oleh tubuh untuk pembekuan darah. Pembentukan protrombin dipengaruhi oleh vitamin K. Trombin adalah sebuah enzim yang mengkatalis perubahan fibrinogen (protein plasma yang dapat larut dalam plasma darah) menjadi fibrin (protein yang tidak dapat larut dalam plasma darah). Pembentukan benang-benang fibrin menyebabkan luka akar tertutup.

### **3. Sirkulasi Darah**

Jantung adalah organ utama sirkulasi darah. Aliran darah dari ventrikel kiri melalui arteri, arteriola dan kapiler yang kembali ke atrium kanan melalui vena disebut peredaran darah besar atau sirkulasi sistemik. Aliran dari ventrikel kanan, melalui paru-paru, ke atrium kiri adalah peredaran kecil atau sirkulasi pulmonal.



**Gambar 6.7 Sirkulasi Darah**

**a. Sirkulasi Sistemik (Peredaran Darah Besar)**

Darah meninggalkan ventrikel kiri jantung melalui aorta, yaitu arteri terbesar dalam tubuh. Aorta ini bercabang menjadi arteri lebih kecil yang mengantarkan darah ke berbagai bagian tubuh, Arteri-arteri ini bercabang dan beranting lebih kecil lagi hingga sampai pada arteriola. Arteri-arteri ini mempunyai dinding yang sangat berotot yang menyempitkan salurannya dan menahan aliran darah. Fungsinya adalah untuk mempertahankan tekanan darah arteri dengan jalan mengubah-ubah ukuran saluran dan mengatur aliran darah dalam kapiler. Dinding kapiler sangat tipis sehingga dapat berlangsung pertukaran zat antara plasma dan jaringan interstisiil. Kemudian kapiler-kapiler ini bergabung dan membentuk pembuluh lebih besar yang disebut venula, yang kemudian juga bersatu menjadi vena, untuk mengantarkan darah kembali ke jantung. Semua vena bersatu dan bersatu lagi hingga terbentuk dua batang vena, yaitu vena kava inferior yang mengumpulkan darah dari badan dan anggota gerak bawah, dan vena kava superior yang mengumpulkan darah dari kepala dan anggota gerak atas. Kedua pembuluh darah ini menuangkan isinya ke dalam atrium kanan jantung.

### **b. Sirkulasi Pulmonal (Peredaran Darah Kecil)**

Darah dari vena tadi kemudian masuk ke dalam ventrikel kanan yang berkontraksi dan memompanya ke dalam arteri pulmonalis. Arteri ini bercabang dua untuk mengantarkan darahnya ke paru-paru kanan dan kiri. Darah tidak sukar memasuki pembuluh-pembuluh darah yang mengalir paru-paru. Di dalam paru-paru setiap arteri membelah menjadi arteriola dan akhirnya menjadi kapiler pulmonal yang mcngitari alveoli di dalam jaringan paru-paru untuk memungut oksigen dan melepaskan karbon dioksida.

Kemudian kapiler pulmonal bergabung menjadi vena dan darah dikembalikan ke jantung oleh empat vena pulmonalis. Dan darahnya dituangkan ke dalam atrium kiri. Darah ini kemudian mengalir masuk ke dalam ventrikel kiri. Ventrikel ini berkontraksi dan darah dipompa masuk ke dalam aorta. Maka kini mulai lagi peredaran darah besar.

### **c. Sirkulasi Portal**

Darah dari lambung, usus, pankreas dan limpa dikumpulkan oleh vena porta (pembuluh gerbang). Di dalam hati vena ini membelah diri ke dalam sistem kapiler dan kemudian bersatu dengan kapiler-kapiler arteria hepatica. Arteri ini mengantarkan darah dari aorta ke hati dan menjelajahi seluruh organ ini. Persediaan darah ganda ini dikumpulkan oleh sebuah sistem vena yang bersatu untuk membentuk vena hepatica. Vena ini mengantarkan darahnya ke vena kava inferior dan kemudian ke jantung. Bendungan (obstruksi) portal dapat terjadi bila satu atau beberapa cabang vena portal terbebundung misalnya karena ada cedera parah pada hati atau dalam beberapa keadaan pada peradangan hepar. Bila obstruksi ini parah, dapat diikuti komplikasi asites, yaitu penimbunan cairan berlebihan dalam rongga peritoneum. Sedangkan untuk sirkulasi koroner (peredaran dalam jantung) menyediakan darah untuk jantung itu sendiri.

#### **4. Sistem Limfatik**

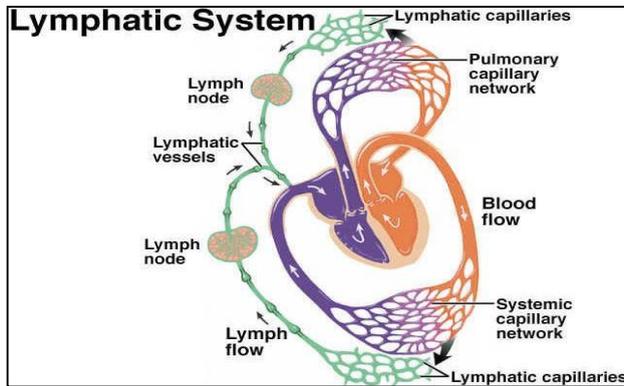
Sistem limfatik adalah sistem tubuh yang berperan utama menghasilkan imunitas (kekebalan tubuh). Sistem limfatik tersusun dari cairan limfe yang mengalir di dalam pembuluh limfatik, organ dan jaringan limfatik, dan sumsum tulang merah.

Sistem limfatik memiliki tiga fungsi, yaitu sebagai berikut.

- Mengalirkan cairan interstitial. Pembuluh limfatik mengalirkan kelebihan cairan interstitial yang berasal dari ruang antar sel.
- Mentranspor lemak dari makanan. Pembuluh limfatik mentranspor lemak dan vitamin-vitamin yang larut dalam lemak (vitamin A, D, E, dan K) yang diserap oleh saluran pencernaan untuk dialirkan ke darah.
- Memfasilitasi reaksi imun. Jaringan limfatik membangkitkan reaksi spesifik yang sangat tinggi terhadap mikroorganisme tertentu atau sel yang abnormal. Limfosit dibantu oleh makrofag akan mengenali sel asing tersebut dan menghancurkannya.

##### **a. Pembuluh Limfatik**

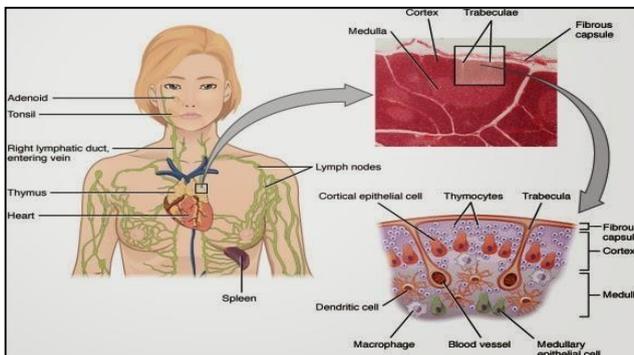
Saluran pembuluh limfatik dimulai dari kapiler limfatik. Kapiler limfatik adalah suatu saluran dengan ujung tertutup yang terletak pada ruang antar sel. Kapiler limfatik terdapat di seluruh tubuh, kecuali di jaringan yang tidak berpembuluh (seperti tulang dan kornea mata), sistem saraf pusat, sebagian dari limpa, dan sumsum tulang merah. Kapiler limfatik memiliki struktur unik yang menyebabkan cairan interstitial dapat masuk ke dalam pembuluh tersebut namun tidak dapat keluar. Pada usus halus, kapiler limfatik mengalami spesialisasi yang disebut lakteal. Lakteal membawa lemak beserta cairan limfe menuju pembuluh limfatik dan pada akhirnya masuk ke dalam darah. Cairan limfe yang mengandung lemak tersebut disebut kil.



**Gambar 6.8 Pembuluh Limfatik**

Kapiler-kapiler limfatik akan bertemu dan membentuk pembuluh limfatik yang lebih besar dibandingkan kapiler limfatik. Melalui pembuluh limfatik, cairan limfe mengalir menuju dua saluran utama, yaitu pembuluh limfe kiri dan pembuluh limfe kanan. Pembuluh limfe kiri menerima cairan limfe dari kepala bagian kiri, leher, dada, lengan kiri bagian atas, dan seluruh bagian tubuh yang terletak di bawah tulang rusuk. Pembuluh limfe tersebut kemudian mengalirkan cairan limfe menuju pembuluh darah vena. Pembuluh limfe kanan menerima cairan limfe dari bagian atas kanan tubuh dan mengalirkannya menuju pembuluh darah vena.

**b. Jaringan dan Organ Limfatik**



**Gambar 6.9 Jaringan dan Organ Limfatik**

Jaringan dan organ limfatik tersebar luas di seluruh tubuh. Jaringan dan organ limfatik dikelompokkan menjadi dua berdasarkan fungsi, yaitu organ limfatik primer dan organ serta jaringan limfatik sekunder. Organ limfatik primer meliputi sumsum tulang merah dan kelenjar timus. Organ dan jaringan limfatik sekunder meliputi nodus limfe, limpa, dan nodulus limfatikus.

#### 1) Sumsum tulang merah

Sumsum tulang merah terdapat di dalam tulang pipih dan epifise tulang pipa pada orang dewasa. Sumsum tulang merah merupakan tempat pembentukan limfosit.

#### 2) Kelenjar timus

Kelenjar timus biasanya memiliki dua lobus. Kelenjar timus terletak di bagian atas tulang dada. Tiap lobus terdiri atas bagian korteks dan medula. Korteks tersusun atas sel-sel limfosit dan sel-sel epitel. Medula tersusun atas sel-sel epitel. Kelenjar timus memproduksi hormon yang berfungsi dalam pematangan sel limfosit T.

#### 3) Nodus limfe

Sekitar 600 organ yang berbentuk seperti kacang dan terletak di sepanjang pembuluh limfe disebut nodus limfe. Nodus limfe mengandung sel limfosit B dan sel limfosit T. Kedua sel limfosit tersebut berperan dalam menghancurkan berbagai senyawa dan sel asing. Nodus limfe juga berfungsi menyaring cairan limfe yang mengalir dalam pembuluh limfatik saat cairan limfe melewati nodus limfe.

#### 4) Limpa

Limpa berbentuk oval. Limpa merupakan jaringan limfatik terbesar di dalam tubuh. Panjangnya sekitar 12 cm. Limpa terletak di antara perut dan diafragma. Limpa terdiri dari bagian yang disebut pulpa putih dan pulpa merah. Pulpa putih mengandung limfosit dan makrofag. Pulpa merah mengandung pembuluh darah. Darah yang mengalir ke dalam limpa akan bertemu dengan sel-sel

limfosit dan makrofag di bagian pulpa putih. Sel-sel limfosit dan makrofag akan menjalankan fungsi imun terhadap patogen-patogen yang terdapat di dalam darah.

#### 5) Nodus limfatikus

Nodus limfatikus merupakan sekumpulan jaringan limfatik yang tersebar di sepanjang jaringan ikat yang terdapat pada membran mukus yang membatasi dinding saluran pencernaan, saluran reproduksi, saluran urin, dan saluran respirasi. Beberapa bentuk nodulus limfatikus yaitu tonsil dan folikel limfatik. Tonsil terdapat di tenggorokan. Folikel limfatik terdapat di permukaan dinding usus halus. Letak nodulus limfatikus sangat strategis untuk berperan dalam respon imun melawan zat asing yang masuk dalam tubuh melalui pencernaan atau pernapasan.

## Contoh/Model

## Latihan

## Tindak Lanjut

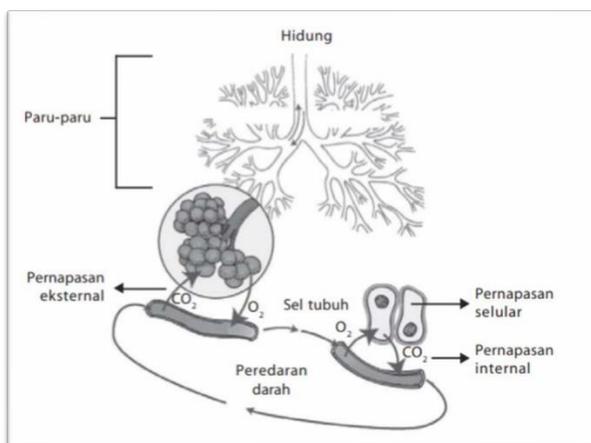
## **Refleksi**

# BAB | SISTEM VII | PERNAFASAN

Bernafas merupakan salah satu ciri makhluk hidup. Semua makhluk hidup melakukan proses ini, demikian juga manusia. Ketika bernapas, kita menghirup oksigen ( $O_2$ ) dan mengembuskan karbondioksida ( $CO_2$ ). Mengapa oksigen sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup? Untuk apa sebenarnya oksigen itu bagi tubuh?. Oksigen sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup karena dapat membantu perombakan bahan makanan dalam tubuh. Dari proses perombakan inilah energi bisa diperoleh.

Oksigen yang dibutuhkan diperoleh melalui proses pernafasan. **Pernafasan** adalah proses pertukaran gas yang berasal dari makhluk hidup dengan gas yang ada di lingkungan. Sedangkan proses perombakan bahan makanan menggunakan oksigen sehingga diperoleh energi dan gas sisa pembakaran berupa karbondioksida disebut **Respirasi**.

