

**MODUL  
PEMBELAJARAN  
ILMU BIOMEDIK DASAR**



**PENYUSUN**

**Ns. AULIA ASMAN, S.Kep, M.Biomed, AIFO**

**JURUSAN KEPERAWATAN  
FAKULTAS PSIKOLOGI DAN KESEHATAN  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

**2022**

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas terusnya modul pembelajaran Ilmu Biomedik Dasar ini. Panduan belajar ini merupakan tuntunan bagi mahasiswa untuk mencapai kompetensi pada Mata Kuliah Ilmu Biomedik Dasar.

Pendekatan yang diterapkan dalam melaksanakan pembelajaran ini adalah pendekatan Student Centered Learning (SCL) dengan berbagai macam metode, dimana mahasiswa dituntut secara aktif untuk mencapai kompetensi yang ditetapkan. Panduan belajar inilah yang akan memandu mahasiswa dalam mencapai kompetensi yang ditetapkan. Dosen yang semula sebagai sumber utama, dalam pendekatan Student Centered Learning (SCL) hanya sebagai fasilitator saja. Dalam mempelajari Ilmu Biomedik Dasar ini, mahasiswa tidak hanya mencapai kompetensi yang bersifat hard skill tetapi juga soft skill, sesuai dengan visi institusi yaitu 3H principle (Head, Hand and Heart). Kompetensi utama hard skill yang ingin dicapai oleh mahasiswa meliputi kemampuan menguasai Anatomi Fisiologi Tubuh Manusia. Kami berharap panduan belajar ini dapat mengantarkan mahasiswa mencapai kompetensi yang berkaitan dengan asuhan keperawatan.

Padang, Juni 2022

Penyusun

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	
DAFTAR ISI .....	
Bab I. Struktur dan Fungsi Sensorik .....	
Bab II. Sistem Saraf dan Endokrin .....	
Bab III. Sistem Peredaran Darah dan Kelenjar Getah Bening .....	
Bab IV. Sistem Kardiovaskuler dan Sistem Pernafasan.....	
Bab V. Sistem Pencernaan dan Sistem Perkemihan.....	
Bab VI. Sistem Reproduksi dan Tumbuh Kembang Janin.....	
Bab VII. Sistem Rangka, Otot dan Sendi.....	
Bab VIII. Konsep Dasar Sel dalam Keperawatan.....	
Bab IX. Konsep Dasar Biomekanika dan Bioelektrik.....	
Bab X. Bioptik, Bioakustik dan Biothermik.....	
Bab XI. Karbohidrat, Protein dan Lipid.....	
Bab XII. Enzim, Mineral dan Vitamin.....	

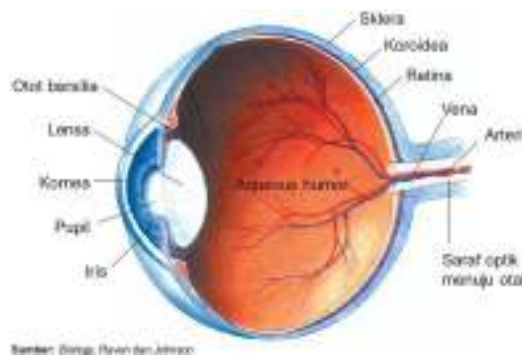
# BAB I

## STRUKTUR DAN FUNGSI SENSORIK

### I. Struktur dan Fungsi Penglihatan

Indera penglihatan manusia adalah mata. Kita dapat mengenal dan melihat suatu benda yang kita lihat karena adanya kerjasama antara mata dan otak. Rangsangan yang terjadi dibagian mata akan diteruskan ke otak. Disini otak mengolah dan menerjemahkan informasi yang diterima sehingga menghasilkan suatu perwujudan penglihatan.

Indera Penglihatan (Mata) : Struktur Fungsi Bagian - Mata mempunyai reseptor untuk menangkap rangsang cahaya yang disebut fotoreseptor. Oleh karena itu, pada siang hari pantulan sinar matahari oleh benda-benda di sekeliling kita dapat kita tangkap dengan jelas. Sebaliknya pada malam hari, benda-benda di sekitar kita tidak memantulkan cahaya matahari seperti waktu siang hari. Akibatnya, kita hanya mampu melihat benda-benda itu bila mereka memantulkan cahaya dari sumber cahaya lain, misalnya lampu. Perhatikan Gambar 1. untuk



mengetahui bagian-bagian bola mata.

Gambar 1. Struktur Bola Mata

Mata terdiri atas beberapa bagian. Bagian-bagian mata dan fungsinya dijelaskan dalam Tabel 1. berikut.

Tabel 1. Bagian-Bagian Mata dan Fungsinya

Bagian Mata			Fungsi
a.	Sklera	: pembungkus lapisan luar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melindungi bola mata dari kerusakan mekanis dan memungkinkan melototnya otot mata</li> </ul>
b.	Kornea	: selaput bening tembus pandang pada bagian depan sclera	<ul style="list-style-type: none"> <li>Penerima rangsang cahaya</li> <li>Mereaksikan cahaya</li> </ul>
c.	Koroidea	: lapisan tengah di antara sklera dan retina berupa selaput darah (kecuali di bagian depan)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Penyedia makan bagi bagian mata yang lain</li> </ul>
d.	Iris (selaput pelangi)	: selaput berwarna (mengandung pigmen melanin) merupakan bagian depan koroidea	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melindungi refleksi cahaya dalam mata</li> <li>Mengendalikan kerja pupil</li> </ul>
e.	Pupil	: berupa lubang yang dibatasi oleh iris	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mengatur banyak sedikit cahaya yang diperlukan mata</li> </ul>
f.	Lensa	: berupa lensa bikonveks	<ul style="list-style-type: none"> <li>Membiaskan dan memfokuskan cahaya agar bayangan benda tepat jatuh pada retina mata</li> </ul>
g.	Aqueous humor	: berupa cairan encer	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menjaga bentuk kantong depan bola mata</li> </ul>
h.	Vitreous humor	: berupa cairan bening dan kental selaput jala	<ul style="list-style-type: none"> <li>Meneruskan rangsang ke bagian mata mem- perkukuh bola mata</li> </ul>
i.	Retina	:	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menerima bayangan dan untuk melihat benda</li> </ul>
j.	Fovea (bintik kuning)	: berupa bagian yang mengandung sel-sel kerucut	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sebagai tempat bayangan jatuh pada daerah retina</li> </ul>

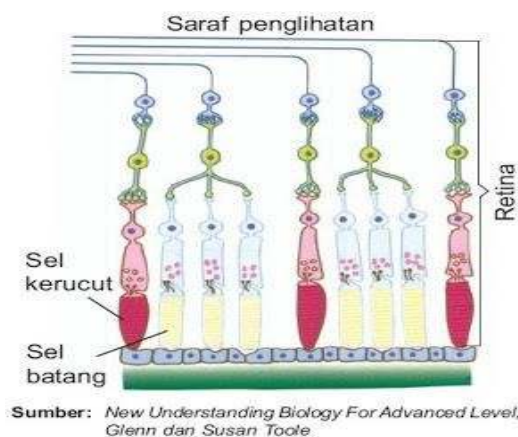
k.	Badan silia	:	berupa otot melingkar dan otot radial yang terdekat pada ujung depan lapisan koroid yang membentuk penebalan	• Menyokong lensa dan mensekresikan aqueous humor
l.	Bintik buta	:	tempat saraf optik meninggalkan bagian dalam bola mata	• Tidak peka terhadap cahaya karena tidak mengandung sel konus dan sedikit sel batang
m.	Saraf mata	:	berupa serabut saraf	• Meneruskan rangsang cahaya ke saraf kranial (saraf optik)

### a. Proses Penglihatan

Rangsang yang diterima indra penglihat (mata) berupa cahaya. Cahaya yang masuk melalui kornea akan diteruskan seperti berikut:

***Cahaya → Aqueous humor → Pupil → Lensa → Vitreous humor → Retina***

Apabila cahaya yang masuk terlalu terang, pupil akan menyempit atau mengalami konstriksi. Bila cahaya redup, pupil akan melebar atau mengalami dilatasi. Cahaya yang dipantulkan ke mata masuk ke dalam retina khususnya pada fovea (bintik kuning). Cahaya ini



dapat terfokus ke dalam fovea karena diatur oleh lensa. Lensa mata mempunyai kemampuan untuk memipih dan mencembung. Kemampuan ini disebut daya akomodasi.

Gambar 2. Sel Kerucut dan Sel Batang Pada Mata

Otot yang terikat pada lensa dan dinding koroidea ini disebut otot siliaris. Otot ini berfungsi mengubah bentuk lensa. Apabila lensa digunakan untuk melihat benda jarak dekat maka lensa mata akan mencembung, bentuk lensa akan memipih bila digunakan untuk melihat

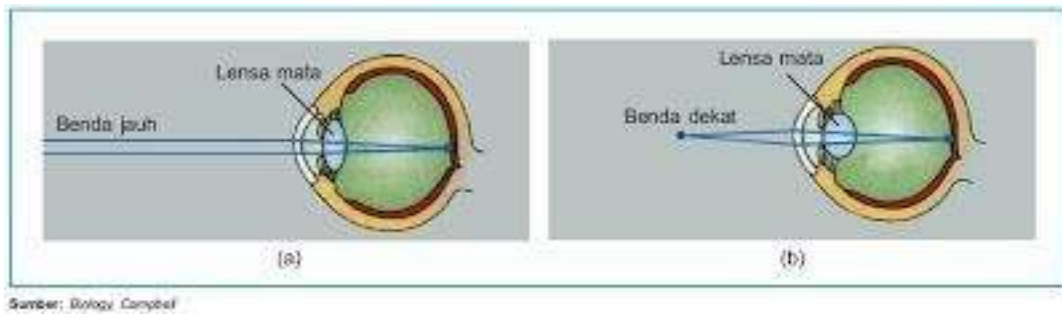
benda jarak jauh. Pada retina terkandung 2 macam sel yaitu sel batang dan sel kerucut. Sel batang mengandung pigmen rhodopsin, yaitu suatu bentuk senyawa vitamin A dengan protein tertentu. Sel-sel ini paling banyak terletak di fovea dan berfungsi untuk menerima bayangan dengan cahaya lemah, dan bayangan yang terbentuk atau terpersepsi hitam putih.

Apabila pandangan menjadi gelap saat masuk ruangan dari luar ruangan yang terang benderang. Hal tersebut dapat terjadi karena saat Anda berada di luar ruangan (terdapat cahaya matahari) sel kerucut melakukan tugasnya menyampaikan bayangan ke otak. Sementara itu, pigmen-pigmen rhodopsin dalam sel batang akan terurai sehingga sel batang tidak dapat bekerja dengan baik. Jika tiba-tiba Anda masuk ke ruangan gelap, pigmen-pigmen rhodopsin yang terurai dalam sel batang akan terbentuk kembali, dan sel batang akan mengambil alih tugas sel kerucut dalam menyampaikan bayangan ke otak. Terbentuknya pigmen-pigmen rhodopsin itu berlangsung secara bertahap. Hal ini menyebabkan seseorang tidak dapat segera melihat dengan jelas saat memasuki ruang gelap. Lama waktu yang diperlukan untuk proses pembentukan rhodopsin disebut waktu adaptasi rhodopsin.

Selain mengandung sel batang, retina juga mengandung sel kerucut atau sel konus. Sel ini mengandung iodopsin. Fungsi sel konus untuk menerima rangsang warna merah, biru, dan hijau. Setiap satu sel kerucut mengandung satu di antara ketiga pigmen. Apabila retina mata hanya memiliki satu pigmen atau sel kerucut satu maka akan mengalami buta warna. Orang yang hanya memiliki dua macam sel kerucut disebut dikromat. Sementara itu, orang yang hanya memiliki satu macam sel kerucut disebut monokromat. Pada monokromat, warna yang terlihat oleh mata hanya hitam dan putih serta bayangan kelabu.

Seluruh bagian retina terdapat sel-sel batang maupun sel kerucut, kecuali tempat saraf mata berada. Daerah tempat saraf mata ini sangat kecil hingga menyerupai sebuah titik saja. Titik kecil ini disebut bintik buta. Kemampuan lensa memfokuskan bayangan pada retina berbeda-beda. Berikut ini adalah gambar lensa saat memfokuskan bayangan tersebut.

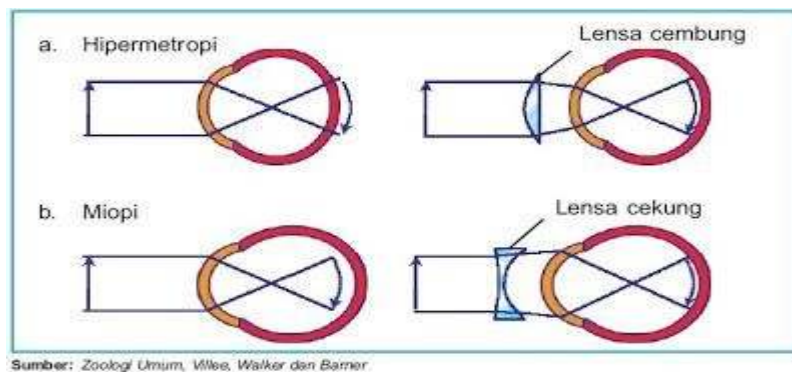
Selain harus ada cahaya, syarat agar mata dapat melihat dengan baik yaitu mata harus dalam keadaan normal. Mata normal (emetropi) yaitu mata yang dapat berakomodasi dengan baik. Titik terjauh (punctum remotum) berada pada jarak sejauhjauhnya. Titik terdekat (punctum proximum) berada pada jarak baca ideal (25 cm) di depan mata.



Gambar 3. Lensa mata mampu memipih (a) dan mencembung (b)

## b. Gangguan Proses Penglihatan

Proses penglihatan dapat mengalami gangguan tergantung dari berbagai sebab. Secara umum gangguan penglihatan dapat terjadi jika ada salah satu proses yang tidak berjalan sebagaimana mestinya sehingga bayangan tidak terbentuk atau syaraf mata tidak dapat memproses sehingga bayangan yang terbentuk tidak sesuai.



Gambar 4. Cacat mata pada manusia hipermetropi (a) dan miopi (b)

1. Rabun dekat (hipermetropi) adalah cacat mata yang mengakibatkan pandangan mata kabur jika melihat benda yang dekat dengan mata. Hal ini karena lensa mata tidak dapat mencembung dengan sempurna. Rabun dekat dapat dibantu dengan kacamata berlensa positif atau cembung.
2. Rabun jauh (miopi) adalah cacat mata yang mengakibatkan pandangan mata kabur jika melihat benda yang jauh dari mata. Hal ini karena lensa mata tidak dapat memipih dengan sempurna. Rabun jauh dapat dibantu dengan kacamata berlensa negatif atau cekung.
3. Mata tua (presbiopi) adalah cacat mata yang mengakibatkan pandangan mata kabur



jika melihat benda yang dekat maupun benda yang jauh. Cacat mata ini karena lensa mata tidak dapat berakomodasi dengan baik. Mata tua dapat dibantu dengan kacamata berlensa ganda.

4. Buta warna adalah cacat mata karena kerusakan sel konus, sehingga penderita tidak dapat membedakan warna. Biasanya merupakan cacat keturunan.
5. Astigmatisme adalah kecembungan kornea tidak merata sehingga bayangan menjadi tidak terfokus (kabur). Cacat mata ini dapat dibantu dengan lensa silinder (silindris).