## A. Sistem Pernafasan Manusia



Gambar 7.1 Pernafasan Internal dan Eksternal

Pernafasan dapat dibedakan dalam tiga bentuk, yaitu **pernafasan eksternal** (*external respiration*), **pernafasan internal** (*internal respiration*), dan **pernafasan seluler** (*cellular respiration*). Pernafasan eksternal merupakan pertukaran udara yang terjadi di dalam paru-paru. Dalam proses ini, oksigen masuk ke dalam darah dan karbondioksida keluar menuju atmosfer. Pertukaran udara antara darah dan sel-sel dalam tubuh disebut **pernafasan internal**. Oksigen dan karbondioksida bergerak berlawanan. Oksigen berdifusi dari darah ke dalam sel. Sementara itu, karbondioksida berdifusi ke luar sel menuju darah. **Pernafasan seluler** merupakan proses kimia yang terjadi dalam mitokondria di dalam sel. Dalam proses ini, oksigen bereaksi dengan molekul makanan (glukosa) sehingga energi dihasilkan. Energi ini tersimpan dalam ATP. Karbondioksida dan air dihasilkan sebagai hasil sampingan. Dalam bab ini, hanya akan dibahas mengenai pernafasan eksternal dan pernafasan internal, serta organ-organ yang terlibat.

## **B. Fungsi Sistem Pernafasan**

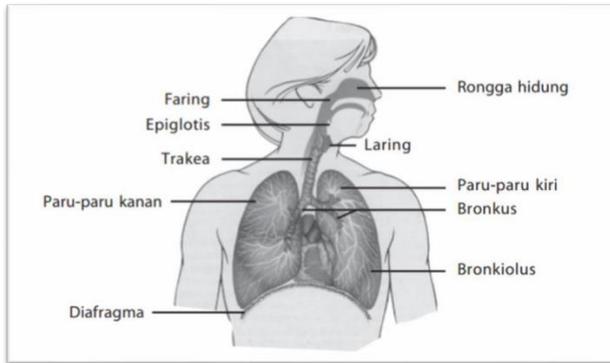
Fungsi utama sistem pernafasan ialah:

1. Pertukaran gas, sistem pernafasan memungkinkan oksigen di udara masuk ke dalam darah dan karbondioksida keluar dari darah ke udara. Sistem kardiovaskuler mengirim oksigen dari paru-paru ke sel-sel dalam tubuh dan karbondioksida dari sel-sel dalam tubuh ke paru-paru.
2. Mengatur pH darah, yang bisa diubah dengan mengubah kadar karbondioksida darah.
3. Produksi suara ketika udara bergerak melewati pita suara untuk bersuara dan berbicara.
4. Olfaksi atau indera penciuman, berlangsung sewaktu molekul di udara tertarik ke dalam rongga hidung.
5. Mengaktifkan kekebalan, memberi perlindungan terhadap

beberapa organisme mikro dengan mencegah masuknya mereka ke dalam tubuh atau dengan menyingkirkannya dari permukaan pernafasan.

### C. Organ-Organ Pernafasan

#### 1. Rongga Hidung (*Cavum Nasalis*)



**Gambar 7.2 Organ-Organ Pernafasan**

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

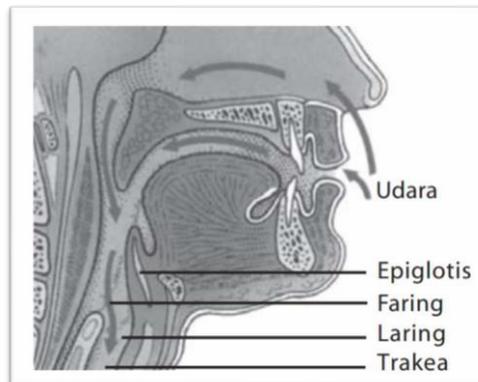
Rongga hidung tersusun atas sel-sel epitel berlapis semu bersilia yang memiliki sel goblet. Sel goblet merupakan sel penghasil lendir yang berfungsi menyaring debu, melekatkan kotoran pada rambut hidung, dan mengatur suhu udara pernafasan. Pada pangkal rongga mulut yang berhubungan dengan rongga hidung terdapat suatu katup yang disebut katup *epiglottis*. Saat menelan makanan katup *epiglottis* ini akan terangkat

ke atas menutup rongga hidung sehingga makanan tidak dapat masuk ke dalam rongga hidung, begitu juga sebaliknya.

Jadi, hidung (rongga hidung) memiliki 3 fungsi utama, yaitu:

- a. Menyaring udara yang masuk hidung
- b. Menghangatkan udara sehingga udara dari luar akan sama suhunya dengan tubuh
- c. Melembapkan udara.

## 2. Faring



**Gambar 7.3 Faring**

Setelah melewati rongga hidung, udara akan masuk ke faring. Faring merupakan saluran penghubung antara rongga hidung dan tenggorokan dengan panjang kurang lebih 12,5–13 cm. Faring terdiri atas tiga bagian, yakni saluran pernafasan (**nasofaring**) pada bagian depan, saluran pencernaan (**orofaring**) pada bagian belakang, dan pertemuan antara sistem pernafasan dan sistem pencernaan (**laringofaring**) pada bagian paling akhir faring. Faring merupakan pertemuan antara saluran pernafasan dan saluran pencernaan. Oleh karena itu, ketika menelan makanan, suatu katup (epiglotis) akan menutup saluran

pernafasan sehingga makanan akan masuk ke saluran pencernaan.

### **3. Pangkal Tenggorok (Laring)**

Setelah melewati faring, udara akan menuju laring. Laring sering disebut sebagai kotak suara karena di dalamnya terdapat pita suara. Laring merupakan suatu saluran yang dikelilingi oleh sembilan tulang rawan. Salah satu dari sembilan tulang rawan tersebut adalah tulang rawan tiroid yang berbentuk menyerupai perisai. Pada laki-laki dewasa, tulang rawan tiroid lebih besar daripada wanita sehingga membentuk apa yang disebut dengan jakun.

### **4. Batang Tenggorokan (Trakea)**

Trakea (batang tenggorokan) merupakan pipa yang panjangnya kira-kira 9 cm. Trakea tersusun atas enam belas sampai dua puluh cincin-cincin tulang rawan yang berbentuk C. Cincin-cincin tulang rawan ini di bagian belakangnya tidak tersambung yaitu di tempat trakea menempel pada esofagus. Hal ini berguna untuk mem- pertahankan agar trakea tetap terbuka.

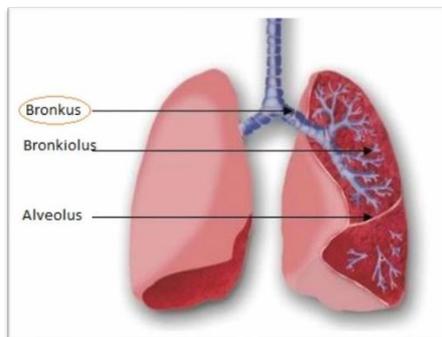
Cincin-cincin tulang rawan diikat bersama oleh jaringan fibrosa, selain itu juga terdapat beberapa jaringan otot. rakea dilapisi oleh selaput lendir yang dihasilkan oleh epitelium bersilia. Silia-silia ini bergerak ke atas ke arah laring sehingga dengan gerakan ini debu dan butir-butir halus lainnya yang ikut masuk saat menghirup napas dapat dikeluarkan. Di paru-paru trakea ini bercabang dua membentuk bronkus.



**Gambar 7.4 Batang Tenggorokan**

## 5. Bronkus

Bronkus merupakan cabang batang tenggorokan yang jumlahnya sepasang, yang satu menuju ke paru-paru kanan dan yang satu lagi menuju ke paru-paru kiri. Tempat percabangan ini disebut **bifurkase**. Bronkus mempunyai struktur serupa dengan trakea dan dilapisi oleh jenis sel yang sama. Dinding bronkus juga dilapisi lapisan sel epitel selapis silindris bersilia. Bronkus yang ke kiri lebih panjang dan sempit serta kedudukannya lebih mendatar daripada yang ke kanan. Hal ini merupakan salah satu sebab mengapa paru-paru kanan lebih mudah terserang penyakit. Bronkus sebelah kanan bercabang menjadi tiga bronkiolus, sedangkan bronkus sebelah kiri bercabang menjadi dua bronkiolus. Bronkiolus merupakan cabang dari bronkus.



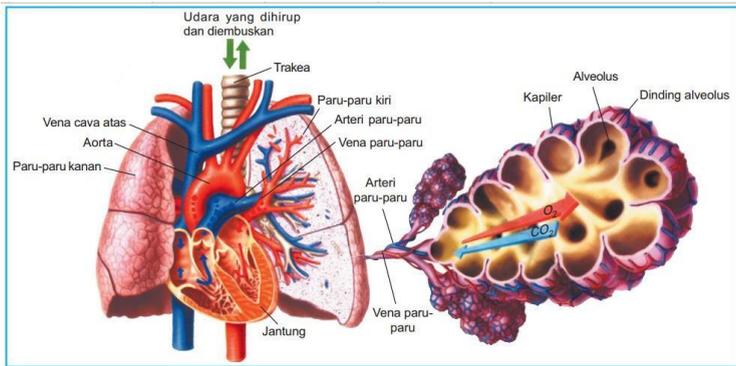
**Gambar 7.5 Bronkus dan Bronkiolus**

## 6. Paru-paru (Pulmo)

Paru-paru adalah alat pernafasan yang terletak di dalam rongga dada dan di atas diafragma. **Diafragma** adalah sekat rongga badan yang membatasi rongga dada dan rongga perut. Letar paru-paru berada di sebelah kanan dan kiri serta di tengahnya dipisahkan oleh jantung. Jaringan paru-paru mempunyai sifat elastis, berpori, dan seperti spon. Apabila diletakkan di dalam air, paru-paru akan mengapung karena mengandung udara di dalamnya.

Paru-paru dilapisi oleh 2 selaput atau membran serosa rangkap yang disebut **pleura**. Selaput bagian dalam yang langsung menyelaputi paru-paru disebut pleura dalam (**pleura visceralis**) dan selaput yang menyelaputi rongga dada yang bersebelahan dengan tulang rusuk disebut pleura luar (**pleura parietalis**). Di antara kedua lapisan pleura itu terdapat eksudat untuk meminyaki permukaannya sehingga mencegah terjadinya gesekan antara paru-paru dan dinding dada yang bergerak saat bernapas. Dalam keadaan sehat kedua lapisan itu saling erat bersentuhan. Namun dalam keadaan tidak normal, udara atau cairan memisahkan kedua pleura itu dan ruang di antaranya menjadi jelas.

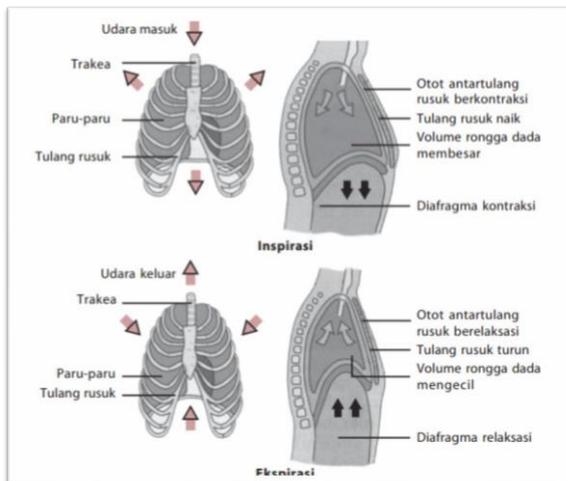
Paru-paru terdiri dari 2 bagian, yaitu paru-paru kiri dan paru-paru kanan, paru-paru kiri terdiri dari 2 gelambir, sedangkan paru-paru kanan terdiri dari 3 gelambir. Di dalam paru-paru terdapat bronkus dan bronkiolus. Bronkiolus paru-paru bercabang-cabang lagi membentuk saluran-saluran halus. Saluran-saluran halus ini berakhir pada gelembung-gelembung halus atau gelembung paru-paru yang disebut **alveolus (alveoli = jamak)**. Dinding alveolus sangat tipis, namun elastis dan mengandung kapiler-kapiler darah. Pada dinding alveolus terjadi pertukaran oksigen dan karbondioksida.



**Gambar 7.6 Paru-paru**

#### D. Mekanisme Pernafasan Dada dan Perut

Dalam pernafasan terjadi proses inspirasi dan ekspirasi. Berdasarkan otot yang berperan aktif pada proses pernafasan, pernafasan pada manusia dapat dibedakan menjadi 2, yaitu pernafasan dada dan pernafasan perut.



**Gambar 7.7 Mekanisme Inspirasi dan Ekspirasi**

##### 1. Pernafasan Dada

Pada pernafasan 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.

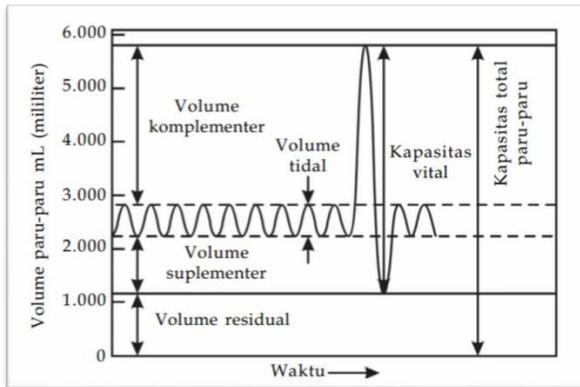
## 2. Pernafasan Perut

Dalam pernafasan 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.

**Tabel 7.1 Perbedaan pernafasan dada dan perut**

Pernapasan Dada		Pernapasan perut	
Inspirasi	ekspirasi	Inspirasi	ekspirasi
Otot antar tulang rusuk berkontraksi	Otot antar tulang rusuk Relaksasi	Diafragma berkontraksi	Diafragma Relaksasi
tulang rusuk naik	tulang rusuk turun	Diafragma turun/ mendatar	Diafragma naik
Volume rongga dada membesar	Volume rongga dada menyempit	Volume rongga dada membesar	Volume rongga dada menyempit
Diafragma turun	Diafragma naik	tekanan dalam rongga dada menjadi lebih kecil daripada tekanan di luar	tekanan di dalam rongga dada menjadi lebih besar daripada tekanan luar
Tekanan dalam rongga dada menjadi lebih kecil daripada tekanan di luar	tekanan di dalam rongga dada menjadi lebih besar daripada tekanan luar		
Udara masuk	Udara keluar	Udara masuk	Udara keluar

## E. Volume dan Kapasitas Paru



Gambar 7.8 Volume dan Kapasitas Paru-paru

### 1. Volume

Volume udara pernafasan pada setiap orang berbeda-beda, bergantung pada ukuran paru-paru, kekuatan bernapas, dan cara bernapas. Pada orang dewasa, **volume paru-paru** berkisar antara 5-6 liter, yang terdiri dari :

- Volume tidal (VT)** adalah volume udara yang masuk dan keluar paru-paru selama ventilasi normal biasa. VT pada dewasa muda sehat berkisar 500 ml untuk laki-laki dan 380 ml untuk perempuan.
- Volume cadangan inspirasi (VCI)** adalah volume udara ekstra yang masuk ke paru-paru dengan inspirasi maksimum di atas inspirasi tidal. VCI berkisar 3.100 ml pada laki-laki dan 1.900 ml pada perempuan.
- Volume cadangan ekspirasi (VCE)** adalah volume ekstra udara yang dapat dengan kuat dikeluarkan pada akhir ekspirasi tidal normal. VCE biasanya berkisar 1.200 ml pada laki-laki dan 800 ml pada perempuan.
- Volume residual (VR)** adalah volume udara sisa dalam paru-paru setelah melakukan ekspirasi kuat. Volume residual penting untuk kelangsungan aerasi dalam darah saat jeda

pernafasan. Rata-rata volume ini pada laki-laki sekitar 1.200 ml dan pada perempuan 1.000 ml

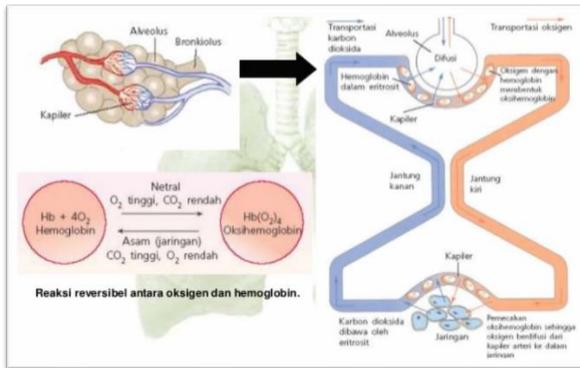
## 2. Kapasitas

Dalam proses bernapas, terkadang diperlukan penyatuan dua atau lebih jenis-jenis volume di atas. Kombinasi dari jenis-jenis volume itu disebut **kapasitas paru-paru**. Beberapa jenis kapasitas paru-paru sebagai berikut :

- a. **Kapasitas residual fungsional (KRF)** adalah penambahan volume residual dan volume cadangan eksplasi ( $KRF = VR + VCE$ ). Kapasitas ini merupakan jumlah udara sisa dalam sistem respiratorik setelah ekspirasi normal. Nilai rata-ratanya adalah 2. 200 ml.
- b. **Kapasitas inspirasi (KI)** adalah penambahan volume tidal dan volume cadangan inspirasi ( $KI = VT + VCI$ ). Nilai rata-ratanya adalah 3500 ml
- c. **Kapasitas vital (KV)** adalah penambahan volume tidal, volume cadangan inspirasi, dan volume cadangan eksplasi ( $KV = VT + VCI + VCE$ ). Karena diukur dengan spirometer, kapasitas vital merupakan jumlah udara maksimal yang dapat dikeluarkan dengan kuat setelah inspirasi maksimum. Kapasitas vital dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti postur dan ukuran rongga toraks tetapi nilai rata-ratanya sekitar 4500 ml.
- d. **Kapasitas total paru (KTP)** adalah jumlah total udara yang dapat ditampung dalam paru paru dan sama dengan kapasitas vital ditambah volume residual [ $KTP = KV + VR$ ] Nilai rata-ratanya adalah 5. 700 ml.
- e. **Volume ekspirasi kuat dalam satu detik (VEK1)** adalah volume udara yang dapat dikeluarkan dari paru yang terinflasi maksimal saat detik pertama ekshalasi maksimum. Nilai normal VEK1 sekitar 80% KV.
- f. **Volume respirasi menit** adalah volume tidal dikalikan jumlah

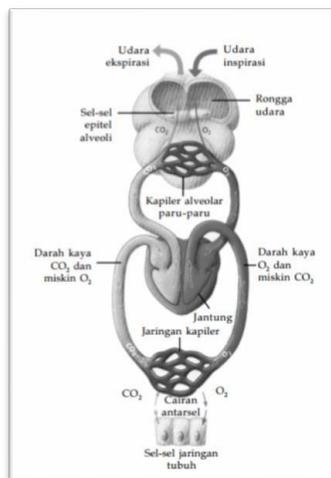
pernafasan per menit.

## F. Mekanisme Pertukaran O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub>



Gambar 7.9 Mekanisme Pertukaran O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub>

Pertukaran gas antara oksigen dan karbondioksida terjadi melalui proses difusi. Proses tersebut terjadi di alveolus dan di sel jaringan tubuh. Proses difusi berlangsung sederhana, yaitu hanya dengan gerakan molekul- molekul secara bebas melalui membran sel dari konsentrasi tinggi atau tekanan tinggi ke konsentrasi rendah atau tekanan rendah.



Gambar 7.10 Mekanisme Pertukaran O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub>

Proses pertukaran oksigen dan karbondioksida dapat dilihat pada gambar 10 dan dijelaskan sebagai berikut. Oksigen masuk ke dalam tubuh melalui inspirasi dari rongga hidung sampai alveolus. Di alveolus oksigen mengalami difusi ke kapiler arteri pori-pori. Masuknya oksigen dari luar (lingkungan) menyebabkan tekanan parsial oksigen ( $PO_2$ ) di alveolus lebih tinggi dibandingkan dengan  $PO_2$  di kapiler paru-paru. Karena proses difusi selalu terjadi dari daerah yang bertekanan parsial tinggi ke daerah yang bertekanan parsial rendah, oksigen akan bergerak dari alveolus menuju kapiler arteri paru-paru.

Oksigen di kapiler arteri diikat oleh eritrosit yang mengandung hemoglobin sampai menjadi jenuh. Makin tinggi tekanan parsial oksigen di alveolus, semakin banyak oksigen yang terikat oleh hemoglobin dalam darah. Hemoglobin terdiri dari 4 sub unit, setiap sub unit terdiri dari bagian yang disebut **heme**. Di setiap pusat heme terdapat unsur besi yang dapat berikatan dengan oksigen, sehingga setiap molekul hemoglobin dapat membawa empat molekul oksigen berbentuk **oksihemoglobin**. Reaksi antara hemoglobin dan oksigen berlangsung secara reversible (bolak-balik) yang dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu suhu, pH, konsentrasi oksigen dan karbondioksida, serta tekanan parsial.

Hemoglobin akan mengangkut oksigen ke jaringan tubuh yang kemudian akan berdifusi masuk ke sel-sel tubuh untuk digunakan dalam proses respirasi. Proses difusi ini terjadi karena tekanan parsial oksigen pada kapiler tidak sama dengan tekanan parsial oksigen di sel-sel tubuh. Di dalam sel-sel tubuh atau jaringan tubuh, oksigen digunakan untuk proses respirasi di dalam mitokondria sel. Semakin banyak oksigen yang digunakan oleh sel-sel tubuh, semakin banyak karbondioksida yang terbentuk dari proses respirasi. Hal tersebut menyebabkan tekanan parsial karbondioksida atau ( $PCO_2$ ) dalam sel-sel tubuh lebih tinggi

dibandingkan  $PCO_2$  dalam kapiler vena sel-sel tubuh. Oleh karenanya karbondioksida dapat berdifusi dari sel-sel tubuh ke dalam kapiler vena sel-sel tubuh yang kemudian akan dibawa oleh eritrosit menuju ke paru-paru. Di paru-paru terjadi difusi  $CO_2$  dari kapiler menuju alveolus. Proses tersebut terjadi karena tekanan parsial  $CO_2$  pada kapiler vena lebih tinggi daripada tekanan parsial  $CO_2$  dalam alveolus. Sehingga akhirnya akan dikeluarkan tubuh melalui ekspirasi (gambar).

Karbondioksida dalam eritrosit akan bereaksi dengan air membentuk asam karbonat. Akibat terbentuknya asam karbonat, pH darah menjadi asam yaitu sekitar 7,35. Darah yang bersifat asam dapat melepaskan banyak oksigen ke dalam sel-sel tubuh atau jaringan tubuh yang memerlukannya.

## Contoh/Model

## Latihan

## Tindak Lanjut

## Refleksi

# BAB | SISTEM

## VIII | EKSKRESI

Didalam tubuh manusia terjadi berbagai macam metabolisme, dan tidak semua hasil metabolisme tersebut dapat dimanfaatkan dengan baik karena ada beberapa diantaranya merupakan zat-zat sisa. Di dalam tubuh manusia ada sistem yang memiliki fungsi untuk mengeluarkan zat-zat sisa dari tubuh yaitu sistem ekskresi. Bagian tubuh yang memiliki fungsi untuk melakukan ekskresi antara lain: (1) Ginjal, (2) Paru-paru, (3) Kulit, dan (4) Hati.

Pada bab ini akan menjelaskan tentang ginjal dan kulit, sedangkan paru- paru dibahas lebih dalam pada bab pernafasan dan hati dibahas lebih dalam pada bab pencernaan.

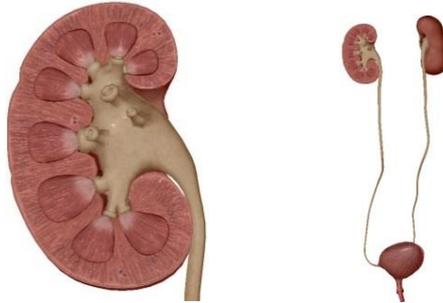
### **A. Ginjal**

Sistem urinaria terdiri atas:

- a. Ginjal yang mengeluarkan secret urin.
- b. Ureter yang menyalurkan urin dari ginjal ke kandung kencing.
- c. Kandung kencing, yang bekerja sebagai penampung.
- d. Uretra, yang mengeluarkan urin dari kandung kencing.

Sistem ini memiliki fungsi untuk mempertahankan homeostasis dengan menghasilkan urin yang merupakan hasil sisa metabolisme.

## 1. Anatomi dan Fisiologi Ginjal



**Gambar 8.1 Ginjal Manusia**

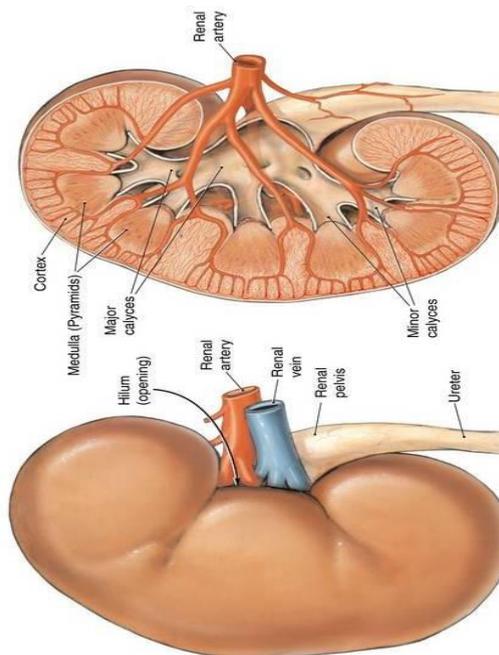
Ginjal manusia terletak pada dinding posterior abdomen, di daerah lumbal di sebelah kanan dan kiri tulang belakang, di belakang peritoneum yang dibungkus lapisan lemak tebal. Ginjal pada sebelah kanan sedikit lebih rendah dibandingkan dengan ginjal sebelah kiri, karena hati menduduki banyak ruang di sebelah kanan. Ginjal memiliki panjang 6 sampai 7,5 cm dan tebal 1,5-2,5cm serta memiliki berat kira-kira 140 gram.

Bentuk ginjal seperti biji kacang yang dilapisi kapsul tipis dari jaringan fibrus dan membentuk pembungkus yang halus, disisi dalamnya atau hilum menghadap ke tulang punggung. Sedangkan sisi luarnya berbentuk cembung, pembuluh ginjal masuk dan keluar pada hilum, yang memiliki warna ungu tua, dan terdiri dari korteks (bagian luar) dan medulla (bagian dalam). Medula ini tersusun atas 15-16 masa berbentuk piramida atau disebut piramis ginjal, puncaknya mengarah ke hilum dan berakhir di kalises (penghubung dengan pelvis).