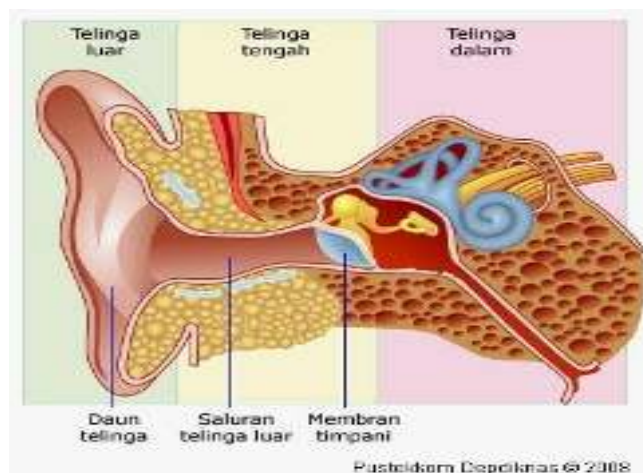
### c. Lensa Kamera = Lensa Mata

Kemampuan mata dalam mencembung dan memipihkan lensa tidak dapat ditiru oleh kamera. Kamera hanya dapat menyesuaikan jarak lensa agar maju dan mundur seperti sistem mata pada ikan dan hewan lain. (Sumber: Biologi, Kimball)

## II. Struktur dan Fungsi Pendengaran dan Penciuman

### 1. Pendengaran

Indera pendengaran dan keseimbangan manusia adalah telinga. Telinga mengandung reseptor yang sensitif terhadap getaran suara di udara. Telinga juga mengandung reseptor yang sensitif terhadap getaran posisi dan gerakan kepala. Sel-sel reseptor tersebut terdapat pada telinga dalam dan masing-masing terdiri atas sel-sel rambut dengan stereosilia. Telinga merupakan indra pendengaran, terbagi atas beberapa bagian seperti: telinga luar, tengah, dan dalam.



Gambar 1.1. Struktur Telinga

1. Telinga Luar => merupakan bagian paling luar dari telinga. Terdiri dari :

a. Daun telinga / Pinna/ Aurikula

=> merupakan daun kartilago

=> fungsinya : menangkap gelombang bunyi dan menjalarkannya ke kanal auditori eksternal (lintasan sempit yang panjangnya sekitar 2,5 cm yang merentang dari aurikula sampai membran timpani).



Gambar 1.2. Telinga Luar

b. Membran timpani (gendang telinga)

=> merupakan perbatasan telinga bagian luar dengan tengah. Berbentuk kerucut, dilapisi kulit pada permukaan eksternal, dilapisi mukosa pada permukaan internal.

=> memiliki ketegangan, ukuran, dan ketebalan yang sesuai untuk menghantarkan gelombang bunyi secara mekanis.

Bagian-bagiannya :

1) Bagian atas atau Pars Flaksid (membran shrapnell), terdiri dari 2 lapisan:

(a) luar : lanjutan epitel telinga

(b) dalam : epitel kubus bersilia

Terdapat bagian yang disebut dengan atik. Ditempat ini terdapat *auditus ad antrum* berupa lubang yang menghubungkan telinga tengah dengan antrum mastoid.

2) Bagian bawah atau Pars tensa(membran propria), terdiri dari 3 lapisan :

▪ tengah : terdiri dari serat kolagen dan sedikit serat elastin

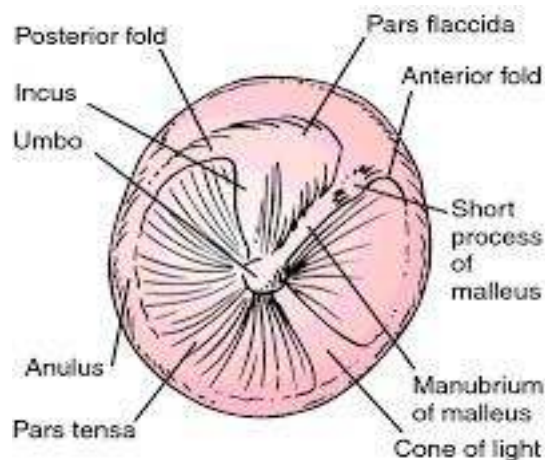
Bayangan penonjolan bagian bawah malleus pada membran timpani disebut dengan umbo. Dari umbo, bermula suatu refleks cahaya (cone of light) ke arah bawah, yaitu

pukul 7 pada membran timpani kiri dan pukul 5 pada membran timpani kanan. Pada membran timpani terdapat 2 serat, sirkuler dan radier.

Serabut inilah yang mengakibatkan adanya refleks cahaya kerucut. Bila refleks cahaya datar, maka dicurigai ada kelainan pada tuba eustachius.

Membran timpani dibagi atas 4 kuadran untuk menentukan tempat adanya perforasi :

- 1) atas depan;
- 2) atas belakang;
- 3) bawah depan;
- 4) bawah belakang => tempat dilakukannya miringotomi.



Gambar 2.3. Membrane Timpani

2. Telinga Tengah => terletak di rongga berisi udara dalam bagian petrosus (canalis facialis) tulang temporal

Terdiri dari:

a. *Tuba Eustachius*

=> menghubungkan telinga tengah dengan faring.

=> normalnya tuba ini menutup dan akan terbuka saat menelan, mengunyah, dan menguap.

=> berfungsi sebagai penyeimbang tekanan udara pada kedua sisi membran timpani.

Bila tuba membuka => suara akan teredam.

b. *Osikel auditori (tulang pendengaran)*

=> terdiri dari 3 tulang, yaitu : Maleus (martil) , Inkus (anvill), Stapes (sanggurdi) => MIS.

=> berfungsi sebagai penghantar getaran dari membran timpani ke fenesta

vestibuli

c. *Otot*

=> bantu mekanisme kompensasi tubuh untuk melawan suara dengan nada tinggi (peredam bunyi).

- 1) m stapedius => berkontraksi => stapes jadi kaku => suara dipantulkan
- 2) m tensor timpani => menegangkan gendang telinga => suara teredam

3. Telinga dalam => berisi cairan dan terletak dalam tulang temporal

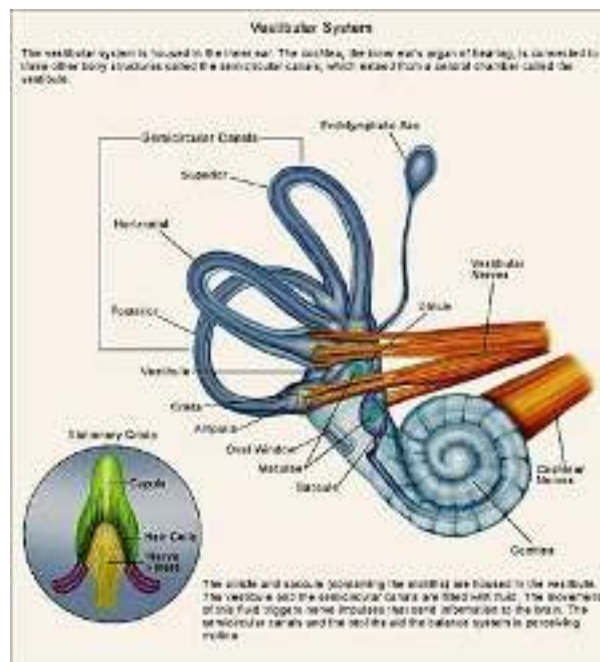
Terdiri dari Labirin Terdiri dari

A. **Labirin tulang** => ruang berliku berisi perilimfe (cairan yang serupa dengan cairan serebrospinal). Terdiri dari vestibular, saluran semisirkularis, dan koklea.

a) *Vestibular* => bagian sentral labirin tulang yang menghubungkan koklea dengan saluran semisirkularis.

b) *Saluran semisirkularis*

- S. semisirkular anterior (superior) dan posterior mengarah pada bidang vertikal di setiap sudut kanannya.
- S. semisirkular lateral => terletak horizontal



Gambar 2.4. Koklea (rumah Siput)

a) *Koklea* => membentuk 2,5 putaran di sekitar inti tulang, mengandung reseptor pendengaran (cabang N VIII = vestibulokoklear, pemb. darah. Frekuensi tertinggi berada di bagian depan. Sekat membagi koklea menjadi 3 bagian:

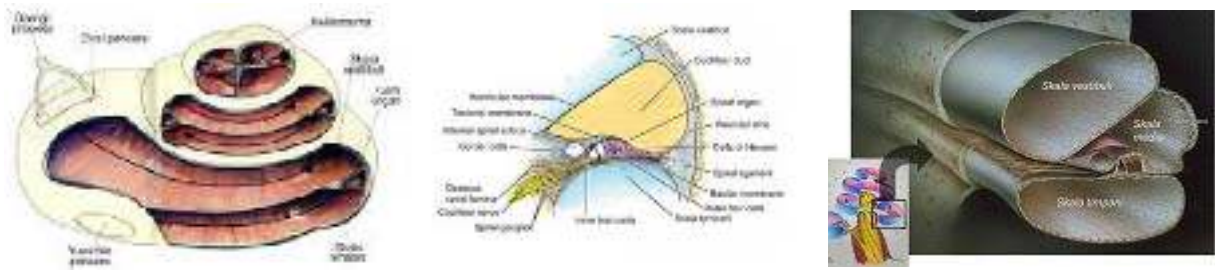
1. Duktus koklear (skala medial) => bagian labirin membranosa yang terhubung ke sakulus, berisi cairan endolimfe. dua bagian labirin tulang yang terletak di atas dan di bawah skala media => skala vestibuli dan skala timpani => mengandung cairan perilimfe dan terus memanjang melalui lubang pada apeks koklea yang disebut helikotrema.
2. Membran reissner (membran vestibuler) => pisahkan skala media dari skala vestibuli yang berhubungan dengan fenestra vestibuli.
3. Membran basilar => pisahkan skala media dengan skala timpani, berhubungan dengan fenestra koklear. skala organ korti=> terletak pada membran basilar, terdiri dari reseptor yang disebut sel rambut dan sel penunjang. Sel rambut tidak memiliki akson dan langsung bersinaps dengan ujung saraf koklear.

B. ***Labirin membranosa*** => serangkaian tuba berongga dan kantong yang terletak di dalam labirin tulang berisi cairan endolimfe (cairan yang serupa dengan cairan intraseluler). Merupakan awal 2 kantong (utrikulus dan sakulus) yang dihubungkan dengan duktus endolimfe. Setiap duktus mengandung reseptor untuk ekuilibrium statis (bagaimana kepala berorientasi terhadap ruang bergantung gaya gravitasi) dan ekuilibrium dinamis (apakah kepala bergerak atau diam, berapa kecepatan serta arah gerakan). Utrikulus terhubung dengan duktus semilunaris. Sakulus terhubung dengan duktus koklear di dalam koklea.

### C. ***Nervus***

Nervus terdiri dari :

1. Nervus vestibular.
2. Nervus koklear.



Gambar 2.5. Labirin/Cochlea

## 1. Ekuilibrium dan Aparatus Vestibular

Aparatus vestibular merupakan istilah yang digunakan untuk utrikulus, sakulus, dan duktus semisirkularis yang mengandung reseptor untuk ekuilibrium dan keseimbangan.

### a. Ekuilibrium Statis

=> kesadaran akan posisi kepala terhadap gaya gravitasi jika tubuh tidak bergerak.

Ini juga merupakan kesadaran untuk merespon perubahan dalam percepatan linear seperti kecepatan dan arah pergerakan kepala dan garis tubuh dalam suatu garis lurus.

- Makula adalah reseptor ekuilibrium statis. Satu makula terletak di dinding utrikulus dan satu lagi terletak pada sakulus.
- Setiap makula terdapat sel rambut yang mengandung endapan kalsium yang disebut otolit (otokonia, statokonia).
- sAktivitas reseptor ditransmisikan ke ujung saraf vestibular (CN VIII) yang melilit di sekeliling dasar sel rambut.

### b. Ekuilibrium Dinamis => kesadaran akan posisi kepala saat respon gerakan angular atau rotasi.

- Ampula merupakan reseptor untuk ekuilibrium dinamis. Setiap saluran semisirkularis mengandung suatu bidang pembesaran, ampula, yang berisi krista (terdiri dari sel penunjang dan sel rambut menonjol yang membentuk lapisan gelatin = disebut kupula).

## 2. Fisiologi Pendengaran

Energi bunyi ditangkap daun telinga dalam bentuk gelombang > getarkan membran timpani > melewati tulang pendengaran MIS (maleus, inkus, stapes) > energi diamplifikasi >

diteruskan ke stapes yang menggerakkan tingkap jorong sehingga perilimfe pada skala vestibuli bergerak > getaran diteruskan ke membrana reissner yang mendorong endolimfe > timbulkan gerak relatif antara membran basalis dan membran tektoria > terjadi defleksi stereosilia sel rambut sehingga kanal ion terbuka dan terjadi pelepasan ion bermuatan listrik dari badan sel > terjadi depolarisasi rambut > lepaskan neurotransmitter ke dalam sinaps yang akan timbulkan potensial aksi pada saraf auditorius > lanjut ke nukleus auditorius > korteks pendengaran (area 39-40) di lobus temporalis.

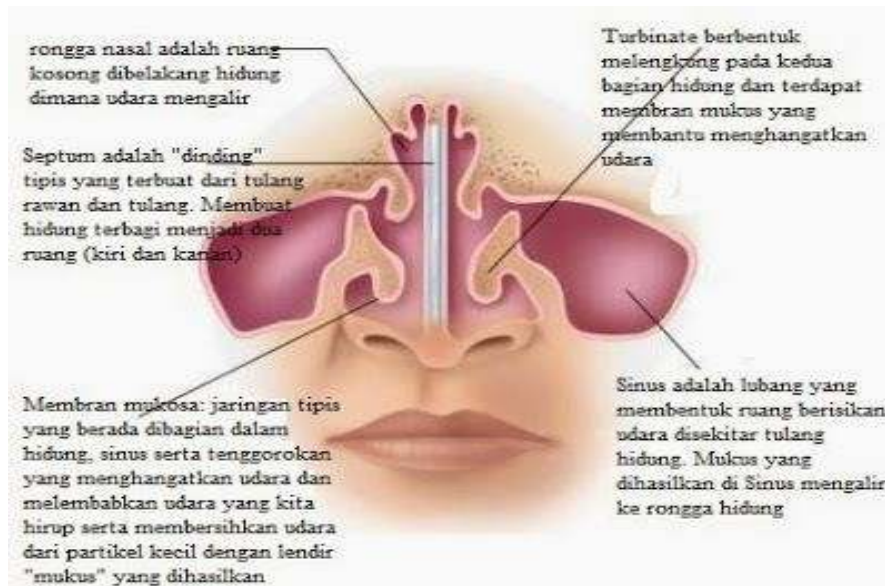
### **3. Fisiologi Penciuman**

Hidung merupakan salah satu indera manusia yang berharga. Dengan hidung, Anda dapat mencium berbagai macam aroma, dari bau hingga wangi, dan mencium aroma makanan juga. Selain itu, hidung juga berfungsi untuk bernafas.

Indera pembau dan indera pengecap merupakan suatu sistem kemoreseptor yang sangat peka. Indera pembau dibangun oleh jaringan epitel olfaktori dan sel-sel reseptor olfaktori. Sel olfaktori merupakan sel-sel saraf yang terdapat didalam lapisan mukus atau lendir jaringan epitel rongga hidung bagian atas. Reseptor olfaktori memiliki rambut-rambut olfaktori yang terbenam pada lapisan mukus. Rambut-rambut olfaktori merupakan penonjolan dari dendrit, sedangkan ujung yang lainnya merupakan akson membentuk sinapsis dengan sel saraf lain di dalam bulbus olfaktori (otak). Pada rambut-rambut olfaktori terdapat protein reseptor bau.

Bau bahan kimia yang terhirup bersama udara (berupa gas) tidak langsung naik ke bulbus olfaktori, melainkan berdifusi di dalam lapisan mukus dan berikatan dengan reseptor pada dendrit. Selanjutnya sel-sel reseptor olfaktori teransang dan menimbulkan impuls-impuls saraf yang kemudian dikirim oleh saraf olfaktori ke pusat penciuman (otak). Di otak informasi bau diolah atau diterjemahkan sehingga menimbulkan sensasi bau.

Otak dapat mengingat aroma tertentu karena tabung olfaktori berhubungan langsung dengan pusat emosi dan memori di otak. Misalnya, saat mencium bau parfum tertentu kita akan ingat pada seseorang yang pernah memakai parfum tersebut.



Gambar 2.6. Struktur Hidung

### 1. Lubang hidung

Setiap manusia mempunyai dua lubang hidung secara normal, di mana lubang hidung tersebut berhubungan dengan rongga hidung. Dalam rongga hidung ada rambut hidung dan juga terdapat selaput lendir, fungsinya yaitu untuk menahan berbagai kotoran yang masuk dalam hidung, tepatnya pada waktu bernafas. Jika terjadi kecelakaan fatal yang mengakibatkan lubang hidung menjadi kurang terbuka, akan mengakibatkan seseorang kekurangan oksigen sebab kesulitan bernafas, oleh karena itu biasanya dilakukan bedah plastik.

### 2. Rongga hidung

Yang kedua setelah lubang hidung, akan ada rongga hidung (seperti yang sudah dibahas di atas), rongga hidung sendiri memiliki fungsi paling unggul dalam saluran pernafasan manusia. Rongga hidung memanjang hingga bagian nasofaring. Rongga hidung seseorang terbagi dalam 3 wilayah yaitu ruang depan, daerah penciuman dan daerah pernafasan.

Wilayah penciuman berada pada puncak dari rongga hidung. Dan dilapisi dengan sel penciuman dan reseptor penciuman. Selanjutnya wilayah pernafasan, wilayah ini pada rongga hidung adalah bagian yang paling besar, dilapisi dengan epitel bersilia psudeostratified. Dan di dalam epitel diselingi dengan sel goblet mukus. Yang terakhir pada rongga hidung terdapat vestibulum yang mengacu ke daerah sekitar pembukaan eksternal sampai dengan rongga hidung manusia.

### 3. Sel saraf pembau

Alasan mengapa seseorang dapat merasakan bau-bauan atau wangi-wangian adalah karena terdapat sel saraf pembau pada indera penciumannya. Sel saraf di hidung bertugas dalam menangkap zat kimia yang terdapat dalam udara. Untuk Anda ketahui, sel saraf pembau mempunyai rambut halus, di mana rambut halus ini berhubungan ke urat saraf, dan juga bersatu menjadi saraf penciuman menuju otak. Saraf pembau di hidung manusia berada pada bagian



selaput lendir yang ada di kerang hidung atas, permukaan hidung tengah dan rongga hidung atas.

#### 4. Sinus

Bagian dari hidung manusia berikutnya yaitu sinus. Sinus adalah 4 buah rongga yang mempunyai letak berbeda di sekitar daerah hidung. Sinus berada pada bagian rongga samping dan atas dari hidung, dan sudah terbentuk sejak pertama kali seseorang dilahirkan. Sementara pada bagian dahi rongga, sinus tidak muncul hingga seseorang mencapai umur 7 tahun.

#### 5. Tulang rawan

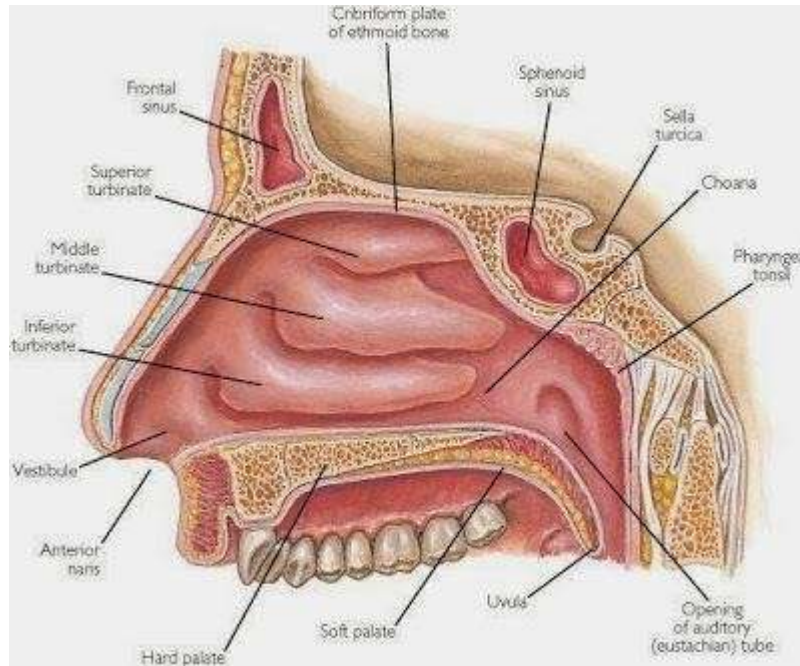
Anda mungkin pernah melihat acara olahraga tinju di televisi, dan mengapa peraturan tinju melarang orang untuk meninju pada daerah hidung. Ini karena hidung terbentuk dari kumpulan tulang rawan, yang lentur, sehingga harus dilindungi. Tulang rawan juga memiliki nama lain kartilago.

#### 6. Pemisah (septum)

Di dalam hidung manusia, juga terdapat septum. Septum adalah pemisah hidung menjadi 2 buah rongga, yang terbentuk membentang mulai dari lubang hidung hingga tenggorokan bagian belakang.

#### 7. Cara kerja hingga seseorang bisa mencium bau-bauan

Sebenarnya prinsip kerja seseorang bisa mencium aneka bau-bauan sangatlah simpel. Apabila ada bau yang masuk dalam rongga hidung melalui lubang hidung, gas atau uap bau tersebut akan memancing rangsangan, untuk kemudian dilanjutkan ke bagian saraf pembau, kemudian berlanjut ke otak untuk diterjemahkan.



Gambar 2.7. Bagian Hidung

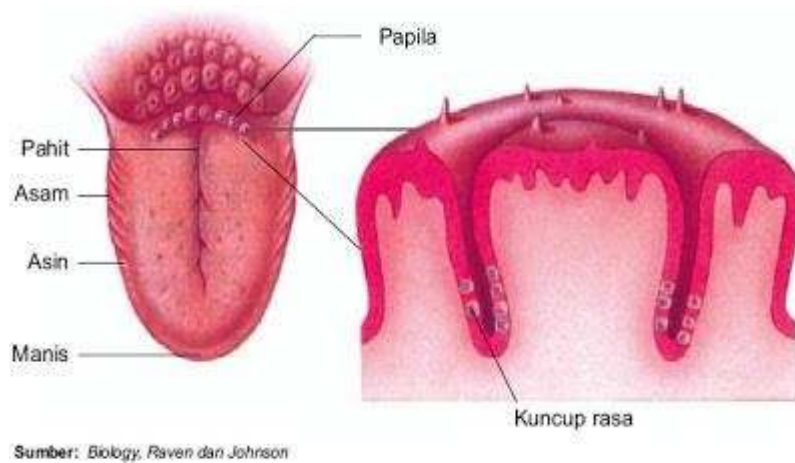
#### 8. Fungsi hidung sebagai penghangat udara

Rongga hidung mengalami pembesaran alami, pembesaran alami ini akan menghangatkan oksigen yang masuk dalam hidung Anda. Tentunya, pembuluh darah tersebut akan membesar dan mengecil dengan alami, berdasarkan suhu udara sekitar juga.

### III. Struktur dan Fungsi Pengecap dan Peraba/kulit

#### A. Pengecap

Struktur Fungsi Bagian - Dalam keadaan sehat Anda dapat membedakan rasa gula yang manis, rasa garam yang asin, rasa obat yang pahit, dan rasa asam. Akan tetapi, dalam keadaan sakit dapatkah Anda menikmati makanan yang Anda makan? Peran indera pengecap tidak dapat begitu saja dilepaskan dengan peran indera penciuman. Bagaimana hubungan indera penciuman dengan indera pengecap? Pada bagian ini, Anda akan mempelajari lebih lanjut mengenai indera pengecap. Rangsang yang diterima indera pengecap berupa larutan zat berasa. Larutan ini akan diterima oleh reseptor pengecap (papila) yang terdapat di lidah. Dalam papila terdapat bulu-bulu saraf (gustatory hair) yang berfungsi menghantarkan impuls ke otak.



Gambar 2.8. Letak Papila Di Lidah dan Bagian-Bagian Lidah yang Mampu Merasakan Rasa Pahit, Asam, Asin, dan Manis

*Lidah mempunyai tiga macam papila, sebagai berikut:*

1. Papila berbentuk benang (papila filiformis) merupakan papila peraba. Papila ini menyebar di seluruh permukaan lidah.
2. Papila yang dilingkari saluran (papila sirkum valata). Papila ini tersusun dalam lengkungan yang berbentuk huruf V. Terdapat 7-9 buah yang terletak dekat pangkal lidah dan merupakan papila pengecap.
3. Papila bentuk martil, merupakan papila pengecap yang terdapat di tepi lidah.

Bagaimana mekanisme kerja indra pengecap? Pelajari skema berikut dan diskusikan dengan teman Anda. = Makanan/Larutan zat berasa → Papila lidah → Saraf gustatori → Medula oblongata → Talamus → Pusat rasa pada korteks serebrum

## **B. Peraba (Kulit)**

Indera peraba pada manusia adalah kulit. Kulit memiliki beberapa tipe reseptor sensorik. Misalnya, berupa mekanoreseptor, nosiseptor dan termoreseptor. Oleh sebab itu, kulit sangat sensitif terhadap sentuhan, panas, dingin, tekanan dan rasa sakit (nyeri). Jika kulit di ransang, maka berbagai ransangan yang berbeda dapat muncul. Perbedaan macam ransangan yang muncul di tentukan oleh reseptor-reseptor khusus (indera) yang terdapat pada ujung-ujung saraf.

Pada umumnya, terdapat dua macam bentuk ujung saraf pada reseptor kulit yaitu reseptor berujung saraf bebas dan reseptor dengan ujung saraf berselubung kapsul/selaput. Reseptor berujung saraf bebas terdapat di seluruh jaringan tubuh dan berfungsi untuk mendeteksi rasa sakit. Reseptor dengan ujung saraf berselubung atau berselaput dapat berupa *Korpuskel*

*Meissner* dan *Diskus Merkel*, berfungsi mendeteksi rangsangan sentuhan lunak, *Korpuskel Pacini* mendeteksi rangsangan tekanan, *Korpuskel Ruffini* mendeteksi rangsangan panas dan *Korpuskel Krause* mendeteksi rangsangan dingin.

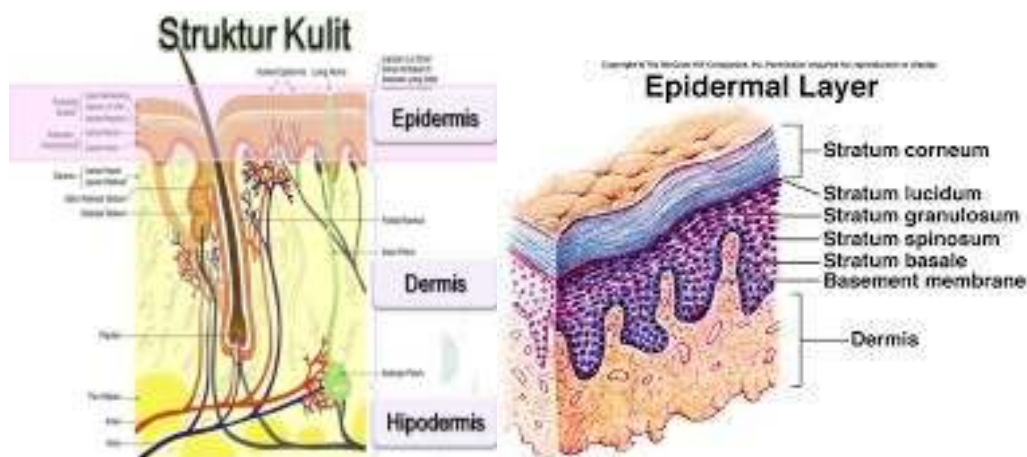
Semua reseptor khusus tidak terdistribusi secara merata pada kulit. Wilayah-wilayah kulit tertentu dapat saja jauh lebih peka dibandingkan wilayah-wilayah kulit lainnya terhadap suatu rangsangan. Misalnya, ujung jari dan bibir sangat peka terhadap sentuhan, jauh lebih peka dibandingkan punggung tangan.

## 1. Anatomi Kulit

Kulit merupakan pembatas tubuh dengan lingkungan sekitar karena posisinya yang terletak di bagian paling luar. Luas kulit dewasa 1,5 m<sup>2</sup> dengan berat kira-kira 15% berat badan.

Klasifikasi berdasar:

- 1) Warna:
  - a) terang (fair skin), pirang, dan hitam;
  - b) merah muda : pada telapak kaki dan tangan bayi;
  - c) hitam kecokelatan : pada genitalia orang dewasa.
- 2) Jenisnya :
  - a) Elastis dan longgar : pada palpebra, bibir, dan preputium.
  - b) Tebal dan tegang : pada telapak kaki dan tangan orang dewasa.
  - c) Tipis : pada wajah.
  - d) Lembut : pada leher dan badan.
  - e) Berambut kasar : pada kepala.



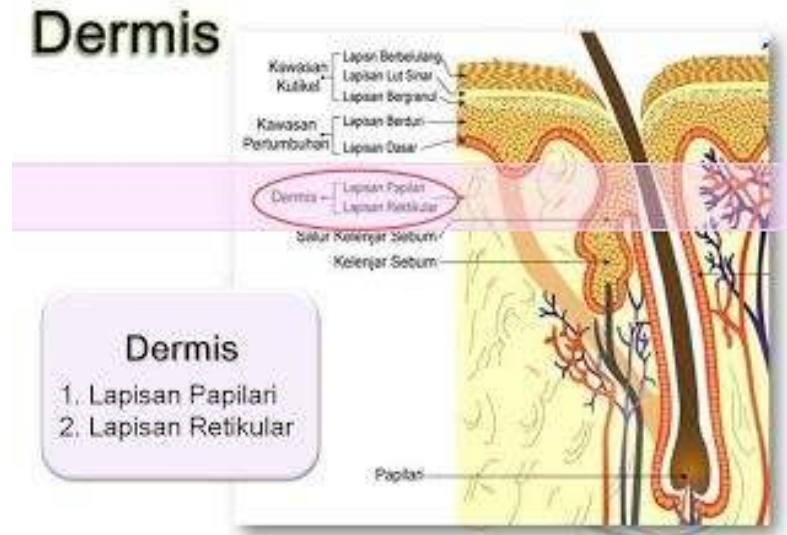
Gambar 2.9. Struktur kulit

## 2. Anatomi kulit secara histopatologik

### a. *Lapisan Epidermis (kutikel)*

- 1) Stratum Korneum (lapisan tanduk) => lapisan kulit paling luar yang terdiri dari sel gepeng yang mati, tidak berinti, protoplasmanya berubah menjadi keratin (zat tanduk)
- 2) Stratum Lusidum => terletak di bawah lapisan korneum, lapisan sel gepeng tanpa inti, protoplasmanya berubah menjadi protein yang disebut eleidin. Lapisan ini lebih jelas tampak pada telapak tangan dan kaki.
- 3) Stratum Granulosum (lapisan keratohialin) => merupakan 2 atau 3 lapis sel gepeng dengan sitoplasma berbutir kasar dan terdapat inti di antaranya. Butir kasar terdiri dari keratohialin. Mukosa biasanya tidak mempunyai lapisan ini.
- 4) Stratum Spinosum (stratum Malpighi) atau prickle cell layer (lapisan akanta) => terdiri dari sel yang berbentuk poligonal, protoplasmanya jernih karena banyak mengandung glikogen, selnya akan semakin gepeng bila semakin dekat ke permukaan. Di antara stratum spinosum, terdapat jembatan antar sel (intercellular bridges) yang terdiri dari protoplasma dan tonofibril atau keratin. Perlekatan antar jembatan ini membentuk penebalan bulat kecil yang disebut nodulus Bizzozero. Di antara sel spinosum juga terdapat pula sel Langerhans.
- 5) Stratum Basalis =>terdiri dari sel kubus (kolumnar) yang tersusun vertikal pada perbatasan dermo-epidermal berbaris seperti pagar (palisade). Sel basal bermitosis dan berfungsi reproduktif.
  - a) Sel kolumnar => protoplasma basofilik inti lonjong besar, di hubungkan oleh jembatan antar sel.
  - b) Sel pembentuk melanin (melanosit) atau clear cell => sel berwarna muda, sitoplasma basofilik dan inti gelap, mengandung pigmen (melanosomes).