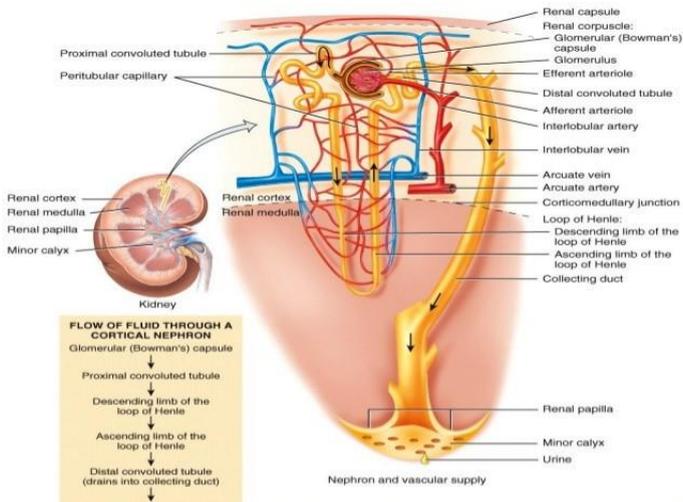
Ginjal terdiri atas banyak nefron, yang diperkirakan 1 juta nefron dalam setiap ginjal. Nefron mulai sebagai berkas kapiler (badan malpigi atau glomerulus), kemudian menuju bagian tubulus pertama yang berkelok adalah tubula proksimal dan sesudah itu terdapat sebuah simpai, simpai henle. Kemudian menuju tubulus kedua yang berkelok atau tubula distal, yang bersambung dengan tubula penampung yang melintasi korteks dan medulla serta

berakhir di puncak salah satu piramidis.

Selain tubulus uniferus, struktur ginjal juga berisi pembuluh darah. Arteri renalis membawa darah murni dari aorta abdominalis ke ginjal. Cabang-cabang banyak di dalam ginjal menjadi arteriol aferen dan membentuk simpul dari kapiler di salah satu badan Malpighi glomerulus. Kemudian pembuluh aferen menjadi arteriol aferen yang bercabang membentuk jaringan kapiler sekeliling tubus uniferus. Kemudian kapiler-kapiler bergabung membentuk vena renalis, yang membawa darah dari ginjal ke vena cava inferior. Sehingga darah yang beredar di ginjal memiliki 2 kelompok kapiler yang bertujuan agar darah dapat lebih lama berada di sekitar tubulus uniferus. Berikut ini adalah gambar ginjal secara mikroskopis.



**Gambar 8.2 Anatomi Mikroskopis Ginjal Manusia**



**Gambar 8.3 Anatomi Mikroskopis Nefron**

Ginjal memiliki fungsi untuk mengatur keseimbangan air, konsentrasi garam dalam darah, keseimbangan asam-basah darah serta ekskresi bahan buangan dan kelebihan garam. Sistem lain dari urinaria yaitu ureter, di dalam tubuh terdapat 2 ureter yang berupa dua pipa saluran dan bersambung dengan ginjal. Ureter memiliki tebal kira-kira setangkai bulu angsa dengan panjang 35-40cm., yang terdiri dari dinding luar fibrus, lapisan tengah yang berotot, dan lapisan mukosa sebelah dalam.

Selain itu, Kandung kencing. Kandung kencing bekerja sebagai penampung urine, organ ini memiliki bentuk seperti buah pir, yang terletak di dalam panggul besar dan di belakang simfisi pubis. Dinding kandung kencing terdiri atas lapisan serus, lapisan berotot, lapisan submukosa, lapisan mukosa dan epithelium transisional.

Uretra merupakan sebuah saluran yang berjalan dari leher kandung kencing ke lubang luar dan dilapisi oleh membran mukosa. Pada wanita uretra adalah 2,5 – 3,5 cm, sedangkan pada pria 17-22,5cm.

## **2. Pembentukan Urin**

Setiap menit kira-kira 1 liter darah mengandung 500ccm plasma yang mengalir melalui glomeruli dan sekitar 10% disaring keluar, plasma berisi garam, glukosa, dan benda halus lainnya. Sel dan protein yang besar yang sulit menembus pori saringan akan tinggal dalam aliran darah. Cairan yang disaring yaitu filtrate glomerulus, kemudian mengalir melalui tubula renalis dan sel-selnya menyerap semua bahan yang diperlukan tubuh dan meninggalkan yang tidak diperlukan. Dengan mengubah jumlah yang diserap dan meninggalkan dalam tubula, sel dapat mengatur susunan urin di satu sisi dan susunan darah di satu sisi sebaliknya. Dalam keadaan normal semua glukosa dan sebagian air diabsorpsi kembali secara selektif dari tubulus ke kapiler peritubular. Kemudian menyekresi zat-zat tersebut dari kapiler ke dalam lumen dengan menambah bahan pada urin (kalium, amino organic, dan ion hydrogen) untuk memperbaiki komponen buffer darah dan mengeluarkan zat-zat yang merugikan.

Kemudian filtrate tersebut melalui pelvis ginjal dan ureter sebagai urin (urin yang siap dibuang). Setelah dari ginjal urin tersebut berjalan melalui ureter pelebaran hilum ginjal dan berjalan ke bawah melalui rongga abdomen dan masuk ke dalam pelvis dengan arah oblik bermuara ke dalam posterior kantung kencing (penampung urin). Setelah berjalan dari leher kantung kencing menuju uretra (lubang luar).

## **B. Kulit**

### **1. Anatomi dan Fisiologi Kulit**

Kulit atau *integument* merupakan suatu organ yang paling luas, dimana pada tubuh manusia luasnya mencapai lebih dari 19.000 cm<sup>2</sup>. Kulit memiliki banyak fungsi diantaranya adalah melapisi jaringan tubuh, membatu mengatur suhu dan mengendalikan hilangnya air dari tubuh, serta melindungi tubuh

dari kerusakan mekanis, panas, dan inveksi bakteri. Kulit juga mengandung jaringan pembuluh darah di bawah pengaruh sistem saraf. Selain itu, kulit juga memiliki fungsi sebagai sistem ekskresi untuk urea, garam dan air serta tempat sintesis vitamin D.

Dilihat dari strukturnya, kulit terdiri dari 2 lapis yaitu epidermis dan dermis. Epidermis tersusun atas epitelium berlapis dan lapisan tanduk serta selapis zona germinalis. Lapisan tanduk tersusun atas 3 lapisan sel yaitu stratum korneum (selnya tipis, seperti sisik); stratum lusidum (selnya memiliki batas tegas tetapi tidak ada intinya); stratum granulosum (selapis sel yang jelas berisi inti dan granulosum).

Zona germinalis terletak dibawah lapisan tanduk yang terdiri atas 2 lapisan epitel yang berbentuk tegas. Sel berduri, yaitu sel dengan fibril halus yang menyambung sel satu dengan lainnya sehingga setiap sel seakan-akan berduri. Sel basal merupakan sel yang memproduksi sel epidermis baru, sel ini tersusun secara teratur, berderet dengan rapat membentuk suatu lapisan yang duduk diatas papilla dermis. Epidermis tidak berisi pembuluh darah dan merupakan pembatas bagi folikel rambut. Diatas permukaan epidermis terdapat garis lekukan yang sesuai dengan papil dermis, garis ini pada ujung jari berbentuk seperti ukiran yang berbeda pada setiap orang.

Sedangkan dermis tersusun atas jaringan fibrus dan jaringan ikat elastis. Pada permukaan dermis tersusun papil-papil kecil yang berisi ranting-ranting pembuluh darah kapiler. Jaringan ikat terdiri dari 2 daerah utama yaitu daerah papilar dan daerah reticular. Lapisan papilar merupakan lapisan dermis paling atas, tidak rata, mengandung banyak kolagen serta serabut elastis, dan bagian bawah papilla bergelombang. Proyeksi seperti kerucut yang menjorok ke arah epidermis disebut papilla dermal. Jaringan kapiler banyak pada lapisan papilar yang berfungsi menyediakan nutrien untuk lapisan epidermal, merasakan rambat panas

matahari dan reseptor sentuhan. Lapisan reticular merupakan lapisan kulit paling dalam, mengandung banyak arteri, vena, kelenjar keringat dan kelenjar sebaceous serta reseptor tekanan. Lapisan ini mengandung banyak kolagen dan serabut elastis, fibroblast, sel-sel adipose, dan berbagai jenis makrofag yang penting pada pertahanan tubuh.

Dermis juga memiliki banyak pembuluh darah yang berfungsi untuk meregulasi suhu tubuh. Apabila suhu tubuh meningkat, arteriol dilatasi, dan kapiler-kapiler dermis menjadi terisi dengan darah yang panas. Begitujuga sebaliknya, apabila suhu lingkungan dingin maka panas tubuh disimpan, kemudian arteriol dermal berkonstriksi sehingga darah tidak banyak menuju permukaan kulit sehingga panas tubuh sedikit dipancarkan ke luar tubuh. Dermis juga kaya akan pembuluh limfe dan serabut-serabut saraf.

Struktur tambahan pada kulit yaitu rambut, kuku, dan kelenjar kulit. Rambut tubuh dari folikel merupakan lekukan jeluk di dalam epidermis. Folikel rambut dibatasi oleh sel epidermis dan didasar atas terdapat papil tempat awal rambut tumbuh. Akar rambut berada di dalam folikel, pertumbuhan rambut berasal dari sel lunak pada bagian pangkal bulat yang menjepit papil pembuluh darah, warna rambut disebabkan jumlah pigmen didalam epidermis dan batang rambut berada di bagian dari luar permukaan. Rambut terdiri dari 3 lapis yaitu medulla, korteks, dan kutikula. Pada manusia dikenal 2 macam rambut yaitu rambut lanugo fetus dan rambut terminal. Rambut lanugo fetus memiliki ciri- ciri pendek, tidak berpigmen, halus, akarnya di dalam dermis, dan sebagian besar menghilang setelah pubertas. Sedangkan rambut terminal yaitu rambut yang memiliki ciri panjang, lebih kasar, berpigmen, terkumpul didaerah tertentu, akarnya berada di dalam subkutis bagian atas, dan rambut ini terdiri dari rambut kepala (*capilli*), kumis, janggut, rambut ketiak (*hirci*), dan rambut

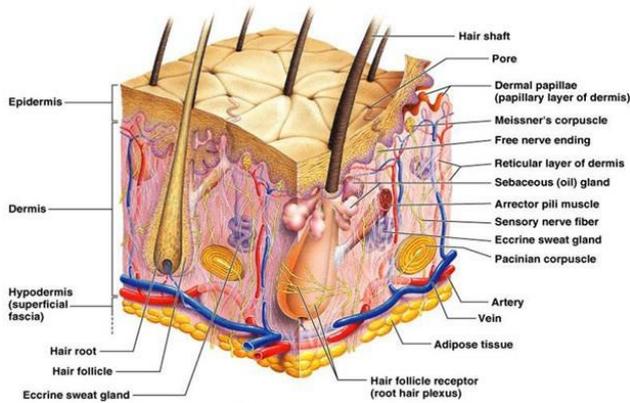
kemaluan (*pubes*).

Kuku merupakan derivate epidermis, berupa lempeng-lempeng zat tanduk yang terdapat pada dorsal ujung jari tangan dan kaki. Kuku terdiri dari bagian akar dan bagian badan. Dilihat dari atas ujung proksimal badan kuku terdapat bagian putih berbentuk bulan sabit disebut lakuna. Pertumbuhan kuku terletak pada akar, yang tersusun dari sel germinal. Kuku tersusun dari zat-zat mati yaitu lapisan kompak dari epitel yang mengalami pertandukan dan kuku tumbuh kearah distal, dan diatas kulit dasar kuku disebut dengan hiponisium. Perluasan epidermis berzat tanduk pada ujung proksimal lipatan kuku adalah eponisium atau kutikula. Kuku tidak memiliki warna tapi tampak kemerahan karena terdapat darah pada kapiler di bawah kuku dan apabila seseorang mengalami kekurangan oksigen menyebabkan kuku berwarna biru.

Kelenjar kulit dibedakan menjadi 2 macam yaitu kelenjar sebesea (kelenjar minyak) dan kelenjar keringat. Saluran kejejir minyak bermuara pada bagian atas folikel rambut, tetapi ada juga di permukaan kulit seperti glans penis dan glans klitoris dan bibir. Sekresi kelenjar minyak disebut sebum, yaitu campuran zat-zat berminyak dan serpihan sel yang berfungsi sebagai pelumas untuk memelihara kulit tetap halus dan lembab serta rambut tetap kuat.

Sedangkan kelenjar keringat adalah kelenjar eksorin yang eksresinya dikeluarkan melalui pori-pori yang tersebar di permukaan kulit. Kelenjar keringat dibedakan menjadi 2 macam berdasarkan eksresinya yaitu kelenjar ekrin dan kelenjar aporin. Kelenjar ekrin adalah kelenjar yang tersebar di seluruh permukaan tubuh dan berfungsi untuk memproduksi keringat jernih yang mengandung air, NaCl, dan urea. Sedangkan kelenjar aporin adalah kelenjar yang mengsekresikan air, NaCl, urea, dan protein bersusu, yang merupakan medium idel untuk mikroorganisme yang berada dalam kulit. Kelenjar keringat berada dibawah pengendalian sistem saraf, kelenjar keringat juga merupakan alat

regulasi suhu tubuh. Berikut ini adalah gambar struktur mikroskopis kulit.



**Gambar 8.4 Struktur Mikroskopis Kulit**

## 2. Kulit Sebagai Pengatur Suhu

Manusia merupakan homoiterm, artinya suhu tubuhnya konstan meskipun suhu lingkungan berfluktuasi jauh diatas atau dibawah suhu tubuhnya. Di dalam kulit terdapat jaring-jaring pembuluh darah dan kelenjar keringat yang dikendalikan oleh sistem saraf. Di samping itu, di dalam kulit juga terdapat berbagai reseptor salah satunya adalah termoreseptor, yang berperan sebagai pengatur suhu pada tubuh.

Apabila suhu tubuh merasa panas, akan ada kecenderungan tubuh untuk menghilangkan panas ke lingkungan. Dan apabila tubuh merasa dingin, maka kecenderungannya meningkatkan panas. Jumlah panas yang hilang pada lingkungan melalui radiasi, konduksi, dan konveksi yang ditentukan oleh perbedaan suhu antara kulit dan lingkungan eksternal.

Tubuh memiliki suhu tetap (normal) sebesar 37°C. Pusat tubuh adalah lapisan kulit, dimana tempat terjadinya pertukaran panas antara tubuh dengan lingkungan luar. Untuk memelihara tubuh agar bersuhu konstan, kapasitas insulatif dan suhu kulit dapat diatur ke berbagai gradien suhu antara kulit dan lingkungan

eksternal. Kapasitas insulatif kulit dapat diubah-ubah dengan mengontrol jumlah darah yang mengalir melalui kulit. Darah yang mengalir ke kulit memiliki 2 fungsi yaitu pertama, menyediakan pasok makanan kulit. Kedua, darah dipompa ke kulit dari jantung, maka darah akan membawa panas dari tubuh ke kulit.

Pada proses termogulasi, aliran darah kulit dapat berubah-ubah, dari 400ml sampai 2500 ml/menit. Darah lebih banyak mencapai kulit dari pada pusat tubuh yang panas, maka suhu kulit lebih dekat ke suhu pusat. Pembuluh darah kutaneus menggunakan keefektivan kulit sebagai suatu insulator dengan membawa panas ke permukaan, dimana suhu dapat hilang dari tubuh melalui radiasi dan konduksi-konveksi. Jadi, vasodilatasi pembuluh darah kulit, yang memungkinkan peningkatan aliran darah panas ke kulit sehingga dapat meningkatkan kehilangan panas. Sedangkan vasokonstriksi, pembuluh darah kulit mengurangi aliran darah ke kulit dengan demikian menjaga suhu pusat tubuh konstan. Dimana darah di insulasi dari lingkungan eksternal jadi menurunkan kehilangan panas.

Suhu tubuh seseorang adalah tetap, meskipun terjadi perubahan suhu lingkungan. Hal ini dikarenakan pertahanan dan penyesuaian antara panas yang hilang dan dihasilkan, yang diatur oleh pusat pengatur panas (termoreseptor dalam hipotalamus, korda spinalis, atau organ abdominal). Sinyal ini diteruskan ke pusat pengintegrasian termoregulatori hipotalamik yang kemudian mengurangi pengiriman sinyalnya lewat saraf simpatetik ke pembuluh darah bawah kulit, akibatnya pembuluh darah bawah kulit mengalami vasodilatasi sehingga banyak darah panas mengalir ke bawah kulit. Disamping itu, sinyal juga disampaikan ke kelenjar keringat untuk mengekskresikan keringat ke permukaan kulit. Proses berikutnya adalah menguapkan keringat dengan mengambil panas dari darah yang mengakibatkan suhu tubuh kembali normal.

Proses yang sama terjadi apabila menghadapi suhu lingkungan yang panas, hanya perubahan suhu ini mula-mula diterima oleh termoreseptor peripheral pada kulit. Selanjutnya termoreseptor peripheral akan menyampaikan sinyalnya ke pusat pengintegrasian termoregulatori hipotalamik yang meneruskannya ke pembuluh darah bawah kulit dan kelenjar keringat. Proses selanjutnya sama seperti apabila suhu pusat tubuh meningkat.

Sebaliknya apabila suhu tubuh menghadapi suhu lingkungan yang dingin, maka hipotalamus akan mengatur penurunan kehilangan panas dan meningkatkan produksi panas. Penurunan kehilangan panas dilakukan melalui perintah ke pembuluh darah bawah kulit untuk vasokonstriksi, dan kelenjar keringat untuk menghentikan ekskresi keringat. Peningkatan produksi panas dilakukan melalui proses menggigil oleh otot-otot rangka.

**Contoh/Model**

## Latihan

## Tindak Lanjut

## Refleksi

# BAB | SISTEM IX | ENDOKRIN

## A. Pengertian Endokrin

Endokrin adalah kumpulan kelenjar yang menghasilkan hormon untuk mengatur proses seperti pertumbuhan dan perkembangan, reproduksi dan fungsi seksual, metabolisme dan mood dan tidur. Kata endokrin berasal dari bahasa Yunani kata "*'endo'*" artinya dalam arti "*'crinis'*" yang berarti "*'secrete'*". Kelenjar ini mengeluarkan bahan dari darah dan proses dan mengeluarkan produk yang diperlukan untuk digunakan di tempat lain di tubuh.

Hormon yang diproduksi oleh kelenjar ini beredar di seluruh tubuh dan setiap hormon ditandai terhadap organ dan jaringan tertentu. Penyakit terjadi bila kadar hormon terlalu tinggi atau terlalu rendah. Hormon merupakan zat kimia yang disekresikan ke dalam cairan tubuh oleh satu sel atau sekelompok sel dan mempunyai efek pengaturan fisiologis terhadap sel-sel tubuh lain.

Fungsi tubuh diatur oleh dua sistem pengatur utama yakni: (1) sistem saraf, dan (2) sistem hormonal atau sistem endokrin. Pada umumnya, sistem hormonal terutama berkaitan dengan pengaturan berbagai fungsi metabolisme tubuh, seperti pengaturan kecepatan reaksi kimia di dalam sel atau pengangkutan bahan-bahan melewati membran sel atau aspek lain dari metabolisme sel seperti pertumbuhan dan sekresi. Beberapa efek hormon ini dapat terjadi dalam beberapa detik, sedangkan yang lain membutuhkan beberapa hari hanya untuk mulai dan berlangsung selama beberapa minggu, beberapa bulan, atau bahkan beberapa tahun.

Antara sistem hormon dan sistem saraf terdapat banyak hubungan. Contohnya, paling sedikit ada dua kelenjar yang mensekresikan hormonnya hampir seluruhnya sebagai respons

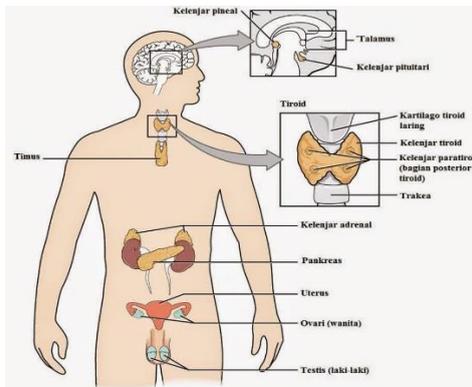
terhadap rangsangan saraf yang tepat, yakni kelenjar medula adrenal dan kelenjar hipofisis. Sebaliknya, sebagian besar hormon yang dikeluarkan oleh kelenjar hipofisis mengatur sekresi sebagian besar kelenjar endokrin lain.

## **B. Perbedaan Endokrin dan Eksokrin**

Kelenjar eksokrin adalah kelenjar yang mengeluarkan produk mereka melalui saluran, dan mengeluarkannya ke lingkungan luar, ke organ atau bagian luar tubuh. Kelenjar endokrin tidak beraturan, oleh karena itu hormon yang disekresikan dilepaskan ke ruang interstisial yang mengelilingi sel. Hormon dikirim ke kapiler terdekat, dan menyebar ke seluruh tubuh. Tanggapannya tertunda karena hormon harus terlebih dahulu melakukan perjalanan melalui darah untuk mencapai organ target. Durasinya lebih lama karena ginjal menyaring darah.

Fungsi endokrin saling terkait. Banyak hormon yang dihasilkan berfungsi untuk mengubah kerja hormon endokrin lainnya. Kelenjar eksokrin berbeda dengan kelenjar endokrin, karena mereka memiliki saluran yang mengantarkan produk di bagian tubuh yang dangkal, seperti kulit, atau bagian dalam di mana diperlukan, seperti jus pankreas yang dibawa ke dalam usus untuk membantu pencernaan. Kelenjar yang ditemukan di tubuh kebanyakan kelenjar eksokrin. Contoh kelenjar eksokrin adalah keringat, air liur dan kelenjar susu, serta minyak dan enzim. Ada kelenjar yang berfungsi sebagai kelenjar endokrin dan eksokrin.

## C. Kelenjar, Hormon, dan Fungsinya



**Gambar 9.1** Macam-macam Kelenjar

### 1. Kelenjar Hipofisis

Kelenjar hipofisis yang juga disebut sebagai hipofisis, merupakan kelenjar kecil, diameternya kira-kira 1 sentimeter dan beratnya 0,5 sampai 1 gram yang terletak di *sela tursika*, rongga tulang pada basis otak, dan dihubungkan dengan hipotalamus oleh tangkai hipofisis (atau hipofisial). Dipandang dari sudut fisiologi, kelenjar hipofisis dibagi menjadi dua bagian yang berbeda: hipofisis anterior, yang juga dikenal sebagai adenohipofisis, dan hipofisis posterior, yang juga dikenal sebagai neurohipofisis. Di antara kedua bagian ini terdapat daerah kecil, yang relatif avascular yang disebut sebagai *pars intermedia*, yang pada manusia hampir tidak ada sedangkan pada beberapa jenis binatang rendah ukurannya jauh lebih besar dan lebih berfungsi.

#### a. Anterior

- 1) Hormon pertumbuhan: menyebabkan pertumbuhan hampir seluruh sel dan jaringan tubuh.
- 2) Adrenokortikotropin: menyebabkan korteks adrenal mensekresi hormon-hormon adrenokortikal
- 3) Hormon perangsang tiroid: menyebabkan kelenjar tiroid mensekresi tiroksin dan triiodotironin.
- 4) Hormon perangsang folikel: menyebabkan pertumbuhan

folikel dalam ovarium sebelum ovulasi, meningkatkan pembentukan sperma di dalam testis.

- 5) Hormon lutein: memainkan peranan penting dalam proses ovulasi; juga menimbulkan sekresi hormon kelamin wanita oleh ovarium dan testosteron oleh testis.
- 6) Prolaktin: meningkatkan perkembangan payudara dan sekresi air susu.

b. Posterior

- 1) Hormon antidiuretik (juga disebut vasopresin): menyebabkan ginjal menahan air, sehingga meningkatkan jumlah air dalam tubuh; juga, pada konsentrasi yang tinggi, akan menyebabkan penyempitan pembuluh darah di seluruh tubuh dan menaikkan tekanan darah.
- 2) Oksitosin: membuat uterus berkontraksi selama proses persalinan, juga membantu pengeluaran bayi; juga membuat sel-sel mioepitelial dalam payudara berkontraksi, sehingga mengeluarkan air susu dari payudara sewaktu bayi mengisap.

## 2. Korteks Adrenal

Kedua kelenjar adrenal, yang masing-masing mempunyai berat kira-kira 4 gram, terletak di kutub superior dari kedua ginjal. Tiap kelenjar terdiri atas dua bagian yang berbeda, yakni medula adrenal dan korteks adrenal. Medula adrenal, yang merupakan 20 persen bagian kelenjar terletak di pusat kelenjar, dan secara fungsional berkaitan dengan sistem saraf simpatis, mensekresi hormon-hormon epinefrin dan norepinefrin sebagai rangsangan terhadap rangsangan simpatis. Selanjutnya, hormon-hormon ini akan menyebabkan efek yang hampir sama dengan perangsangan langsung pada saraf-saraf simpatis di seluruh bagian tubuh.

- a. Kortisol: mempunyai banyak sekali fungsi metabolik untuk mengatur metabolisme protein, karbohidrat, dan lemak.

- b. Aldosteron: mengurangi ekskresi natrium oleh ginjal dan meningkatkan ekskresi kalium, sehingga meningkatkan jumlah natrium tubuh di samping menurunkan jumlah kalium.

### **3. Kelenjar Tiroid**

Kelenjar tiroid, yang terletak tepat di bawah kedua sisi laring dan terletak di sebelah anterior trakea, mensekresi dua macam hormon yang bermakna, yakni Tiroksin dan Triiodotironin, yang biasanya disebut T<sub>4</sub> dan T<sub>3</sub>, yang sangat mempengaruhi kecepatan metabolisme tubuh. Kelenjar ini juga mensekresi kalsitonin, yang sangat berguna untuk metabolisme kalsium.

Kekurangan total sekresi tiroid biasanya menyebabkan penurunan kecepatan metabolisme basal kira-kira 40-50 persen di bawah normal, dan bila kelebihan sekresi tiroid sangat hebat dapat menyebabkan naiknya kecepatan metabolisme basal sampai setinggi 60-100 persen di atas normal. Sekresi kelenjar tiroid terutama diatur oleh kelenjar hipofisis anterior.

- a. Tiroksin dan Triiodotironin: meningkatkan kecepatan reaksi kimia dalam hampir semua sel tubuh, jadi meningkatkan tingkat metabolisme tubuh umum.
- b. Kalsitonin: memacu pengendapan kalsium di dalam tulang sehingga menurunkan konsentrasi kalsium dalam cairan ekstraselular.