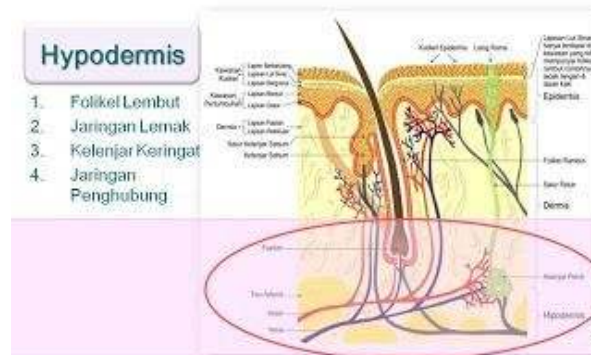
### b. *Lapisan Dermis (korium, kutis vera, true skin)* => terdiri dari lapisan elastik dan fibrosa pada dengan elemen-elemen selular dan folikel rambut.



Gambar 3.0. Struktur Dermis

- 1) Pars Papilare => bagian yang menonjol ke epidermis, berisi ujung serabut saraf dan pembuluh darah.
  - 2) Pars Retikulare => bagian bawah yang menonjol ke subkutan. Terdiri dari serabut penunjang seperti kolagen, elastin, dan retikulin. Dasar (matriks) lapisan ini terdiri dari cairan kental asam hialuronat dan kondroitin sulfat, dibagian ini terdapat pula fibroblas. Serabut kolagen dibentuk oleh fibroblas, selanjutnya membentuk ikatan (bundel) yang mengandung hidroksiprolin dan hidroksisilin. Kolagen muda bersifat elastin, seiring bertambahnya usia, menjadi kurang larut dan makin stabil. Retikulin mirip kolagen muda. Serabut elastin biasanya bergelombang, berbentuk amorf, dan mudah mengembang serta lebih elastis.
- c. *Lapisan Subkutis (hipodermis)* => lapisan paling dalam, terdiri dari jaringan ikat longgar berisi sel lemak yang bulat, besar, dengan inti mendesak ke pinggir sitoplasma lemak yang bertambah. Sel ini berkelompok dan dipisahkan oleh trabekula yang fibrosa. Lapisan sel lemak disebut dengan panikulus adiposa, berfungsi sebagai cadangan makanan. Di lapisan ini terdapat saraf tepi, pembuluh darah, dan getah bening. Lapisan lemak berfungsi juga sebagai bantalan, ketebalannya berbeda pada beberapa kulit. Di kelopak mata dan penis lebih tipis, di perut lebih tebal (sampai 3 cm).

## Jaringan Cutaneous/ Hipodermis



Gambar 3.1. Struktur Hipodermis

Vaskularisasi di kulit diatur pleksus superfisial (terletak di bagian atas dermis) dan pleksus profunda (terletak di subkutis)

### 3. Adneksa Kulit

#### a. Kelenjar Kulit => terdapat pada lapisan dermis

##### 1) Kelenjar Keringat (glandula sudorifera)

Keringat mengandung air, elektrolit, asam laktat, dan glukosa. pH nya sekitar 4-6,8.

##### a) Kelenjar Ekrin => kecil-kecil, terletak dangkal di dermis dengan secret encer.

Kelenjar Ekrin terbentuk sempurna pada minggu ke 28 kehamilan dan berfungsi 40 minggu setelah kelahiran. Salurannya berbentuk spiral dan bermuara langsung pada kulit dan terbanyak pada telapak tangan, kaki, dahi, dan aksila. Sekresi tergantung beberapa faktor dan saraf kolinergik, faktor panas, stress emosional.

##### b) Kelenjar Apokrin => lebih besar, terletak lebih dalam, secretnya lebih kental.

Dipengaruhi oleh saraf adrenergik, terdapat di aksila, aerola mammae, pubis, labia minora, saluran telinga. Fungsinya belum diketahui, waktu lahir ukurannya kecil, saat dewasa menjadi lebih besar dan mengeluarkan secret

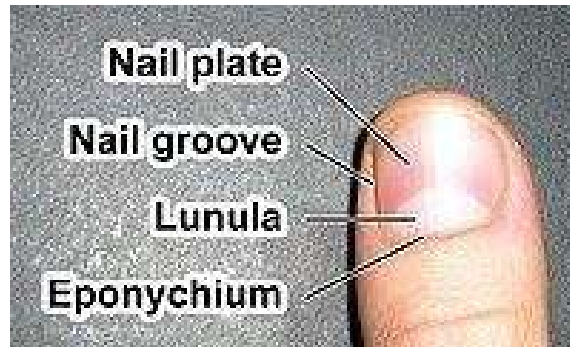
##### 2) Kelenjar Palit (glandula sebacea)

Terletak di seluruh permukaan kulit manusia kecuali telapak tangan dan kaki. Disebut juga dengan kelenjar holokrin karena tidak berluar dan sekret kelenjar ini berasal dari dekomposisi sel-sel kelenjar. Kelenjar palit biasanya terdapat di samping akar rambut dan muaranya terdapat pada lumen akar rambut (folikel



rambut). Sebum mengandung trigliserida, asam lemak bebas, skualen, wax ester, dan kolesterol. Sekresi dipengaruhi oleh hormon androgen. Pada anak-anak, jumlahnya sedikit. Pada dewasa menjadi lebih banyak dan berfungsi secara aktif.

- b. Kuku => bagian terminal lapisan tanduk (stratum korneum) yang menebal.



Pertumbuhannya 1mm per minggu.

Gambar 12.5. Struktur Kuku

- 1) Nail root (akar kuku) => bagian kuku yang tertanam dalam kulit jari.
- 2) Nail Plate (badan kuku) => bagian kuku yang terbuka/bebas.
- 3) Nail Groove (alur kuku) => sisi kuku yang mencekung membentuk alur kuku.
- 4) Eponikium => kulit tipis yang menutup kuku di bagian proksimal.
- 5) Hiponikium => kulit yang ditutupi bagian kuku yang bebas.

- c. Rambut

- 1) Akar rambut => bagian yang terbenam dalam kulit.
- 2) Batang rambut => bagian yang berada di luar kulit.

Jenis rambut

- 1) Lanugo => rambut halus pada bayi, tidak mengandung pigmen.
- 2) Rambut terminal => rambut yang lebih kasar dengan banyak pigmen, mempunyai medula, terdapat pada orang dewasa.

Pada dewasa, selain di kepala, terdapat juga bulu mata, rambut ketiak, rambut kemaluan, kumis, janggut yang pertumbuhannya dipengaruhi oleh androgen (hormon seks). Rambut halus di dahi dan badan lain disebut rambut velus.

Rambut tumbuh secara siklik, fase anagen (pertumbuhan) berlangsung 2-6 tahun dengan kecepatan tumbuh 0,35 mm perhari. Fase telogen (istirahat) berlangsung beberapa bulan. Di antara kedua fase tersebut terdapat fase katagen (involusi temporer). Pada suatu saat 85% rambut mengalami fase anagen dan 15% sisanya dalam fase telogen.

Rambut normal dan sehat berkilat, elastis, tidak mudah patah, dan elastis. Rambut mudah dibentuk dengan mempengaruhi gugusan disulfida misalnya dengan panas atau bahan



kimia.

## 2. Fungsi Kulit

### a. Fungsi Proteksi

Kulit punya bantalan lemak, ketebalan, serabut jaringan penunjang yang dapat melindungi tubuh dari gangguan:

- 1) fisis/mekanis : tekanan, gesekan, tarikan;
- 2) kimiawi : iritan seperti lisol, karbil, asam, alkali kuat;
- 3) panas : radiasi, sengatan sinar Ultra Violet;
- 4) infeksi luar : bakteri,

jamur. Beberapa macam

perlindungan:

- 1) Melanosit => lindungi kulit dari pajanan sinar matahari dengan mengadakan tanning (penggelapan kulit).
  - 2) Stratum korneum impermeable terhadap berbagai zat kimia dan air.
  - 3) Keasaman kulit kerna ekskresi keringat dan sebum => perlindungan kimiawo terhadap infeksi bakteri maupun jamur.
  - 4) Proses keratinisasi => sebagai sawar (barrier) mekanis karena sel mati melepaskan diri secara teratur.
- b. *Fungsi Absorpsi* => permeabilitas kulit terhadap O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, dan uap air memungkinkan kulit ikut mengambil fungsi respirasi. Kemampuan absorpsinya bergantung pada ketebalan kulit, hidrasi, kelembaban, metabolisme, dan jenis vehikulum. Penyerapan dapat melalui celah antar sel, menembus sel epidermis, melalui muara saluran kelenjar.
- c. *Fungsi Ekskresi* => mengeluarkan zat yang tidak berguna bagi tubuh seperti NaCl, urea, asam urat, dan amonia. Pada fetus, kelenjar lemak dengan bantuan hormon androgen dari ibunya memproduksi sebum untuk melindungi kulitnya dari cairan amnion, pada waktu lahir ditemui sebagai Vernix Caseosa.
- d. *Fungsi Persepsi* => kulit mengandung ujung saraf sensori di dermis dan subkutis. Saraf sensori lebih banyak jumlahnya pada daerah yang erotik.
- 1) Badan Ruffini di dermis dan subkutis => peka rangsangan panas.
  - 2) Badan Krause di dermis => peka rangsangan dingin.
  - 3) Badan Taktik Meissner di papila dermis => peka rangsangan rabaan.
  - 4) Badan Merkel Ranvier di epidermis => peka rangsangan rabaan.
  - 5) Badan Paccini di epidemis => peka rangsangan tekanan.

- e. Fungsi Pengaturan Suhu Tubuh (termoregulasi) => dengan cara mengeluarkan keringat dan mengerutkan (otot berkontraksi) pembuluh darah kulit. Kulit kaya pembuluh darah sehingga mendapat nutrisi yang baik. Tonus vaskuler dipengaruhi oleh saraf simpatis (asetilkolin). Pada bayi, dinding pembuluh darah belum sempurna sehingga terjadi ekstrasvasi cairan dan membuat kulit bayi terlihat lebih edematosa (banyak mengandung air dan Na).
- f. Fungsi Pembentukan Pigmen => karena terdapat melanosit (sel pembentuk pigmen) yang terdiri dari butiran pigmen (melanosomes).
- g. Fungsi Keratinisasi => Keratinosit dimulai dari sel basal yang mengadakan pembelahan, sel basal yang lain akan berpindah ke atas dan berubah bentuknya menjadi sel spinosum, makin ke atas sel makin menjadi gepeng dan bergranula menjadi sel granulosum. Makin lama inti makin menghilang dan keratinosit menjadi sel tanduk yang amorf. Proses ini berlangsung 14-21 hari dan memberi perlindungan kulit terhadap infeksi secara mekanis fisiologik.
- h. Fungsi Pembentukan Vitamin D => kulit mengubah 7 dihidroksi kolesterol dengan pertolongan sinar matahari. Tapi kebutuhan vit D tubuh tidak hanya cukup dari hal tersebut. Pemberian vit D sistemik masih tetap diperlukan.

**Tugas dan Evaluasi :**

1. Sebutkan bagian - bagian dari mata?
2. Sebutkan dan Jelaskanlah bagaimana Citra Rasa Cabai ?
3. Jelaskanlah fungsi dari alat tambahan organ mata?
4. Bintik kuning atau fovea merupakan titik pada retina yang banyak mengandung?
5. Sebutkanlah nama sel penerima rangsang cahaya pada bola mata ?

## **BAB II**

### **ANATOMI FISILOGI SISTEM SYARAF DAN ENDOKRIN**

#### **I. ANATOMI FISILOGI SISTEM SYARAF**

##### **A. KONSEP DASAR SISTEM SYARAF (NEUROLOGI)**

Neurologi bersal dari kata '*neuro*' dan '*logos*'. *Neuro* berarti saraf dan *logos* berarti ilmu. Jadi neurologi berarti ilmu saraf. Pearce (1993) dalam Nurhastuti dan Iswari (2018) mendefenisikan neurologi sebagai ilmu pengetahuan tentang saraf dan struktur saraf. Tercakup dalam pengertian ini mengenai anatomi atau susunan saraf dan hubungan bagian-bagiannya satu sama lain, serta fisiologi atau fungsi kerja saraf manusia dalam keadaan normal. Mempelajari letak dan hubungan sistem saraf tidak dapat terpisahkan dari pengamatan tentang kegunaan setiap struktur dan sistem jaringan. Hal ini membawa kita pada penggunaan istilah anatomi fungsional yang bertalian erat dengan fisiologi atau ilmu faal. Ilmu ini sangat erat hubungannya dengan pengetahuan tentang semua makhluk hidup yang tercakup dalam pelajaran biologi, juga erat kaitannya dengan sitologi yang mempelajari detail struktur sel serta bio kimia yang mempelajari perubahan kimiawi dan kegiatan sel serta menyelidiki proses kimia jasad hidup serba kompleks. Juga erat hubungannya dengan ilmu alam yang mempelajari reaksi fisik dan gerakan-gerakan yang terjadi di badan. Sel merupakan unsur terkecil dari tubuh yang memiliki semua bagian, sel disesuaikan dengan fungsi yang harus dilaksanakan atau dengan jaringan di mana sel itu berada (Nurhastuti dan Iswari, 2018).

##### **B. ANATOMI FISILOGI SISTEM SYARAF**

Sistem syaraf merupakan salah satu sistem koordinasi yang bertugas menyampaikan rangsangan dari reseptor untuk dideteksi dan direspon oleh tubuh, dan berfungsi sebagai pusat kontrol tubuh dan pengaturan serta jaringan komunikasi. Sistem saraf memungkinkan makhluk hidup tanggap dengan cepat terhadap perubahan-perubahan yang terjadi di lingkungan luar maupun dalam. Sistem syaraf mengarahkan fungsi organ dan sistem tubuh serta pusat dari semua aktivitas mental, meliputi pemikiran, pembelajaran, dan memori. Sistem saraf bersama-sama dengan sistem endokrin mengatur dan mempertahankan homeostasis (lingkungan internal tubuh kita) dengan mengontrol kelenjar endokrin utama (hipofisis) melalui hipotalamus otak. Melalui reseptornya, sistem saraf membuat kita terhubung dengan lingkungan, baik eksternal dan internal. Seperti sistem lain dalam tubuh, sistem saraf terdiri dari organ, terutama otak, sumsum tulang belakang, saraf, dan ganglia, jaringan saraf, darah, dan jaringan ikat yang secara bersama melaksanakan kegiatan yang kompleks dari sistem saraf. Berbagai aktivitas sistem saraf dapat

dikelompokkan bersama dalam tiga kategori umum (Chalik 2016; Sloane, 2012; Pearce, 2007 dalam Wahyuningsih dan Kusmiati, 2017).

Sistem syaraf terdiri dari jutaan sel syaraf (neuron). Fungsi sel syaraf adalah mengirimkan pesan (impuls) yang berupa rangsang atau tanggapan. Ada tiga komponen yang harus dimiliki oleh sistem syaraf untuk menanggapi rangsangan, yaitu: 1) Reseptor, adalah alat penerima rangsangan atau impuls. Pada tubuh kita yang bertindak sebagai reseptor adalah organ indra. 2) Penghantar impuls yang dilakukan oleh syaraf. Syaraf tersusun dari berkas serabut penghubung (akson). Pada serabut penghubung terdapat sel-sel khusus yang memanjang dan meluas. Sel syaraf disebut neuron. 3) Efektor, adalah bagian yang menanggapi rangsangan yang telah diantarkan oleh penghantar impuls. Efektor yang paling penting pada manusia adalah otot dan kelenjar (Sloane, 2012; Pearce, 2007 dalam Wahyuningsih dan Kusmiati, 2017). Tiga fungsi system saraf diantaranya:

1. Fungsi sensorik.

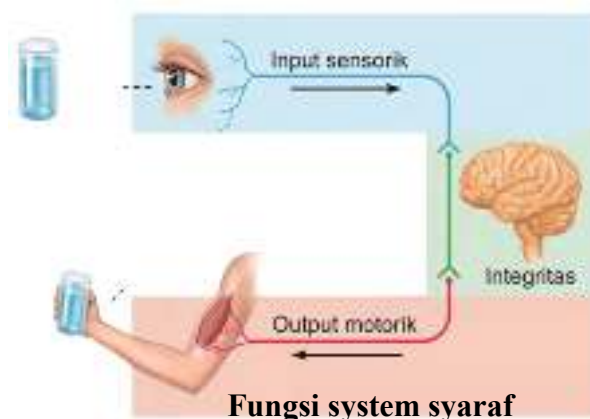
Sistem saraf menggunakan jutaan reseptor sensorik nya untuk memantau perubahan yang terjadi baik di dalam dan luar tubuh. Informasi yang dikumpulkan disebut input sensorik

2. Fungsi Integritas

Sistem saraf memproses dan menafsirkan input sensorik kemudian memutuskan apa yang harus dilakukan pada setiap saat. Proses ini disebut integrasi.