### **4. Pulau Langerhans dan Kelenjar Pankreas**

Pankreas manusia mempunyai 1 sampai 2 juta pulau Langerhans, setiap pulau Langerhans hanya berdiameter 0,3 milimeter dan tersusun mengelilingi pembuluh kapiler kecil yang merupakan tempat penampungan hormon yang disekresikan oleh sel-sel tersebut. Pulau Langerhans mengandung tiga jenis sel utama, yakni sel *alfa*, *beta*, dan *delta*, yang dapat dibedakan dari ciri morfologik dan pewarnaannya. Sel *beta*, yang mencakup kira-kira 60 persen dari semua sel, terletak terutama di tengah dari setiap pulau dan mensekresikan insulin. Sel *alfa*, yang mencakup

kira-kira 25 persen dari seluruh sel, mensekresikan glukagon. Dan sel *delta*, yang merupakan 10 persen dari seluruh sel, mensekresikan *somatostatin*. Selain itu, paling sedikit terdapat satu jenis sel lain, yang disebut sel PP, yang terdapat dalam jumlah yang sedikit dalam pulau Langerhans dan mensekresi hormon yang fungsinya masih diragukan yakni *polipeptida pankreas*.

- a. Insulin: memacu masuknya glukosa ke dalam seluruh sel tubuh, di mana cara ini mengatur kecepatan metabolisme dari hampir semua karbohidrat.
- b. Glukagon: meningkatkan sintesis dan pelepasan glukosa dari hati masuk ke sirkulasi cairan tubuh.

## 5. Ovarium

Ovarium atau indung telur adalah salah satu organ reproduksi pada wanita yang berfungsi untuk memproduksi sel telur dan hormon. Manusia memiliki dua buah ovarium, di kiri dan kanan. Bentuk dari ovarium adalah oval dan memiliki panjang sekitar 4 cm., lebar 3 cm dan diameter sekitar 2 cm. Warna dari ovarium biasanya abu kemerahan dan memiliki permukaan yang tidak rata.

- a. Estrogen: merangsang perkembangan organ kelamin wanita, payudara, dan berbagai sifat kelamin sekunder.
- b. Progesteron: merangsang sekresi “cairan uterus” oleh kelenjar endometrium uterus; juga membantu meningkatkan perkembangan apparatus sekretorik payudara.

## 6. Testis

Testis terdiri atas 900 lilitan tubulus seminiferous, yang masing-masing mempunyai panjang rata-rata lebih dari 5 meter, dan merupakan tempat pembentukan sperma. Testosteron merupakan hormon yang merangsang pertumbuhan organ kelamin pria dan meningkatkan perkembangan sifat-sifat kelamin sekunder pria.

## 7. Kelenjar Paratiroid

Kelenjar Paratiroid adalah kelenjar endokrin yang berfungsi untuk mensekresikan hormon paratiroid. Kelenjar paratiroid biasanya terletak di leher dan manusia mempunyai empat buah kelenjar paratiroid. Kelenjar ini disebut paratiroid karena letaknya di belakang kelenjar tiroid. Hormon paratiroid yang dihasilkan oleh kelenjar ini berfungsi untuk mengontrol kadar kalsium di darah dan tulang. Kelenjar ini akan terus memproduksi secara konstan hingga seseorang mencapai usia 30 tahun. Parathormon berfungsi untuk mengatur konsentrasi ion kalsium dalam cairan ekstraseluler dengan cara mengatur: absorpsi kalsium dari usus, ekskresi kalsium oleh ginjal, dan pelepasan kalsium dari tulang.

## 8. Plasenta

Plasenta atau yang juga sering disebut dengan ari-ari adalah organ dalam kandungan yang dapat ditemukan pada masa kehamilan. Plasenta merupakan organ yang berperan sangat penting dalam pertumbuhan dan perkembangan janin. Fungsi utama dari plasenta adalah untuk memberikan nutrisi dan pertukaran produk-produk metabolisme antara janin dan ibu. Plasenta manusia memiliki diameter rata-rata 15-22 cm dengan berat sekitar 470 gram. Tebal pada bagian tengah organ ini biasanya sekitar 2,5-5 cm. Pada plasenta juga terdapat tali pusar (umbilical cord) yang terbentuk dari pembuluh darah.

- a. *Human Chorionic Gonadotropin*: meningkatkan pertumbuhan korpus luteum dan sekresi estrogen dan progesterone oleh korpus luteum.
- b. *Estrogen*: meningkatkan pertumbuhan organ kelamin ibu dan beberapa jaringan janin.
- c. *Progesteron*: membantu perkembangan khusus dari endometrium uterus dalam implantasi tahap lanjut dari ovum yang sudah difertilisasi; mungkin meningkatkan perkembangan beberapa jaringan dan organ janin; membantu meningkatkan

perkembangan aparatus sekretorik dari payudara ibu.

- d. *Human somatomammotropin*: mungkin meningkatkan pertumbuhan beberapa jaringan janin serta membantu perkembangan payudara ibu.

#### **D. Segi Kimiawi Hormon**

Secara kimiawi, hormon dapat dibagi dalam tiga tipe:

1. Hormon steroid: hormon ini semuanya memiliki struktur kimia berdasarkan pada inti steroid, yang mirip dengan kolesterol dan sebagian tipe ini berasal dari kolesterol itu sendiri. Berbagai hormon steroid yang berbeda disekresi oleh: (a) korteks adrenal dan aldosteron), (b) ovarium (estrogen dan progesteron), (c) testis (testosteron), dan (d) plasenta (estrogen dan progesteron).
2. Derivat asam amino tirosin: ada dua kelompok hormon yang merupakan derivat asam tirosin Kedua hormon metabolic tiroid, tiroksin dan triiodotironin, merupakan bentuk tiroksin merupakan bentuk iodinasi dari derivat tirosin. Dan kedua hormon utama yang berasal dari medulla adrenal, *epinefrin* dan *norepinefrin*, kedua-duanya merupakan katekolamin, yang juga turunan dari tirosin.
3. Protein atau peptida: pada dasarnya semua hormon endokrin yang penting dapat merupakan derivat protein, peptida atau derivat dari keduanya. Hormon yang dikeluarkan oleh kelenjar hipofisis anterior dapat merupakan molekul protein atau polipeptida besar; hormon hipofisis posterior, hormon antidiuretik, dan oksitoksin, merupakan peptida yang hanya mengandung delapan asam amino. Insulin, glukagon, dan parathormon merupakan polipeptida besar.

**Contoh/Model**

## Latihan

## Tindak Lanjut

## Refleksi

# BAB | SISTEM X | REPRODUKSI

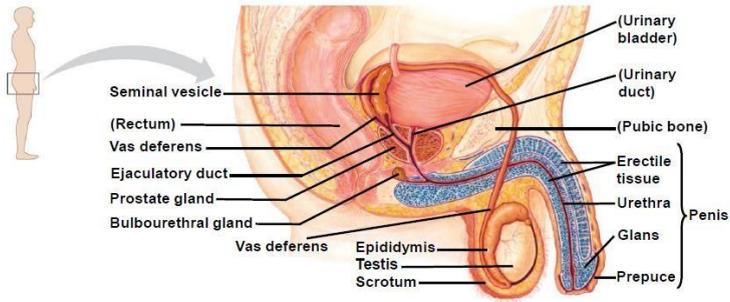
Sistem reproduksi adalah sistem yang berperan dalam menghasilkan gamet fungsional tubuh. Sistem reproduksi pria dan wanita dirancang untuk memungkinkan penyatuan bahan genetik, dan sistem reproduksi pada wanita dilengkapi untuk dapat menampung dan memberi makan keturunan sampai ke tahap perkembangan sampai keturunan tersebut dapat bertahan hidup secara independen di lingkungan eksternal.

Sistem reproduksi terdiri dari organ seks primer atau gonad dan organ seks sekunder. Organ seks primer yaitu testis pada pria dan ovarium pada wanita, yang mensekresikan hormon dan menghasilkan gamet (sperma dan sel telur). Sedangkan organ seks sekunder berupa kelenjar dan saluran- saluran. Karakteristik seks sekunder adalah karakteristik eksternal yang tidak secara langsung terlibat dalam reproduksi tetapi membedakan pria dan wanita, misalnya pada pria memiliki janggut sedangkan wanita tidak. Sistem reproduksi pada pria dan wanita juga mencakup saluran reproduksi, yaitu suatu sistem saluran yang dirancang untuk mengangkut atau menampung gamet setelah gamet diproduksi.

Fungsi reproduksi yang penting pada pria adalah pembentukan sperma (*spermatogenesis*) dan penyaluran sperma pada wanita. Sedangkan peran wanita dalam reproduksi lebih rumit daripada pria, fungsi utama sistem reproduksi pada wanita adalah pembentukan ovum (*oogenesis*), menerima sperma, transportasi sperma dan ovum ke tempat penyaluran (*fertilisasi*/pembuahan, atau *konsepsi*), pemeliharaan janin yang sedang berkembang sampai janin tersebut dapat bertahan hidup di dunia luar (*gestasi*/kehamilan) termasuk pembentukan plasenta

(organ pertukaran antara ibu dan janinnya, melahirkan bayi (*partus*), dan memberimakan bayi dengan menghasilkan susu (*laktasi*)).

## Sistem Genitalia Pada Pria



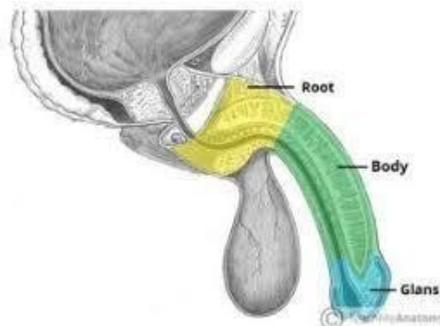
**Gambar 10.1 Organ Reproduksi pada Pria**

### A. Organ Reproduksi Luar

#### 1. Skrotum

Skrotum adalah kantong kulit dan fascia superfisial yang menggantung dari bagian dasar penis. Skrotum atau kantung buah pelir merupakan sebuah struktur berupa kantong yang terdiri atas kulit tanpa lemak subkutan, berisi sedikit jaringan otot. Kulit pada skrotum tipis berpigmentasi.

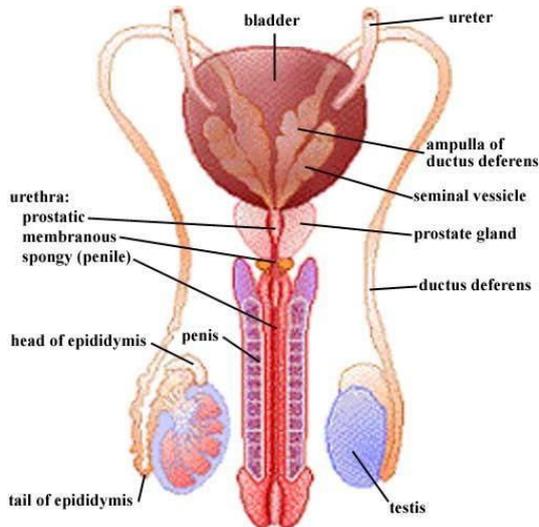
#### 2. Penis



**Gambar 10.2 Bagian-Bagian Penis**

Penis merupakan organ silindris yang berfungsi untuk melewati urin dan membawa sperma. Penis terdiri dari tiga bagian yaitu akar yang menghubungkan penis ke perineum, badan atau batang yang menyusun sebagian besar penis, dan glans penis yaitu bagian ujung badan yang membesar. Glans penis adalah pembesaran jaringan tempat corpus spongiosum membesar pada ujung penis. Glans penis dibungkus oleh kulit yang disebut preputium atau kulup. Preputium ini dapat dihilangkan saat circumsisi (sunat). Penis tersusun atas tiga badan silinder yaitu corpora cavernosa dextra, sinistra dan corpus spongiosum di bagian sentral. Penis atau zakar terdiri dari jaringan seperti busa dan memanjang dari glans penis (kepala zakar), tempat muara uretra.

## B. Organ Reproduksi Dalam

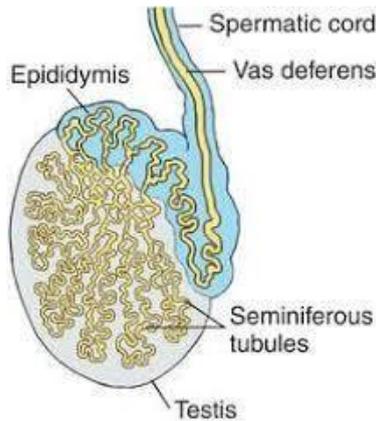


**Gambar 10.3 Organ Reproduksi Dalam Pada Pria**

### 1. Testis

Testis adalah badan berbentuk oval yang disokong oleh funikulus spermatikus pada pertengahan skrotum. Testis

merupakan organ kelamin laki-laki untuk pengembangbiakan, tempat spermatozoa dibentuk dan hormon kelamin laki-laki, serta *testosterone* dihasilkan. Testis terletak oblik menggantung pada urat-urat spermatik di dalam skrotum. Sekitar 80% massa testis terdiri dari tubulus seminifera yang berkelak-kelok, yang di dalamnya berlangsung spermatogenesis.