3. Fungsi motoric

Sistem saraf mengaktifkan organ efektor, (otot dan kelenjar) untuk menimbulkan respon. Proses ini disebut output motorik.



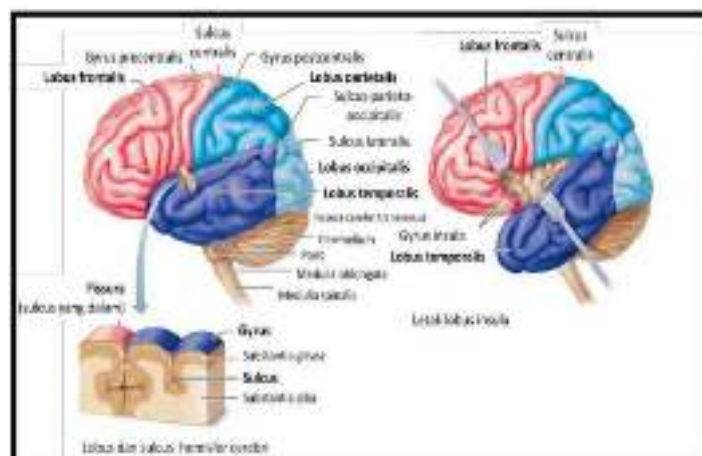
(Sumber: Chalik, 2016)

## C. KLASIFIKASI SISTEM SYARAF

### 1. Sistem syaraf pusat

Sistem saraf pusat (SSP) terdiri dari otak dan sumsum tulang belakang, yang terletak di rongga tubuh dorsal. Sistem saraf pusat (SSP) terdiri dari otak dan medulla spinalis yang dilindungi tulang kranium dan kanal vertebral. Merupakan komponen yang sangat penting untuk kesejahteraan dan perlindungan. Otak terhubung dengan sumsum tulang belakang di foramen magnum. Fungsi utama dari sumsum tulang belakang adalah untuk menyampaikan impuls sensorik dari tepi (perifer) ke otak dan untuk mengkonduksikan impuls motorik dari otak ke tepi (Chalik 2016; Wahyuningsih dan Kusmiati, 2017).

#### Anatomi Otak Manusia



(Sumber: Marrieb, *et al.*, 2012)

#### a. Otak

##### 1) Otak Besar

Otak besar merupakan pusat pengendali kegiatan tubuh yang disadari, yaitu berpikir, berbicara, melihat, bergerak, mengingat, dan mendengar. Otak besar dibagi menjadi dua belahan, yaitu belahan kanan dan belahan kiri. Masing-masing belahan pada otak tersebut disebut hemisfer. Otak besar belahan kanan mengatur dan mengendalikan kegiatan tubuh sebelah kiri, sedangkan otak belahan kiri mengatur dan mengendalikan bagian tubuh sebelah kanan (Pearce, 2007 dalam Wahyuningsih dan Kusmiati, 2017).

##### 2) Otak Kecil

Otak kecil (*cerebellum*) terletak dibagian belakang kepala, dibawah lobus *occipital* dekat dengan ujung leher bagian atas. Ia terhubung ke otak melalui *pedunculus cerebri*. *Cerebellum* bertanggung jawab dalam proses koordinasi dan keseimbangan.

Struktur dan fungsi otak kecil terbagi pada tiga spesifikasi, yaitu *vestibulocerebellum* (*anrcheocerebellum*), terdiri atas *flocculonodular lobe* dan *lingula*, bertanggung jawab untuk mengontrol keseimbangan, otot aksial dan proksimal, irama pernafasan, pergerakan kepala dan mata (stabilisasi pandangan). Kedua, *spinocerebellum* (*paleocerebellum*); berfungsi dalam mengontrol otot-otot yang berkaitan dengan postur, keseimbangan. Ketiga, *pontocerebellum* (*neocerebellum*); berfungsi untuk keseimbangan tubuh, kecepatan serta ketepatan pergerakan tubuh dan perkataan (Rohkam, 2004).

### 3) Batang Otak

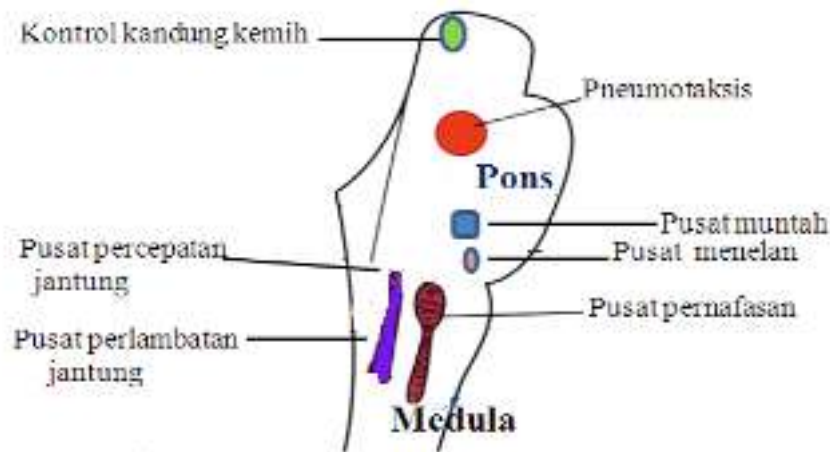
#### (a) Medula oblongata

disebut juga mielensepalon merupakan pembesaran dari tulang belakang yang masuk ke otak. Terdapat pusat-pusat refleks untuk pernafasan, menelan, kardiovaskuler, sekresi gastrik, perlintasan saraf baik motorik maupun sensorik (gambar 3). Daerah retikular pembentuk yang akan menuju ke otak sebelah tengah berkaitan dengan kesadaran tidur dan attention (perhatian). Medula oblongata terbentuk dengan baik pada semua vertebrata berahang, menggambarkan kemampuan mengontrol fungsi visceral dan menyaring informasi yang masuk dan keluar otak (Kiranadi, 2017).

#### (b) Pons

Daerah di mana terletak di ventral, dan membesar di atas medula oblongata, merupakan jembatan saluran saraf penghubung dari serebrum di otak depan dengan kedua sisi serebelum dan juga penghubung antara otak depan dengan tulang belakang pada vertebrata. Terdapat *raphe nuclei*, terlibat dalam sensasi rasa sakit, juga retikular pembentuk yang terlibat dalam tidur (pergerakan mata yang cepat selama tidur dan gelombang lambat), kontrol pernafasan, hampir semua ventrikel keempat terletak di antara pons dan serebelum (Kiranadi, 2017).

## Daerah batang otak dan beberapa fungsi kontrol kehidupan



(Sumber: Kiranadi, 2017)

### 4) Otak tengah (*Mesensefalon*)

Awalnya merupakan pusat koordinasi refleksi terhadap input visual. Selaras dengan pertumbuhan otak bertambah pula fungsi yang berhubungan dengan input tactile (sentuhan), refleksi auditori (pendengaran). Pada sisi dorsal disebut tectum atau atap sentuhan terdiri dari superior dan inferior colliculi, superior colliculus, mengkoordinasikan refleksi auditori. Saraf kranial (III-IV) meninggalkan tempat ini, mengirim serabut ke superior colliculi dan thalamus. (*cerebral aqueduct*) menghubungkan ventrikel 3 dan 4 melalui otak tengah ini. Juga ada inti *pariaqueductal* yang mengontrol rasa sakit, *red nucleus* (inti merah) yang berkaitan dengan relaksasi otot dan *substantia nigra* yang berhubungan dengan ganglia basalis serta berkaitan dengan penyakit Parkinson (Kiranadi, 2017).

### b. Sumsum Tulang Belakang (Medula Spinalis)

Medulla spinalis berbentuk silinder. Terletak mulai dari foramen magnum dari cranium di superiornya, berlanjut dengan medulla oblongata dari cerebellum, dan berakhir di inferiornya pada margo inferior corpus vertebrae lumbar 1 pada orang dewasa. Pada anak-anak, medulla spinalis relatif lebih panjang dan biasanya berakhir di margo superior vertebra Lumbar 3. Dengan demikian, medulla spinalis menempati dua pertiga bagian atas dari canalis vertebralis dari columna vertebralis dan dikelilingi oleh tiga meninge, duramater, arachnoidmater, dan piamater. Perlindungan lebih lanjut diberikan oleh cairan serebrospinal/ *cerebrospinal fluid* (CSF), yang mengelilingi medulla spinalis di ruang subarachnoid (Kahle and Frotscher, 2003).

Di regio cervical dimana medulla spinalis menjadi asal dari plexus barchialis, dan di regio thorax serta lumbar dimana menjadi asal dari plexus lumbosacralis, medulla

spinalis membesar secara fusiformis; pembesaran ini disebut pembesaran cervical dan lumbar. Di inferior, medula spinalis meruncing menjadi conus medullaris. Dari apex conus medullaris, filum terminalis yang merupakan perpanjangan dari piameter turun untuk melekat pada permukaan posterior dari *os cocygeus*. Medulla spinalis memiliki cekungan longitudinal yang dalam yang disebut fissura mediana anterior yang terletak di median anterior dan cekungan yang dangkal di posteriornya yang disebut sulcus mediana posterior (Splittgerber, 2019).

Sepanjang seluruh panjang medulla spinalis, ada 31 pasang saraf spinalis yang melekat melalui radix anterior (motorik) dan radix posterior (sensorik). Setiap radix melekat pada medulla spinalis dengan serangkaian rootlets, yang memperpanjang seluruh panjang segmen medulla spinalis yang sesuai. Masing-masing dari radix posterior akan memiliki ganglion radix posterior, sel-sel yang nanti akan bercabang menjadi serabut saraf perifer dan sentral (Kahle and Frotscher, 2003). Medulla spinalis terdiri dari inti bagian dalam yang disebut substantia grisea dan dikelilingi oleh substantia alba; tidak ada indikasi medulla spinalis tersegmentasi (Splittgerber, 2019).

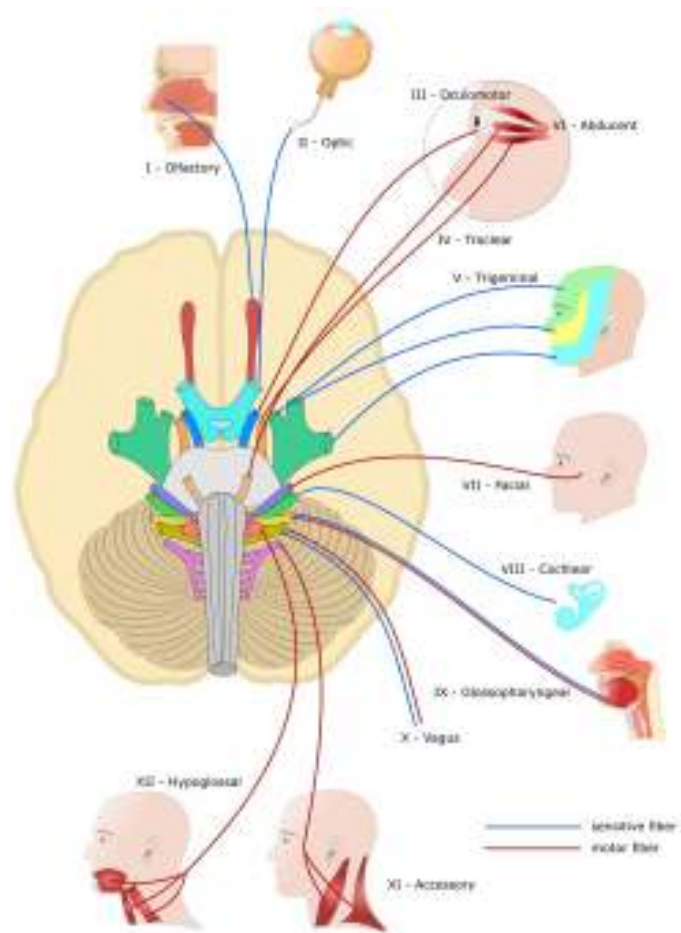
## 2. Sistem Syaraf Tepi

### a. Syaraf Kranial

Saraf kranial adalah bagian dari sistem saraf perifer yang terdiri dari 12 pasang serabut saraf kranial. Saraf kranial berfungsi sebagai saraf sensorik, motorik dan otonom. Saraf kranial yang berfungsi sebagai saraf sensorik terdiri dari saraf olfaktorius (CN.1), saraf optik (CN. II), dan saraf vestibulokoklear (CN. VIII). Saraf kranial yang berfungsi sebagai saraf motorik terdiri dari saraf okulomotor (CN. III), saraf troklear (CN. IV), saraf abduksen (CN. VI), saraf asesorius (CN. VI), dan saraf hipoglosal (CN. XII). Saraf kranial yang berfungsi campuran terdiri dari saraf trigeminal (CN. V), saraf fasial (CN. VII), saraf glossofaringeal (CN. IX), dan saraf vagus (CN. X) (Snell, 2013; Tortora, 2009; Remington, 2012).



## Nervus Cranialis Otak Manusia



(Sumber: Sonne & Lopez-Ojeda, 2021)

### b. Syaraf Spinal

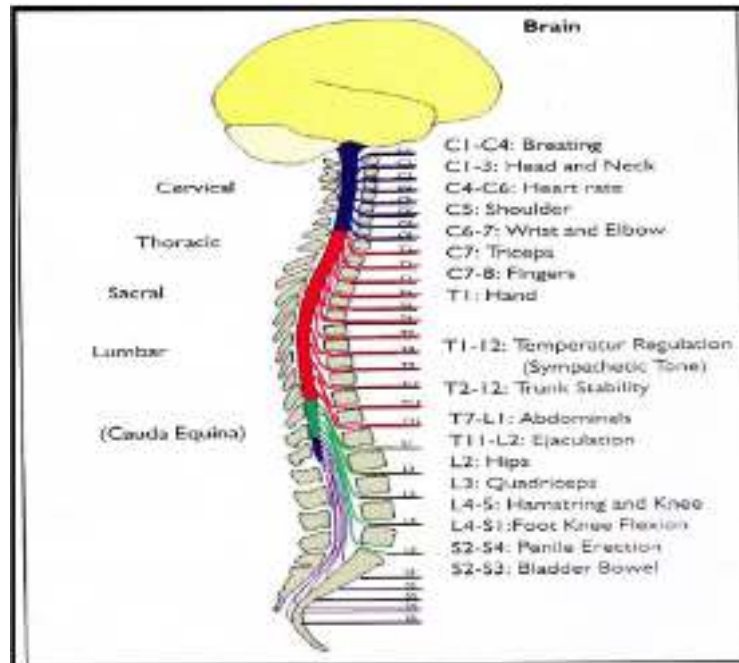
Medulla spinalis merupakan massa jaringan saraf yang berbentuk silindris memanjang dan menempati  $\frac{2}{3}$  atas canalis vertebra yaitu dari batas superior atlas (C1) sampai batas atas vertebra lumbalis kedua (L2), kemudian medulla spinalis akan berlanjut menjadi medulla oblongata. Pada waktu bayi lahir, panjang medulla spinalis setinggi  $\pm$  Lumbal ketiga (L3). Medulla spinalis dibungkus oleh duramater, arachnoid, dan piamater. Fungsi sumsum tulang belakang adalah mengadakan komunikasi antara otak dan semua bagian tubuh dan bergerak reflex (Baehr & Frotscher, 2010; <http://emedicine.medscape.com/>; Neal & Fields, 2010).

Medulla spinalis berawal dari ujung bawah medulla oblongata di foramen magnum. Pada dewasa biasanya berakhir disekitar tulang L1 berakhir menjadi konus medularis. Selanjutnya akan berlanjut menjadi kauda equina yang lebih tahan terhadap cedera. Dari

berbagai traktus di medulla spinalis, ada 3 traktus yang telah dipelajari secara klinis, yaitu traktus kortikospinalis, traktus spinotalamikus, dan kolumna posterior. Setiap pasang traktus dapat cedera pada satu sisi atau kedua sisinya (Baehr & Frotscher, 2010; <http://emedicine.medscape.com/>; Neal & Fields, 2010).

Traktus kortikospinalis, yang terletak dibagian posterolateral medulla spinalis, mengatur kekuatan motorik tubuh ipsilateral dan diperiksa dengan melihat kontraksi otot volunter atau melihat respon involunter dengan rangsangan nyeri. Traktus spinotalamikus, yang terletak di anterolateral medulla spinalis, membawa sensasi nyeri dan suhu dari sisi kontralateral tubuh. Diameter bilateral medulla spinalis bila selalu lebih panjang dibandingkan diameter ventrodorsal. Hal ini terutama terdapat pada segmen medulla spinalis yang melayani ekstremitas atas dan bawah. Pelebaran ke arah bilateral ini disebut intumesens, yang terdapat pada segmen C4-T1 dan segmen L2-S3 (intumesens lumbosakral). Pada permukaan medulla spinalis dapat dijumpai fisura mediana ventralis, dan empat buah sulkus, yaitu sulkus medianus dorsalis, sulkus dorsolateralis, sulkus intermediodorsalis dan sulkus ventrolateralis. Pada penampang transversal medulla spinalis, dapat dijumpai bagian sentral yang berwarna lebih gelap (abu-abu) yang dikenal dengan istilah gray matter. Gray matter adalah suatu area yang berbentuk seperti kupu-kupu atau huruf H. Area ini mengandung badan sel neuron beserta percabangan dendritnya. Di area ini terdapat banyak serat-serat saraf yang tidak berselubung myelin serta banyak mengandung kapiler-kapiler darah. Hal inilah yang mengakibatkan area ini berwarna menjadi lebih gelap. Setiap segmen medulla spinalis memiliki empat radix, sebuah radix ventralis dan sebuah radix posterior pada sisi kiri dan sepasang di sisi kanan. Radix saraf ini keluar dari kolumna vertebralis melalui foramina intervetebralis. Pada spina servikalis, radix keluar melewati bagian atas kolumna vertebralis, sedangkan pada segmen bawah T1 radix keluar melewati bagian bawah korpus vertebralis. Radix ventralis berfungsi sebagai traktus motoris yang keluar dari medulla spinalis, sedangkan radix posterior bersifat sensoris terhadap struktur superfisial dan profunda tubuh (Baehr & Frotscher, 2010; <http://emedicine.medscape.com/>; Neal & Fields, 2010).

## Syaraf Spinal

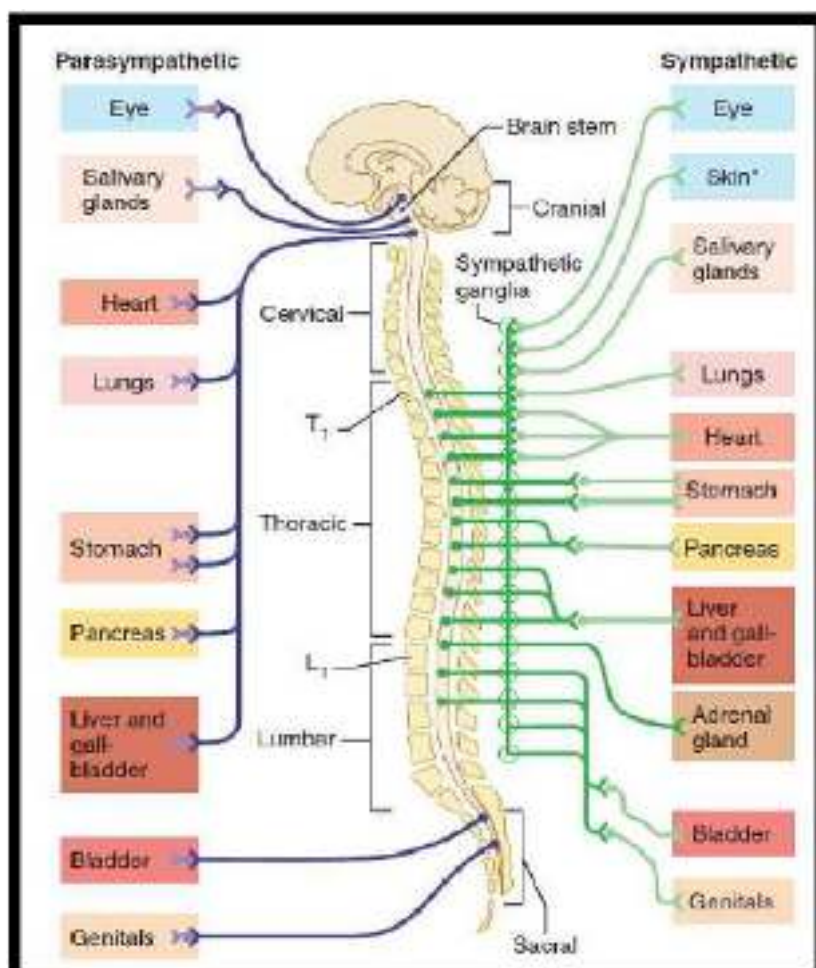


(Sumber: Damasceno, Curry & Nucci, 2011)

### c. Sistem Syaraf Otonom

Sistem Saraf Otonom (SSO) merupakan sistem motorik eferen visceral. Sistem ini menginervasi jantung; seluruh otot polos, seperti pada pembuluh darah dan visera serta kelenjar-kelenjar. Sistem Saraf Otonom (SSO) tidak memiliki input volunteer; walaupun demikian, sistem ini dikendalikan oleh pusat dalam hipotalamus, medulla dan korteks serebral serta pusat tambahan pada formasi reticular batang otak. Serabut aferen sensorik (visera) menyampaikan sensasi nyeri atau rasa kenyang dan pesan-pesan yang berkaitan dengan frekwensi jantung, tekanan darah dan pernapasan, yang di bawa ke Sistem Saraf Pusat (SSP) di sepanjang jalur yang sama dengan jalur serabut syaraf motorik viseral pada Sistem Saraf Otonom (SSO). Sistem saraf otonom mempertahankan homeostasis tubuh dengan mengatur berbagai aktivitas, meliputi laju jantung, laju pernapasan, suhu tubuh, proses pencernaan, dan fungsi urinary (Wahuningsih dan Kusmiati, 2017; Chalik, 2016).

## Sistem Syaraf Otonom



(Sumber: Wahyuningsih dan Kusmiati, 2017)

Divisi Sistem Saraf Otonom (SSO) memiliki 2 divisi yaitu divisi simpatis dan divisi parasimpatis. Sebagian besar organ yang diinervasi oleh Sistem Saraf Otonom (SSO) menerima inervasi ganda dari syaraf yang berasal dari kedua divisi. Divisi simpatis dan parasimpatis pada Sistem Saraf Otonom (SSO) secara anatomis berbeda dan perannya antagonis.

- 1) Divisi Simpatis/Torakolumbal. Memiliki satu neuron preganglionik pendek dan satu neuron postganglionik panjang. Badan sel neuron preganglionik terletak pada tanduk lateral substansi abu-abu dalam segemen toraks dan lumbal bagian atas medulla spinalis. Fungsi syaraf ini terutama untuk memacu kerja organ tubuh, walaupun ada beberapa yang malah menghambat kerja organ tubuh. Fungsi memacu, antara lain mempercepat detak jantung, memperbesar pupil mata, memperbesar bronkus. Adapun fungsi yang menghambat, antara lain memperlambat kerja alat pencernaan, menghambat ereksi, dan menghambat kontraksi kantung seni (Wahyuningsih dan Kusmiati, 2017).

- 2) Divisi Para Simpatis/Kraniosakral. Memiliki neuron preganglionik panjang yang menjulur mendekati organ yang terinervasi dan memiliki serabut postganglionik pendek. Badan sel neuron terletak dalam nuclei batang otak dan keluar melalui CN III, VII, IX, X, dan syaraf XI, juga dalam substansi abu-abu lateral pada segmen sacral kedua, ketiga dan keempat medulla spinalis dan keluar melalui radiks ventral. Syaraf ini memiliki fungsi kerja yang berlawanan jika dibandingkan dengan syaraf simpatik. Syaraf parasimpatik memiliki fungsi, antara lain menghambat detak jantung, memperkecil pupil mata, memperkecil bronkus, mempercepat kerja alat pencernaan, merangsang ereksi, dan mempercepat kontraksi kantung seni. Karena cara kerja kedua syaraf itu berlawanan, maka mengakibatkan keadaan yang normal (Wahyuningsih dan Kusmiati, 2017).
- 3) Neurotransmitter SSO. Asetilkolin dilepas oleh serabut preganglionik simpatis dan serabut preganglionik parasimpatis yang disebut serabut kolinergik. Norepinefrin dilepas oleh serabut post ganglionik simpatis, yang disebut serabut adrenergic. Norepinefrin dan substansi yang berkaitan, epinefrin juga dilepas oleh medulla adrenal (Pearce, 2007 dalam Wahyuningsih dan Kusmiati, 2017).

#### D. KLASIFIKASI SEL SYARAF

##### 1. Badan sel

Badan sel saraf merupakan bagian yang paling besar dari sel saraf. Setiap badan sel saraf mengandung inti tunggal (gambar 3). Inti ini merupakan pusat kontrol sel. Badan sel berfungsi untuk menerima rangsangan dari dendrit dan meneruskannya ke akson. Pada badan sel saraf terdapat inti sel, sitoplasma, mitokondria, sentrosom, badan golgi, lisosom. Dalam sitoplasma badan sel, ada retikulum endoplasma kasar atau *reticulum endoplasmic rough* (RER). Dalam neuron, retikulum endoplasma kasar memiliki struktur granular disebut sebagai badan Nissl, juga disebut zat chromatophilic, dan merupakan tempat sintesis protein (Chalik, 2016).

##### 2. Dendrit

Dendrit adalah serabut sel saraf pendek dan bercabang-cabang, seperti cabang pohon. Dendrit merupakan perluasan dari badan sel. Ini adalah daerah reseptif neuron. Dendrit berfungsi untuk menerima dan mengantarkan rangsangan ke badan sel (Chalik, 2016).

##### 3. Akson

Akson adalah serabut sel saraf panjang yang merupakan penjururan sitoplasma badan sel. Akson hillock, adalah prosesus panjang atau serat yang dimulai secara tunggal tetapi dapat

bercabang dan pada ujungnya memiliki banyak perpanjangan halus disebut terminal akson yang kontak dengan dendrit dari neuron lainnya. Benang-benang halus yang terdapat di dalam akson disebut neurofibril. Neurofibril dibungkus oleh beberapa lapis selaput myelin yang banyak mengandung zat lemak dan berfungsi untuk mempercepat jalannya rangsangan. Pada bagian luar akson terdapat lapisan lemak disebut mielin yang merupakan kumpulan sel schwann yang menempel pada akson. Sel schwann adalah sel glia yang membentuk selubung lemak di seluruh serabut saraf mielin. Membran plasma sel schwann disebut neurilemma. Fungsi mielin adalah melindungi akson dan memberi nutrisi. Bagian dari akson yang merupakan celah sempit dan tidak terbungkus mielin disebut nodus Ranvier, yang berfungsi mempercepat penghantaran impuls (Chalik, 2016).

#### E. JENIS SYARAF

Berdasarkan perbedaan struktur maka saraf digolongkan dalam tiga kelompok sebagai berikut (Kiranadi, 2017).

##### 1. Saraf unipolar

Mempunyai satu serabut saraf dari badan sel yang kemudian bercabang dua: yang satu sebagai dendrit karena berhubungan dengan perifer, yang lain sebagai batang saraf. Pada saraf perifer bisa sangat panjang dan mencapai satu meter Contohnya adalah saraf sensorik proprioepsi (posisi tubuh). Contoh lain saraf sensorik yang tidak panjang adalah saraf yang ke organ dalam (viseral) dan cita rasa.

##### 2. Saraf bipolar

Mempunyai dua batang saraf yang berasal dari badan saraf. Satu berfungsi sebagai dendrit yang lain sebagai batang saraf. Contohnya saraf sensorik yang membawa informasi penglihatan, penciuman, keseimbangan dan pendengaran. Saraf di retina membawa informasi dari retina ke sel ganglion, telinga sebelah dalam membentuk saraf no VIII di koklea dan vestibular.

##### 3. Saraf multipolar

Saraf multipolar mempunyai serabut saraf yang banyak dari satu badan sel. Contohnya saraf dari otak sebelah atas turun ke tulang belakang dan kemudian menyebar ke seluruh otot.

#### F. JARINGAN SYARAF

Jaringan saraf terdiri dari neuroglia dan sel schwann (sel-sel penyokong) serta neuron (sel-sel saraf).

Kedua jenis sel tersebut demikian erat berkaitan dan terintegrasi satu sama lainnya sehingga bersama-sama berfungsi sebagai satu unit.

1. Neuroglia. Neuroglia (berasal dari *nerve glue*) mengandung berbagai macam sel yang secara keseluruhan menyokong, melindungi dan sumber nutrisi sel saraf (Neuron) pada otak dan Medulla spinalis; sedangkan sel Schwann merupakan pelindung dan penyokong neuron–neuron di luar system saraf pusat. Neuroglia menyusun 40 % volume otak dan medulla spinalis. Neuroglia jumlahnya lebih banyak dari sel–sel neuron dengan perbandingan sekitar sepuluh banding satu. Ada empat sel Neuroglia yang berhasil diidentifikasi yaitu: Oligodendroglia, Ependima, Astroglia dan Microglia. Masing–masing mempunyai fungsi yang khusus.
2. Oligodendroglia. Oligodendroglia merupakan sel glia yang bertanggungjawab menghasilkan myelin dalam susunan saraf pusat. Sel ini mempunyai lapisan dengan substansi lemak mengelilingi penonjolan atau sepanjang sel saraf sehingga terbentuk selubung mielin. Mielin pada susunan saraf tepi dibentuk oleh sel Schwann (Marieb, 1988; Price & Wilson, 1995). Sel Schwann membentuk myelin maupun neurolemma saraf tepi. Tidak semua neuron susunan saraf tepi bermielin.
3. Neurolema. Neurolema adalah membrane sitoplasma halus yang dibentuk oleh sel – sel Schwann yang membungkus semua neuron SST (bermielin atau tidak bermielin). Neurolema merupakan struktur penyokong dan pelindung bagi tonjolan saraf (Price & Wilson, 1995).
4. Mielin. Mielin merupakan suatu kompleks protein lemak bewarna putih yang mengisolasi tonjolan saraf. Mielin menghalangi aliran ion natrium dan kalium melintasi membran neuronal dengan hampir sempurna. Selubung myelin tidak kontinu di sepanjang tonjolan saraf, dan terdapat celah – celah yang tidak memiliki myelin, dinamakan nodus ranvier. Tonjolan saraf pada susunan saraf pusat dan tepi dapat bermielin atau tidak bermielin. Serabut saraf yang mempunyai selubung myelin dinamakan serabut bermielin, dan dalam SSP dinamakan massa putih (Substansia Alba). Serabut – serabut yang tak bermielin dinamakan serabut tak bermielin dan terdapat dalam massa kelabu (Substansia Grisea) SSP. Transmisi impuls saraf di sepanjang serabut bermielin lebih cepat dari transmisi di sepanjang serabut tak bermielin, karena impuls berjalan dengan cara “ meloncat “ dari nodus ke nodus yang lain di sepanjang selubung myelin. Cara transmisi seperti ini dinamakan konduksi saltatorik. Hal terpenting dari peran myelin pada proses transmisi di serabut saraf dapat terlihat dengan mengamati hal yang terjadi jika tidak lagi terdapat myelin disana.
5. Ependima. Ependima berperan dalam produksi *Cerebro Spinal Fluid* (CSF). Ependima adalah neuroglia yang membatasi sistem ventrikel SSP. Sel - sel inilah yang merupakan epitel dari plexus corioideus ventrikel otak (Price & Wilson, 1995).