**Gambar 10.4 Testis**

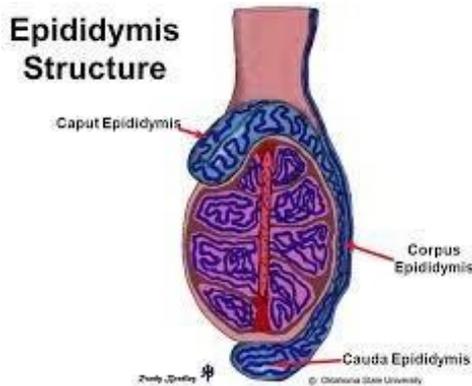
Struktur testis adalah sebagai berikut:

1. Setiap testis terbagi oleh sekat menjadi 200-300 lobulus yang setiap lobulusnya mengandung 1-3 tubulus seminiferus
2. Tubulus seminiferus adalah tubulus yang berkelok-kelok yang memiliki panjang 70 cm
3. Spermatozoa dihasilkan setelah pubertas oleh sel-sel tubulus seminiferus
4. Pada bagian belakang testis, tubulus seminiferus bermuara ke dalam sekitar 12 ductus efferentes, yang menembus tunica albuginea dan membentuk caput epididimis
5. Sel-sel interstitial, yang memproduksi hormon pria, terletak di antara tubulus

Testis dikontrol oleh dua hormon gonadotropik yang disekresikan oleh hipofisis anterior, *luteinizing hormone* (LH) dan *folicle-stimulating hormone* (FSH). Kedua hormon ini bekerja pada

komponen testis yang berbeda. LH bekerja pada sel *Leydig* untuk mengatur sekresi testosteron, sehingga pada pria hormon ini juga memiliki nama *interstitial-cell-stimulating hormone* (ICSH). FSH bekerja pada tubulus seminiferosa, terutama di sel Sertoli, untuk meningkatkan spermatogenesis. Sebaliknya sekresi LH dan FSH dari hipofisis anterior dirangsang oleh sebuah hormon hipotalamus yaitu *gonadotropin-releasing hormone* (GnRH).

## 2. Epididimis



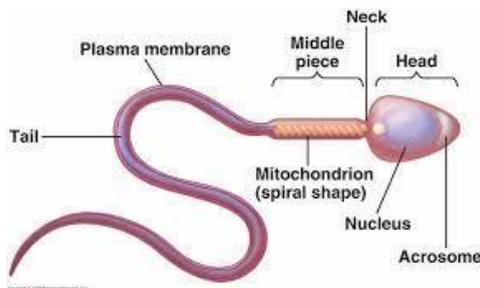
**Gambar 10.5 Epididimis**

Epididimis merupakan organ kecil yang terletak pada belakang testis serta terkait padanya. Epididimis terdiri dari sebuah tabung sempit yang sangat panjang dan meliku-liku di belakang testis, melalui tabung ini sperma berjalan dari testis masuk ke dalam vas deferens. Organ ini memiliki caput (kepala) yang terdiri dari tubulus efferen yang berasal dari testis, corpus (badan), dan cauda (ekor) yang terdiri dari tabung tunggal tempat duktus berjalan. Epididimis berperan penting dalam sistem reproduksi pria serta berfungsi sebagai tempat transportasi spermatozoa, pematangan spermatozoa yang dibantu dengan adanya sejumlah protein yang disekresikan oleh epitel epididimis, dan penyimpanan spermatozoa.



1. Efek sebelum lahir, maskulinasi saluran reproduksi dan genetalia eksterna serta mendorong turunnya testis ke dalam skrotum
2. Efek pada jaringan spesifik-seks, mendorong pertumbuhan dan pematangan sistem reproduksi pada pubertas, berperan penting dalam spermatogenesis, pemeliharaan saluran reproduksi selama masa dewasa
3. Efek lain yang berkaitan dengan reproduksi, memicu pola pertumbuhan rambut pria, menyebabkan suara menjadi berat karena pita suara menebal
4. Mendorong pertumbuhan otot yang menyebabkan timbulnya konfigurasi tubuh pria
5. Efek yang tidak berkaitan dengan reproduksi, memiliki efek anabolik protein, mendorong pertumbuhan tulang pada pubertas dan menutup epifis, serta terdapat kemungkinan memicu perilaku agresif.

## 5. Sperma



**Gambar 10.7 Sperma**

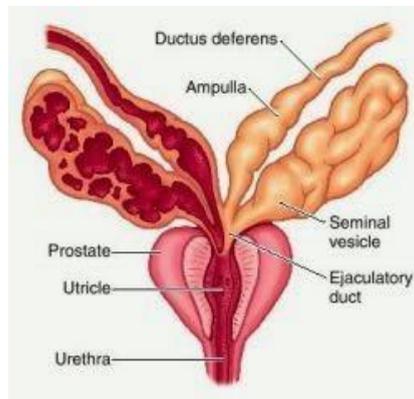
Sperma adalah sel-sel yang “dilucuti” dengan sebagian besar sitosol dan organel yang tidak diperlukan untuk tugas penyaluran informasi genetik. Spermatozoa memiliki empat bagian yaitu kepala, akrosom, bagian tengah, dan ekor. Berikut ini merupakan penjabaran dari bagian-bagian spermatozoa:

1. Kepala, terdiri dari nukleus yang mengandung informasi genetik sperma

2. Akrosom, suatu vesikel berisi enzim di ujung kepala, digunakan sebagai “bor enzimatik” untuk menembus ovum
3. Ekor, berperan dalam mobilitas spermatozoa, ekor yang panjang ini berbentuk seperti pecut yang keluar dari salah satu sentriol. Pergerakan ekor berasal dari pergeseran relatif mikrotubulus- mikrotubulus konstituennya yang dijalankan oleh energi yang dihasilkan oleh mitokondria yang terkonsentrasi di bagian tengah sperma

### C. Kelenjar Kelamin Pria

#### 1. Vesikula Seminalis

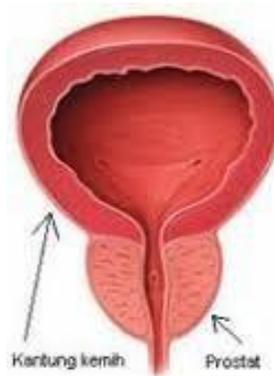


**Gambar 10.8 Vesikula Seminalis**

Vesikula seminalis atau disebut dengan kantong mani merupakan dua buah kelenjar tubuler yang terletak pada kanan dan kiri di belakang leher kandung kemih. Sekresi vesikula seminalis adalah komponen pokok dari air mani. Fungsi vesikula seminalis adalah menghasilkan fruktosa untuk memberi makan sperma yang dikeluarkan, mengeluarkan prostaglandin yang merangsang motilitas saluran reproduksi pria dan wanita untuk membantu menyalurkan sperma, menghasilkan sebagian besar cairan semen, menyediakan prekursor untuk pembekuan semen. Kelenjar seks tambahan ini akan menyalurkan sekresinya ke

dalam sistem duktus sebelum bersatu dengan uretra.

## 2. Kelenjar Prostat



**Gambar 10.9 Kelenjar Prostat**

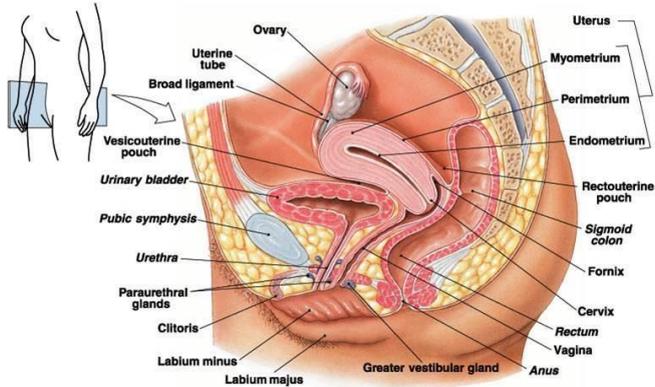
Prostat merupakan kelenjar besar yang sevara total melingkupi duktus ejakulatorius dan uretra. Ukuran kelenjar prostat kira-kira sebesar buah kenari besar, terletak di bawah kandung kencing, mengelilingi uretra, dan terdiri atas kelenjar majemuk, saluran-saluran, serta otot polos. Kelenjar prostat mensekresikan cairan yang bercampur dengan sekret dari testis. Kelenjar prostat memiliki fungsi mengeluarkan cairan basa yang menetralkan sekresi vagina yang asam serta memicu pembekuan semen untuk menjaga sperma tetap berada di dalam vagina pada saat penis dikeluarkan. Sekresi cairan basa ini merupakan fungsi yang penting dikarenakan sperma lebih dapat bertahan hidup dalam lingkungan yang sedikit basa.

## 3. Kelenjar Bulbouretra

Kelenjar bulbouretra berfungsi menyalurkan isinya ke uretra setelah uretra melewati prostat sesaat sebelum masuk ke penis. Selama perangsangan seksual, kelenjar bulbouretra mengeluarkan zat mirip mukus yang menghasilkan lubrikasi untuk hubungan kelamin.

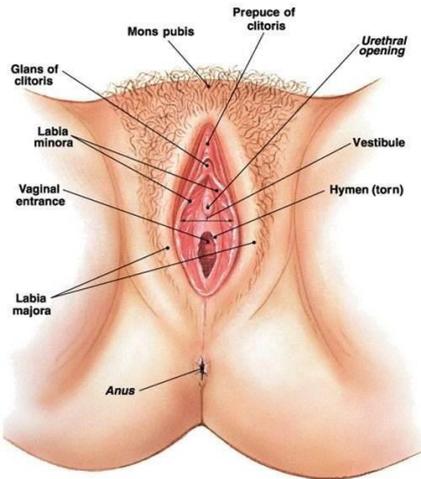
## Sistem Genitalia Pada Wanita

Organ reproduksi pada wanita dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu organ externa dan organ interna. Berikut ini merupakan penjabaran dari organ reproduksi pada wanita.



Gambar 10.10 Organ Reproduksi Wanita

### A. Organ Eksterna



Gambar 10.11 Organ Reproduksi Eksterna Wanita

#### 1. Mons Pubis

Mons pubis atau *mons veneris* merupakan sebuah bantalan lemak yang terletak di depan simfisis pubis.

## **2. Labia Mayora**

Labia mayora merupakan dua lipatan yang membulat dari jaringan berlemak yang tertutup kulit. Labia mayora mengarah ke bawah dan ke belakang dari mons pubis. Labia mayora terdiri dari kulit, lemak, jaringan otot polos, pembuluh darah, dan serabut saraf. Organ ini memiliki panjang kira-kira 7,5 cm.

## **3. Labia Minora**

Labia minora merupakan jaringan erektil yang terdiri dari dua lipatan kecil dari kulit yang terletak di antara labia mayora. Dua lipatan jaringan ini mendatar dan kemerahan tampak bila labia mayora dibuka, bentukan menyatu pada ujung atas *vulva*.

## **4. Klitoris**

Klitoris merupakan jaringan erektil kecil yang serupa dengan penis laki-laki dan terletak di anterior dalam vestibula.

## **5. Vestibula**

Vestibula dibatasi oleh lipatan labia di setiap sisinya dan bersambung dengan vagina. Di dalam vestibula terdapat uretra yang terletak di depan vagina, tepat di belakang klitoris. Selain itu vestibula juga merupakan muara vagina.

## **6. Kelenjar Vestibularis Mayor**

Kelenjar vestibularis mayor merupakan sepasang kelenjar oval yang terletak tepat di setiap sisi belakang labia mayora. Kelenjar vestibularis mayor akan mensekresikan lendir yang bermuara pada saluran di bagian samping labia mayora.

## **7. Himen**

Himen merupakan diafragma dari membran tipis yang ditengahnya terdapat lubang berfungsi agar kotoran menstruasi dapat mengalir keluar. Himen terletak di mulut vagina yang memisahkan genitalia eksterna dan interna.

## **8. Vagina**

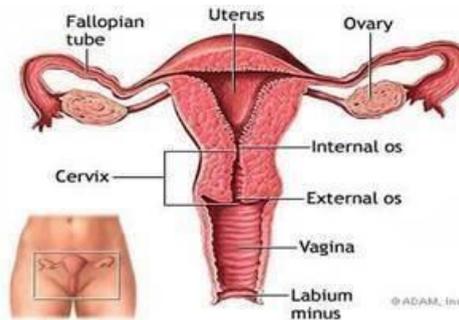
Vagina merupakan tabung berotot yang dilapisi membran dari jenis epitelium bergaris yang khusus. vagina banyak dialiri

pembuluh darah dan serabut saraf. Vagina memiliki panjang dari vestibula sampai uterus.

Dinding vagina terdiri dari tiga lapis, yaitu :

- 1) Lapisan dalam, merupakan selaput lendir atau membran mukosa yang dilengkapi lipatan-lipatan
- 2) Lapisan erektil, merupakan lapisan diantara lapisan dalam dan lapisan luar, yang terdiri atas jaringan areoler, pembuluh darah, dan beberapa serabut otot tak bergaris
- 3) Lapisan luar, merupakan lapisan berotot yang terdiri atas serabut longitudinal dan melingkar

## B. Organ Internal



**Gambar 10.12 Organ Reproduksi Interna Wanita**

### 1. Uterus

Uterus merupakan organ yang tebal, berotot, dan berbentuk buah pir. Uterus terletak di dalam pelvis, antara bagian belakang rektum dan bagian depan kandung kencing. Uterus memiliki panjang sekitar 7,5 cm serta memiliki berat 30 sampai 60 gram.