6. *Microglia*. *Microglia* mempunyai sifat - sifat fagosit yang menyingkirkan debris – debris yang dapat berasal dari sel – sel otak yang mati, bakteri dan lain – lain. Sel jenis ini ditemukan di seluruh SSP dan dianggap berperan penting dalam proses melawan infeksi.
7. *Astrocytes*. *Astrocytes* atau *Astroglia* berfungsi sebagai “sel pemberi makan“ bagi neuron yang halus. Badan sel *astroglia* berbentuk bintang dengan banyak tonjolan dan kebanyakan berakhir pada pembuluh darah sebagai kaki perivaskular atau “foot processes“. Bagian ini juga membentuk dinding perintang antara aliran kapiler darah dengan neuron, sekaligus mengadakan pertukaran zat diantara keduanya. Dengan kata lain membantu neuron mempertahankan potensial bioelektris yang sesuai untuk konduksi impuls dan transmisi sinaptik. Dengan cara ini pula sel–sel saraf terlindungi dari substansi yang berbahaya yang mungkin saja terlarut dalam darah. Tetapi fungsinya sebagai sawar darah otak tersebut masih memerlukan pemastian lebih lanjut, karena diduga celah endothel kapiler darah yang lebih berperan sebagai sawar darah otak. Walaupun *Neuroglia* secara struktur menyerupai neuron, tetapi tidak dapat menghantarkan impuls saraf, suatu fungsi yang merupakan bagian yang paling berkembang pada neuron. Perbedaan lain yang penting adalah *neuroglia* tidak pernah kehilangan kemampuan untuk membelah dimana tidak dipunyai oleh neuron (Marieb, 1988).

## G. IMPULS SYARAF

Permeabilitas membran sel neuron terhadap ion natrium dan kalium bervariasi dan dipengaruhi oleh perubahan kimia serta listrik dalam neuron tersebut (terutama neurotransmitter dan stimulus organ receptor). Dalam keadaan istirahat, permeabilitas membran sel menciptakan kadar kalium intrasel yang tinggi dan kadar natrium intra sel yang rendah, bahkan pada kadar natrium ekstrasel yang tinggi. Impuls listrik timbul oleh pemisahan muatan akibat perbedaan kadar ion intrasel dan ekstrasel yang dibatasi membran sel (Guyton, 1987; Luciano, Vander, Sherman, 1988; Marieb 1988).

## II. ANATOMI FISIOLOGI SISTEM ENDOKRIN

### A. PENGERTIAN SISTEM ENDOKRIN

Sistem endokrin adalah suatu sistem dalam tubuh manusia yang bertugas untuk melakukan sekresi (memproduksi) hormon yang berfungsi untuk mengatur seluruh kegiatan organ-organ dalam tubuh manusia sesuai dengan yang dibutuhkan organ tersebut. Hasil sekresi berupa hormon ini langsung masuk ke dalam pembuluh darah manusia tanpa harus melalui saluran (duktus). Sistem endokrin terbagi menjadi beberapa kelenjar endokrin yang jika dalam satu kesatuan disebut



dengan sistem endokrin. Jadi, sistem endokrin merupakan gabungan dari beberapa kelenjar endokrin. Kelenjar endokrin itu sendiri ada yang menghasilkan satu macam hormon/tunggal, dan ada juga yang menghasilkan beberapa hormon/ganda (Wahyuningsih dan Kusmiati, 2017). Ada dua jenis kelenjar, yaitu:

1. Kelenjar eksokrin menghasilkan zat nonhormonal seperti keringat dan saliva dan memiliki duktus (tabung) yang membawa zat-zat ini ke permukaan internal atau eksternal membran.
2. Kelenjar endokrin disebut juga sebagai kelenjar tidak berduktus. Kelenjar ini melepaskan hormonnya ke jaringan di sekitarnya dan umumnya mereka memiliki banyak pembuluh darah dan limfatik yang menerima hormon mereka.

(Chalik, 2016)

## B. ORGAN ENDOKRIN

Ada dua jenis organ endokrin, yaitu organ endokrin primer yang fungsi utamanya adalah sekresi hormon, dan organ endokrin sekunder dimana sekresi hormon terjadi secara sekunder ke beberapa fungsi lainnya. Beberapa organ endokrin primer terletak dalam otak, meliputi hipotalamus, kelenjar hipofisis, dan kelenjar pineal. Namun sebagian besar organ endokrin primer terletak di luar sistem saraf, meliputi kelenjar tiroid, paratiroid, timus, kelenjar adrenal, pankreas, dan gonad (testis pada pria dan ovarium pada wanita). Plasenta juga berfungsi sebagai kelenjar endokrin pada wanita hamil. Kelenjar endokrin sekunder meliputi organ jantung, hati, lambung, usus kecil, ginjal, dan kulit (Wahyuningsih dan Kusmiati, 2017).

Hipotalamus bersama dengan fungsi neuralnya melepaskan hormon, sehingga dianggap sebagai organ neuroendokrin. Beberapa organ lainnya juga mengandung sel endokrin yang terpecah atau kelompok kecil dari sel endokrin. Misalnya sel adiposa melepaskan leptin, timus melepaskan hormon timik. Hormon akan memberikan respon atau efek hanya pada sel targetnya yaitu sel yang memiliki reseptor spesifik untuk hormon tersebut. Sel yang bukan merupakan sel target untuk hormon tersebut tidak memiliki reseptor spesifik ini dan tidak dipengaruhi oleh hormon. Ilmu yang mempelajari tentang hormon dan organ endokrin disebut endokrinologi (Wahyuningsih dan Kusmiati, 2017).

Hormon disekresikan dalam jumlah yang sangat kecil sehingga konsentrasinya dalam darah sangat rendah. Namun karena mereka beraksi pada sel yang memiliki reseptor spesifik, sehingga tidak diperlukan jumlah besar untuk memberikan efek. Secara kimia hormon dapat dikelompokkan ke dalam dua kelompok besar, yaitu steroid yang diturunkan dari kolesterol dan nonsteroid yang diturunkan dari asam amino, peptida atau protein (Wahyuningsih dan Kusmiati, 2017).

Eikosanoid adalah kelompok lainnya dari molekul yang disekresikan oleh sel yang menyebabkan aksi spesifik pada sel lainnya. Molekul lipid beraksi sebagai sinyal parakrin karena mereka dilepaskan ke dalam cairan interstisial dan biasanya mempengaruhi hanya pada sel di dekatnya. Contohnya leukotrin dan prostaglandin. Prostaglandin menghasilkan berbagai efek mulai dari menyebabkan inflamasi dan pembekuan darah untuk meningkatkan kontraksi uterus dalam proses melahirkan dan meningkatkan tekanan darah. Leukotrin membantu mengatur respon imun dan menyebabkan inflamasi dan beberapa reaksi alergi (Wahyuningsih dan Kusmiati, 2017)

### C. FUNGSI KELENJAR ENDOKRIN

Secara umum fungsi kelenjar endokrin dapat disebutkan sebagai berikut:

1. Mensekresikan hormon yang dialirkan langsung ke dalam darah (tanpa saluran khusus/ductless) yang diperlukan sel/jaringan/organ tubuh tertentu.
  2. Bertindak mengontrol aktivitas kelenjar tubuh
  3. Merangsang aktivitas kelenjar tubuh
  4. Merangsang pertumbuhan jaringan
  5. Pengaturan metabolisme, proses oksidasi, meningkatkan absorpsi glukosa pada usus halus
  6. Mempengaruhi metabolisme lemak, protein, karbohidrat, vitamin, mineral, dan air.
  7. Memelihara lingkungan internal tubuh agar tetap optimal dan homeostatis.
- (Nugroho, 2016)

### D. KELENJAR ENDOKRIN

#### 1. Hipotalamus

Hipotalamus adalah daerah vital dari otak, yang berperan penting dalam:

- a. Termoregulasi;
- b. Respon perilaku dan emosional;
- c. Pengaturan nafsu makan;
- d. Koordinasi saraf otonom sistem;
- e. Menghasilkan berbagai hormon yang mengatur aktivitas kelenjar endokrin.

## Hormon Hipotalamus, Struktur dan Efek yang ditimbulkan

Hipotalamus			
Hormon	Struktur	Target	Efek
<i>Growth hormone-releasing hormone</i> (GHRH)	Peptida	Sel hipofisis anterior yang mensekresikan hormon pertumbuhan	Peningkatan sekresi hormon pertumbuhan
<i>Growth hormone-inhibiting hormone</i> (GHIH), atau somatostatin	Peptida kecil	Sel hipofisis anterior yang mensekresikan hormon pertumbuhan	Penurunan sekresi hormon pertumbuhan
<i>Thyrotropinreleasing hormone</i> (TRH)	Peptida kecil	Sel hipofisis anterior yang mensekresikan TSH	Peningkatan sekresi hormon TSH
<i>Corticotropinreleasing hormone</i> (CRH)	peptida	Sel hipofisis anterior yang mensekresikan hormon adrenokortikotropik	Peningkatan sekresi hormon adrenokortikotropik
<i>Gonadotropin releasing hormone</i> (GnRH)	Peptida kecil	Sel hipofisis anterior yang mensekresikan luteinizing hormone dan follicle-stimulating hormone	Peningkatan sekresi hormon luteinizing hormone dan folliclestimulating hormone
<i>Prolactin-releasing hormone</i> (PRH)	Belum diketahui	Sel hipofisis anterior yang mensekresikan prolaktin	Peningkatan sekresi prolaktin
<i>Prolactin-inhibiting hormone</i> (PIH)	Dopamin (derivat asam amini)	Sel hipofisis anterior yang mensekresikan prolaktin	Penurunan sekresi prolaktin

(Sumber: Chalik, 2016)

### 2. Hipofisis

Hipofisis atau disebut juga glandula pituitaria terletak di sella turcica, lekukan os tsphenoidale basis cranii, berbentuk oval dengan diameter kira-kira 1 cm. Kelenjar ini terbagi menjadi lobus anterior dan posterior, serta terdiri dari adenohipofisis yang berasal dari orofaring dan neurohipofisis yang berasal dari sistem kantong Ratke (Ratke diambil dari nama ahli anatomi asal Jerman). Hipofise dikenal sebagai *master of gland* karena kemampuan hipofise dalam mempengaruhi atau mengontrol aktivitas kelenjar endokrin lain dengan menghasilkan

bermacam-macam hormon untuk mengatur kegiatan kelenjar endokrin lainnya, terletak di bagian otak besar. Kelenjar hipofisis ini dibagi menjadi 3 bagian berdasarkan letaknya, yaitu bagian depan (anterior), bagian tengah (central), dan juga bagian belakang (posterior). Kelenjar hipofisis juga bekerja sama dengan hipotalamus (suatu organ dalam otak) untuk mengendalikan organ-organ dalam tubuh (Wahyuningsih dan Kusmiati, 2017).

Kelenjar pituitari adalah struktur seukuran kacang, biasanya beratnya sekitar 500mg; terletak di dasar otak, di belakang rongga hidung, dilindungi oleh tulang sphenoid tengkorak (Ganapathy dan Tadi, 2020). Memiliki dua bagian utama:

a. Anterior (bagian depan).

- 1) Hormon Somatotropin, yang berfungsi untuk merangsang metabolisme protein dan lemak serta merangsang pertumbuhan tulang dan otot.
- 2) Hormon Tirotropin, yang berfungsi untuk merangsang pertumbuhan dan perkembangan dari kelenjar gondok (kelenjar tiroid) dan juga untuk merangsang sekresi tiroksin.
- 3) Hormon Adenocorticotropin (ACTH), yang berfungsi untuk mengontrol perkembangan dan pertumbuhan aktifitas kulit ginjal dan merangsang kelenjar adrenal untuk memproduksi hormon glukokortikoid (hormon untuk metabolisme karbohidrat).
- 4) Hormon Lactogenic, yang berfungsi untuk memelihara korpus luteum (kelenjar endokrin sementara pada ovarium) sehingga dapat menghasilkan progesteron (hormon perkembangan dan pertumbuhan primer pada wanita) dan air susu ibu
- 5) Hormon Gonadotropin, yang berfungsi untuk merangsang pematangan folikel dalam ovarium (siklus menstruasi), menghasilkan hormon estrogen (pertumbuhan dan perkembangan sekunder pada wanita), dan menghasilkan progesteron pada wanita. Sedangkan pada pria, hormon gonadotropin berfungsi untuk merangsang terjadinya spermatogenesis (siklus pembentukan sperma pada pria) serta merangsang sel-sel interstitial testis untuk menghasilkan hormon androgen dan testosterone.

b. Kelenjar hipofise tengah

Kelenjar hipofise bagian tengah hanya memproduksi satu hormon yang disebut dengan *Melanosit Stimulating Hormon* (MSH). Hormon ini bertanggung jawab terhadap pewarnaan pada kulit manusia. Semakin banyak melanosit yang diproduksi, maka semakin hitam kulit seseorang (Wahyuningsih dan Kusmiati, 2017).

c. Posterior (bagian belakang).

Kelenjar hipofise bagian belakang menghasilkan 2 macam hormon, yaitu sebagai

berikut.

- 1) Hormon Vasopresin atau Hormon Diuretik (ADH), yang berfungsi untuk mempengaruhi proses reabsorpsi urin pada tubulus distal ginjal guna mencegah terlalu banyak urin yang keluar.
- 2) Hormon Oksitosin, yang berfungsi untuk merangsang otot polos yang terdapat di uterus (alat reproduksi dalam wanita).