Uterus terdiri atas dua bagian, yaitu:

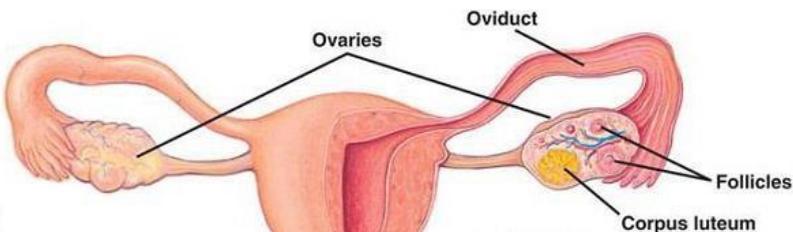
1. Fundus, yaitu ujung bagian atas yang membulat di atas perletakan tuba uterina
2. Corpus, yaitu membentuk sekitar dua pertiga uterus yang bersambungan dengan serviks membentuk sudut, sehingga

seluruh uterus menekuk ke depan

3. Serviks, yaitu ujung dari sepertiga bawah yang berbentuk silinder dan sempit. Rongga serviks bersambung dengan rongga badan uterus melalui *os interna* dan bersambung dengan rongga vagina melalui *os eksterna*.

Uterus berfungsi sebagai penahan ovum yang telah dibuahi selama proses perkembangannya. Sesudah keluar dari ovarium, ovum dihantarkan melalui tuba uterina ke uterus. Pembuahan ovum secara normal terjadi di tuba uterina. Berikutnya endometrium disiapkan untuk penerimaan ovum yang telah dibuahi dan tertanam di dalamnya. Pada saat kehamilan normal yaitu kira-kira 40 minggu, uterus akan bertambah besar, dinding uterus menjadi lebih tipis namun kuat serta membesar sampai keluar pelvis masuk ke dalam rongga abdomen pada saat pertumbuhan fetus. Sedangkan pada saat waktunya tiba (ditandai dengan mulas tanda melahirkan) uterus berkontraksi secara ritmis dan mendorong bayi serta plasenta keluar dan uterus akan kembali ke ukuran semula (normal) melalui proses yang disebut dengan *invulusi*.

## 2. Ovarium



**Gambar 10.13 Ovarium**

Pada organ reproduksi wanita terdapat dua ovarium yaitu pada kanan dan kiri uterus dengan panjang masing-masing sekitar 4cm, lebar 1,5cm, dan tebal 1 cm. ovarium merupakan kelenjar berbentuk biji buah kenari yang terletak di bawah tuba uterina dan terikat di bagian belakang ligamentum latum uteri. Pada wanita

yang belum melahirkan seorang anak, ovarium terletak di dalam fossa ovarii, cekungan peritoneum dangkal pada dinding lateral pelvis. Sedangkan apada saat setelah melahirkan, posisinya dapat bermacam-macam. Fungsi dari ovarium adalah memproduksi ova, produksi estrogen dan progesteron untuk pengaturan menstruasi.

Berikut ini merupakan pembaiian struktur pada ovarium

#### 1. Sebelum Pubertas

Ovarium terdiri dari lapisan sel germinal dan folikel ovarium primer yang masih belum berkembang yang mengelilingi medulla pada jaringan ringan fibrosa, serat otot polos, dan pembuluh darah di bagian tengah.

#### 2. Sejak Pubertas sampai Menopause

Ovarium berisi sebagian besar ovum yang belum matang, atau yang disebut dengan oosit primer. Pada setiap siklus haid sebuah dari ovum primitif mulai mematang dan kemudian cepat berkembang menjadi folikel ovarium yang vesikuler atau disebut folikel graaf. Pada saat folikel graaf berkembang terjadi perubahan dalam sel ini, dan pada tahap inilah hormon estrogen dikeluarkan. Pada masa pematangan folikel graaf letaknya dekat dengan permukaan ovarium dan semakin mekar karena cairan sehingga seperti pembengkakan yang menyerupai kista pada permukaan ovarium. Tekanan dari dalam menyebabkan folikel sobek sehingga cairan dan ovum lepas melalui rongga peritoneal masuk kedalam lubang yang berbentuk corong dari tuba uterina.

#### 3. Setelah menopause

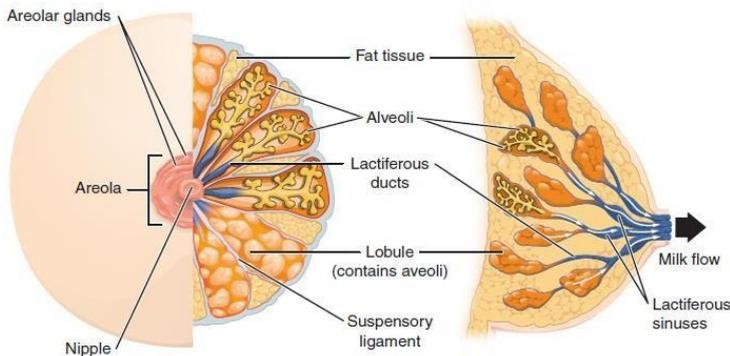
Folikel tidak berbentuk lagi dan ovarium menciut.

### 3. Tuba Uterina (Falopii)

Terapat dua tuba uterina atau disebut sebagai saluran telur pada organ reproduksi wanita, yaitu pada kanan dan kiri dari sudut atas uterus ke samping, serta pada tepi atas ligamen melebar ke arah sisi pelvis. Tuba uterina memiliki panjang sekitar 10cm dengan ujung pada bagian dekat uterus menyempit. Tuba uterina

ditutupi oleh peritoneum yang pada bagian bawahnya terdapat lapisan berotot yang terdiri atas serabut longitudinal serta melingkar. Sedangkan lapisan dalam dari tuba ini terdiri atas sel epitelium yang bersilia. Tuba uterina berfungsi untuk mengatarkan ovum dari ovarium ke uterus serta menyediakan tempat untuk pembuahan.

### C. Kelenjar Mama



**Gambar 10.14 Kelenjar Mama**

Kelenjar Mama atau payudara atau disebut pula dengan buah dada pada wanita membentang dari iga ke-2 sampai ke-6 serta dari sisi sternum sampai linea mid-aksilaris. Kelenjar ini merupakan pelengkap pada organ reproduksi wanita dan mengeluarkan air susu. Sedangkan pada pria kelenjar mama bersifat rudimenter.

Payudara terletak di dalam fascia, yang memisahkannya dari musculus pectoralis mayor dan otot lain. Payudara terdiri dari 15-20 lobus jaringan kelenjar yang terbenam di dalam lemak yang dipisahkan oleh jaringan fibrosa. Payudara memiliki berat dan ukuran yang berbeda pada setiap individu. Payudara akan membesar pada saat pubertas di bawah pengaruh hormon esterogen dan progesteron dan bertambah besar lagi selama hamil dan sesudah melahirkan serta menghasilkan *kolostrum* yaitu

cairan kuning yang mengandung lemak dan protein. Sedangkan pada usia lanjut payudara akan menjadi atrofik.

Payudara memiliki bentuk yang cembung ke depan dengan puting yang terdiri dari kulit jaringan erektil yang berwarna tua ditengahnya. Daerah coklat yang melingkari puting disebut *aerola*. Pada daerah dekat dasar puting terdapat kelenjar *subareolar* atau kelenjar *montgomery* yang berfungsi mengeluarkan zat lemak agar puting tetap dalam keadaan lemas.

**Contoh/Model**

## Latihan

## Tindak Lanjut

## Refleksi

## DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, I., & Nursamsiyah. 2013. *Sistem Saraf pada Manusia*. Bandung: Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi Bandung.
- Akmal, M., Masyitah, D., Hafizuddin., Fitriani. 2015. Epididimis dan Perannya pada Pematangan Spermatozoa. *JESBIO*,4(2),1-9. Dari [https://www.researchgate.net/profile/Hafizuddin\\_Hafizuddin/publication/291229703\\_EPIDIDIMIS\\_DAN\\_PERANNYA\\_PADA\\_PEMATANGAN\\_SPERMATOZOA/links/569f0e7508aee4d063d4/EPIDIDIMISDAN-PERANNYA-PADA-PEMATANGAN-](https://www.researchgate.net/profile/Hafizuddin_Hafizuddin/publication/291229703_EPIDIDIMIS_DAN_PERANNYA_PADA_PEMATANGAN_SPERMATOZOA/links/569f0e7508aee4d063d4/EPIDIDIMISDAN-PERANNYA-PADA-PEMATANGAN-)
- Ariebowo, Moekti., dkk. 2009. *Praktis Belajar Biologi 2 : untuk Kelas XI SMA*. Jakarta : Visindo Media Persada
- Aryulina, Diah., dkk. 2006. *Biologi:SMA dan MA untuk Kelas XI*. Jakarta: Esis. Gunawijaya, Arifin. 1994. *Histologi dan Biologi Sel*. Jakarta: Binarupa Aksara. Handoyo, Sri Yuliani. 2002. *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis*. Jakarta: PT Gramedia.
- Bawa, W. 1998. *Dasar-dasar Biologi Sel*. Jakarta: P2PLPTK. Bresnick, S. 2003. *Intisari Biologi*. Jakarta: KDT.
- Bresnick, S. 2003. *Intisari Biologi*. Jakarta: KDT. Soewolo. 2005. *Fisiologi Manusia*. Malang: UM Press.
- Faidah, Rachmawati., dkk. 2009. *Biologi : untuk SMA/MA KELAS XI Program IPA*. Jakarta : Penerbit Ricardo
- Firmansyah, Rikki., dkk. 2009. *Mudah dan Aktif Belajar Biologi*. Jakarta : PT. Setia Purna Inves
- Gibson, J. 2002. *Fisologi & Anatomi Modern untuk Perawat Edisi 2*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC
- Haviz, M. 2013. Dua Sistem Tubuh: Reproduksi dan Endokrin. *Jurnal Saintek*, 5 (2), 153-168. Dari <http://ecampu.iainbatusangkar.ac.id/ojs/index.php/saintek/a>

rticle/download/96/96

- Guyton & Hall. 2011. *Medical Physiology edisi 12*. Philadelphia: Elsevier Saunders.
- Hapsari, I., Pusptawati, I., & Suryaratri, R.D. 2014. *Psikologi Faal*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Junqueira, L.Z., & Carneiro, J. 2007. *Histologi Dasar Teks dan Atlas*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Kalat, J.W. 2009. *Biological Psychology*. Wadsworth: Cengage Learning.
- Leeson, C.R., Leeson. T.S., & Paparo, A.A. 1996. *Buku Ajar Histologi (Textbook of Histology)*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Sherwood, I. 2001. *Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem*. Jakarta: EGC.
- Sloane, Ethel. 2003. *Anatomi dan Fisiologi Untuk Pemula*. Jakarta: EGC
- Susrama, I Gede. 2007. *Memanfaatkan Sistem Pakar Untuk Membantu Analisa Diagnosa Penyakit Obstetri Dan Ginekologi*. ISSN : 1907-5022. Yogyakarta : Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2007 (SNATI 2007) 16 Juni 2007 : L-9-L-14.  
Dari:  
<http://journal.uii.ac.id/index.php/Snati/article/view/1745/1524>
- Pearce, E.C. 2008. *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- Soewolo., dkk. 2005. *Fisiologi Manusia*. Malang: UM PRESS.
- Suwarno. 2009. *Panduan Pembelajaran Biologi*. Jakarta : CV Karya Mandiri Nusantara
- Syaifuddin, A. 2009. *Fisiologi Tubuh Manusia untuk Mahasiswa Keperawatan (Ed 2)*. Jakarta: Salemba Medika.
- Pearce, E.C. 2008. *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- Pearce, E.C. 2010. *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama

- Pearce, E.C. 2011. *Anatomi dan Fisiologi Untuk Paramedis*. Jakarta: Gramedia
- Purnomo, dkk. 2009. *Biologi : Kelas XI untuk SMA/MA*. Jakarta : PT. Intan Pariwara
- Pinel, J.P.J. 2012. *Biopsikologi Edisi Ketujuh*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Singgih, S A. 2003. *Sistem Saraf sebagai Sistem Pengendali Tubuh*. Depok: Departemen Ilmu Faal FK UI.
- Wibowo, D.S. 2008. *Neuroanatomi Untuk Mahasiswa Kedokteran*. Malang: Bayumedia Publishing.
- Wahyuningsih, H.P & Kusmiyati, Y. 2017. *Anatomi Fisiologi*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia Pusat Pendidikan sumber Daya Manusia Kesehatan Badan Pengembangan dan Pemberdayaan sumber Daya Manusia Kesehatan SPERMATOZOA.pdf?origin=publication\_detail

# BAHAN AJAR BIOMEDIK

Penulis:

dr. Hartati Eko Wardani, M.Si.Med.

Dengan rahmat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan anugerahnya, kami mengucapkan syukur karena penulis telah dapat menyelesaikan penyusunan Bahan Ajar Biomedik.

Bahan Ajar Biomedik ini merupakan bagian dari bahan ajar ilmu biomedik bagi mahasiswa Jurusan Kesehatan Masyarakat. Penyusunan bahan ajar ini diharapkan dapat memudahkan mahasiswa dalam mempelajari materi biomedik terutama materi sistem reproduksi.

Kami menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan bahan ajar ini. Maka dari itu, penulis membutuhkan kritik dan saran dari para pengguna untuk menyempurnakan bahan ajar ini.

Penerbit: Wineka Media  
Anggota IKAPI No.115/JTI/09  
Jl. Palmerah XIII N29B, Vila Gunung Buring Malang 65138  
Telp./Faks : 0341-711221  
Website: <http://www.winekamedia.com>  
E-mail: [winekamedia@gmail.com](mailto:winekamedia@gmail.com)  
Playstore: Wineka Media



ISBN 978-623-7607-17-5



9 786237 607175