(Wahyuningsih dan Kusmiati, 2017)

### 3. Tiroid dan Paratiroid

Tiroid adalah organ bilobed (dua lobus) yang bentuknya menyerupai dasi kupu-kupu; biasanya beratnya 25-30g dan terletak tepat di bawah laring (Dorion, 2017). Tiroid memiliki dua sel endokrin:

- a. Sel folikel – menghasilkan hormon yang mengandung yodium triiodotironin (T3) dan tetraiodothyronine (T4, juga dikenal sebagai tiroksin), yang mengatur metabolisme;
- b. Sel parafollicular – ini menghasilkan hormon kalsitonin, yang membantu untuk mengatur konsentrasi darah-kalsium

(Knight, 2021)

## Hormon Hipofise, Struktur dan Efek yang ditimbulkan

Hormon Kelenjar Hipofisis				
Hipofisis posterior (neurohipofisis)				
Hormon antideuretik (ADH)	Peptida kecil	Ginjal	Meningkatkan Penyerapan kembali air	Meningkatkan diabetes insipidus Menurunkan sindrom sekresi SIADH
Oksitosin	Peptida kecil	Uterus, Kelenjar payudara	Meningkatkan kontraksi uterus, meningkatkan pengeluaran ASI dari kelenjar payudara, fungsinya pada laki-laki tidak jelas	Belum diketahui

---

Hipofisis anterior (Adenohipofisis)

---

Hormon pertumbuhan (GH) atau somatotropin	Protein	Sebagian besar jaringan	Meningkatkan pertumbuhan jaringan, meningkatkan ambilan asam amino dan sintesis protein, meningkatkan pemecahan lipid dan pelepasan asam lemak dari sel, meningkatkan sintesis glikogen dan kadar gula darah, meningkatkan produksi somatomedin	Menurunkan Kekerdilan hipofisis pada anak-anak Meningkatkan Gigantisme pada anak-anak; akromegali pada orang dewasa
<i>Thyroid stimulating hormone</i> (TSH) atau dikenal juga sebagai tirotropin	Glikoprotein	Kelenjar tiroid	Meningkatkan sekresi hormon tiroid	Menurunkan Kretinisme pada anak-anak; myxedema pada orang dewasa Meningkatkan Hipertiroidisme; efek mirip dengan penyakit Graves, di mana antibodi meniru TSH
Hormon adrenokortikotropik [ <i>Adrenocorticotrophic hormone</i> (ACTH)]	Peptida	Korteks adrenal	Meningkatkan sekresi hormon glukokortikoid	Meningkatkan penyakit chusing
Lipotropin	Peptida	Jaringan adiposa	Meningkatkan pemecahan lipid	
endorfin	Peptida	Otak, tapi tidak semua jaringan target diketahui	Analgetik di otak, menghambat sekresi hormon yang dilepaskan	

<i>Melanocyte stimulating hormone</i> (MSH)	Peptida	melanosit di kulit	oleh gonadotropin Meningkatkan produksi melanin di melanosit untuk membuat warna kulit menjadi lebih gelap	
<i>Follicle-stimulating hormone</i> (FSH)	Peptida	Folikel ovarium pada wanita di; tubulus seminiferus pada lakilaki	Pematangan folikel dan sekresi estrogen di ovarium; produksi sel sperma di testis	Menurunkan Kegagalan Seksual pematangan  Menurunkan tidak ada efek yang penting Seperti FSH
<i>Luteinizing hormone</i> (LH)	Glikoprotein	Ovarium pada wanita, testis pada laki-laki	Ovulasi dan produksi progesteron di ovarium, sintesis testosteron dan dukungan untuk produksi sel sperma ditestis	
Prolaktin	Protein	Ovarium dan kelenjar payu dara pada wanita	Produksi ASI pada wanita menyusui; meningkatkan respon folikel terhadap LH dan FSH	Meningkatkan produksi ASI kurang pada wanita menyusui Meningkatkan produksi ASI yang tidak pantas (galaktorea); Penghentian menstruasi pada wanita; impotensi pada laki-laki

---

(Sumber: Chalik, 2016)

#### 4. Pankreas

Pankreas merupakan organ vital baik dalam pencernaan dan sistem endokrin; berada di loop berbentuk U dari duodenum, biasanya panjangnya 14-23cm dan beratnya sekitar 100g (Longnecker, 2021). Bagian endokrin pankreas dikenal sebagai pulau Langerhans,

yang merupakan pulau-pulau kecil jaringan kelenjar ditemukan di seluruh struktur pankreas. Pulau-pulau pankreas mengandung beberapa jenis sel endokrin, antara lain:

- a. Sel alfa, menghasilkan glukagon;
- b. Sel beta, memproduksi insulin.

Kedua hormon ini glukagon dan insulin memainkan peran kunci dalam mengatur konsentrasi glukosa darah.

(Knight, 2021)

## 5. Adrenal

Ada dua kelenjar adrenal – satu di atas setiap ginjal. Mereka kira-kira berbentuk segitiga di bentuk, lebarnya sekitar 3cm dan masing-masing beratnya 4-6g (Lack and Paal, 2020).

Adrenal kelenjar memiliki dua wilayah utama:

- a. Korteks adrenal. Menghasilkan hormon steroid, termasuk hormon stres kortisol jangka panjang, aldosteron (yang mengatur kadar natrium dan kalium dalam darah) dan sekelompok testosteron seperti hormon yang disebut androgen;
- b. Medula adrenal. Menghasilkan adrenalin (epinefrin) dan noradrenalin (norepinefrin). biasanya diproduksi ketika seseorang di bawah ancaman, takut atau bersemangat. Berfungsi terutama untuk mengaktifkan cabang simpatis dari sistem saraf otonom.

## 6. Ovari dan testis

Gonad adalah organ yang menghasilkan gamet, sperma pada pria, dan osit pada wanita.

Selain sebagai fungsi reproduksi, gonad juga mensekresikan hormon. Ovarium mensekresikan beberapa hormon steroid meliputi dua estrogen (estradiol dan estron) dan progesteron. Hormon seks wanita bersama dengan FSH dan LH dari hipofisis anterior mengatur siklus menstruasi, mempertahankan kehamilan dan mempersiapkan kelenjar mamma untuk laktasi. Hormon ini juga menyebabkan pembesaran payudara dan pelebaran pinggul pada masa pubertas, dan membantu menjaga karakteristik seks sekunder wanita. Ovarium juga menghasilkan inhibin, suatu hormon protein yang menghambat sekresi FSH. Selama kehamilan ovarium dan plasenta menghasilkan hormon peptida yang disebut *Relaxin* (RLX) yang meningkatkan fleksibilitas dari simfisis pubis selama kehamilan dan membantu melebarkan serviks uterin selama persalinan. Aksi ini membantu keluarnya bayi dengan mudah karena terjadi pelebaran jalan lahir. Gonad laki-laki, testis, kelenjar oval yang terletak di skrotum. Hormon utama yang dihasilkan dan disekresi oleh testis adalah testosteron, yaitu androgen atau hormon seks pria. Testosteron merangsang testis sebelum kelahiran, mengatur produksi sperma, dan merangsang perkembangan dan pemeliharaan karakteristik seks



sekunder pria, seperti pertumbuhan janggut dan pendalaman suara. Testis juga memproduksi inhibin, yang menghambat sekresi FSH (Chalik, 2016) .

**Hormon yang diproduksi oleh testis dan ovarium dan aksi utamanya**

Hormon Organ Reproduksi			
Hormon	Struktur	Jaringan target	Respon
Testis			
Testosteron	Steroid	Sebagian besar sel	Membantu spermatogenesis, perkembangan genital, memelihara fungsi organ reproduksi, karakteristik seks sekunder, dan perilaku seksual
Inhibin	Polipeptida	Kelenjar hipofisis anterior	Menghambat sekresi FSH
Ovarium			
Estrogen	Steroid	Sebagian besar sel	Membantu Perkembangan dan fungsi uterus dan kelenjar payudara untuk laktasi, memelihara kehamilan pematangan genital, karakteristik seks sekunder, dan siklus menstruasi
Progesteron	Steroid	Sebagian besar sel	Menghambat sekresi FSH dari hipofisis anterior
Inhibin	Polipeptida	Kelenjar hipofisis anterior	
Relaxin	Polipeptida	Sel jaringan ikat	Meningkatkan fleksibilitas jaringan ikat di area pelvis, khususnya simfisis pubis selama kehamilan, membantu mendilatasi serviks uterus selama persalinan dan

(Sumber: Chalik, 2016)

## PENUGASAN DAN EVALUASI

1. Neurologi berasal dari kata neuro dan logos yang berarti
  - a. Saraf dan otak
  - b. Saraf dan impuls**
  - c. Saraf dan ilmu
  - d. Sistem saraf pusat dan system saraf otonom
  - e. Otak dan ilmu
2. komponen yang harus dimiliki oleh sistem syaraf untuk menanggapi rangsangan diantaranya:
  - a. Reseptor, penghantar impuls dan efektor**
  - b. Reseptor, penghantar impuls dan afektor
  - c. Reseptor, penerima impuls dn efektor
  - d. Reseptor, penerima impuls dan afektor
  - e. Preceptor, penerima impuls dan efektor
3. Sistem saraf memproses dan menafsirkan input sensorik kemudian memutuskan apa yang harus dilakukan pada setiap saat merupakan fungsi ....
  - a. Fungsi sensorik
  - b. Fungsi integritas**
  - c. Fungsi motoric
  - d. Fungsi otonom
  - e. Fungsi metabolic
4. sistem dalam tubuh manusia yang bertugas untuk melakukan sekresi (memproduksi) hormon yang berfungsi untuk mengatur seluruh kegiatan organ-organ dalam tubuh manusia sesuai dengan yang dibutuhkan organ disebut sebagai system .....
  - a. system endokrin
  - b. system metabolic
  - c. system neurologi
  - d. system eksokrin
  - e. system sekresi
5. Fungsi kelenjar endokrin antara lain kecuali.....
  - a. Mensekresikan hormon yang dialirkan langsung ke dalam darah (tanpa saluran khusus/ductless) yang diperlukan sel/jaringan/organ tubuh tertentu.

- b. **Menabsorpsi hormon yang dialirkan langsung ke dalam darah (tanpa saluran khusus/ductless) yang diperlukan sel/jaringan/organ tubuh tertentu.**
  - c. Bertindak mengontrol aktivitas kelenjar tubuh
  - d. Merangsang aktivitas kelenjar tubuh
  - e. Merangsang pertumbuhan jaringan
6. Fungsi dari hipotalamus adalah, kecuali....
- a. Termoregulasi
  - b. Respon perilaku dan emosional
  - c. **Respon perilaku dan sensorik**
  - d. Koordinasi saraf otonom system
  - e. Menghasilkan berbagai hormon yang mengatur aktivitas kelenjar endokrin

## **BAB III**

### **SISTEM PEREDARAN DARAH DAN KELENJAR GETAH BENING**

#### **Pendahuluan**

Darah adalah salah satu organ tubuh manusia yang memiliki peranan yang sangat penting bagi tubuh manusia. Darah memiliki komponen berbentuk cairan seperti plasma darah dan komponen padat berupa sel-sel darah. Darah berfungsi sebagai alat transportasi atau sirkulasi berbagai zat-zat yang terdapat dalam tubuh. Secara garis besar pada bab ini disusun berdasarkan kebutuhan pemahaman dalam menerapkan ilmu keperawatan dan biomedik. Adapun topik pembahasan dalam bab ini meliputi pengertian sistem peredaran darah, anatomi fisiologi darah dan fungsinya, definisi dan fungsi getah bening, serta struktur fungsi getah bening.

#### **A. Pengertian Sistem Peredaran Darah**

Sistem peredaran darah biasa disebut sebagai sistem transportasi atau sistem sirkulasi darah. Sistem peredaran darah adalah proses pengedaran berbagai zat yang dibutuhkan ke seluruh tubuh dan pengambilan zat-zat yang tidak diperlukan (limbah metabolisme tubuh) untuk dikeluarkan dari tubuh. Fungsi dari sistem peredaran darah yaitu sebagai berikut :

1. Menyediakan oksigen ( $O_2$ ) dan sari makanan dari sistem pencernaan ke seluruh jaringan tubuh
2. Membawa atau mengangkut gas karbon dioksida ( $CO_2$ ) ke paru-paru
3. Mengembalikan sisa metabolisme ke ginjal untuk diekskresikan
4. Mendistribusikan atau menyalurkan hormon-hormon untuk mengatur fungsi sel-sel tubuh.

#### **B. Anatomi Fisiologi Darah dan Fungsinya**

##### **1. Fungsi Fisiologis Darah Bagi Tubuh**

Alat peredaran darah pada manusia terutama adalah darah. Dalam tubuh manusia darah beredar dengan bantuan alat peredaran darah yaitu jantung dan pembuluh darah. Darah memiliki tiga fungsi utama bagi tubuh yaitu sebagai berikut :

- 1) Darah sebagai alat transportasi utama tubuh manusia yang dapat mengangkut gas, nutrisi dan produk limbah metabolisme tubuh. Oksigen ( $O_2$ ) yang berasal dari paru-paru akan diangkut oleh darah dan akan disalurkan ke sel-sel tubuh. Kemudian karbon dioksida ( $CO_2$ ) yang merupakan salah satu limbah metabolisme yang tidak diperlukan oleh tubuh akan dikeluarkan dari paru-paru. Selain itu, darah juga mengangkut produk limbah lain seperti kelebihan nitrogen yang selanjutnya dibawa ke ginjal untuk dieliminasi. Darah juga mengambil nutrisi (seperti glukosa, protein, lemak, dan vitamin) dalam saluran pencernaan kemudian dibawa ke sel-sel tubuh. Darah sebagai alat

transportasi juga mengangkut hormon yang disekresikan oleh kelenjar untuk didistribusikan ke sel-sel tubuh yang membutuhkan.

- 2) Darah berperan sebagai sistem pertahanan tubuh dari adanya serangan patogen atau benda asing yang masuk ke tubuh dan juga menjaga tubuh dari kehilangan darah (pada proses pembekuan darah).
- 3) Darah berperan penting dalam menjaga kestabilan suhu tubuh atau berperan penting dalam homeostasis tubuh.

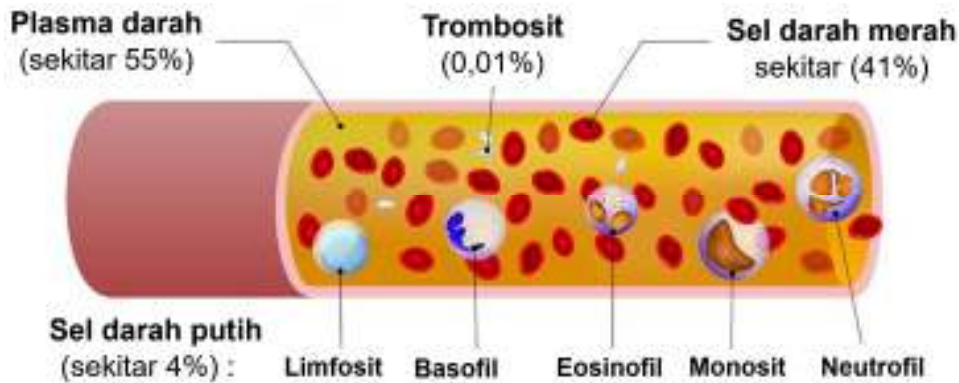
## **2. Karakteristik Darah**

Darah memiliki beberapa karakteristik utama yaitu sebagai berikut :

- 1) Warna, darah pada arteri (pembuluh nadi) berwarna merah muda karena memiliki banyak kandungan oksigen ( $O_2$ ). Hal ini berkaitan dengan Hemoglobin (Hb) yang memiliki kemampuan yang tinggi untuk berikatan dengan oksigen. Darah pada vena (pembuluh balik) berwarna merah gelap/tua karena kurang oksigen (kaya akan  $CO_2$ ) dibandingkan dengan darah arteri.
- 2) Viskositas (kekentalan), viskositas darah jauh lebih tinggi dibandingkan dengan viskositas air (sekitar 3-5 kali lebih besar daripada air).
- 3) pH (derajat keasaman), kadar pH darah normal berkisar antara 7,35 – 7,45. Apabila seseorang memiliki kadar pH kurang dari 7,35 maka menunjukkan darah yang terlalu asam dan kondisi tersebut dinamakan asidosis. Sedangkan apabila seseorang memiliki kadar pH lebih besar dari 7,45 maka menunjukkan darah yang terlalu basa dan kondisi ini dinamakan alkalosis.
- 4) Volume Darah, volume darah pada manusia mencapai 5 – 8 % dari berat badan. Volume darah total dalam tubuh manusia dewasa adalah berkisar 3,6 liter (wanita) dan 4,5 liter (pria). Bayi yang baru lahir dengan berat sekitar 2,6 – 3,6 kilogram hanya memiliki darah sekitar 0,2 liter darah dalam tubuhnya.

## **3. Komponen Darah**

Darah adalah komponen yang sifatnya esensial bagi tubuh manusia. Dalam darah terdapat dua komponen yaitu sel – sel darah dan cairan darah yang disebut dengan plasma darah yang berisi berbagai zat nutrisi serta zat lainnya. Komponen plasma darah sekitar 55% kemudian sisanya yaitu 45% adalah komponen sel – sel darah. Komponen dari sel-sel darah yang paling banyak adalah eritrosit (sel darah merah) yang jumlahnya 41%, leukosit (sel darah putih) 4%, dan trombosit (keping darah) 0,01%.



Sumber : <http://fisherbioservices.com/whole-blood-basics-how-to-maintain-a-stable-sample>.

**Gambar 1.** Komponen darah manusia

Komponen utama dari darah manusia secara rinci terdiri atas :

- a. Sel – Sel Darah
  - Eritrosit (sel darah manusia)
  - Leukosit (sel darah putih)
  - Trombosit (keping darah)
- b. Plasma Darah, merupakan komponen cairan yang berwarna kekuningan pada darah. Dalam plasma darah terdapat zat substansi yang penting bagi tubuh manusia. Substansi tersebut adalah protein albumin, globulin, faktor-faktor pembekuan darah, serta berbagai macam elektrolit natrium ( $\text{Na}^+$ ), kalium ( $\text{K}^+$ ), klorida ( $\text{Cl}^-$ ), Magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), hormon, dan lain sebagainya.

#### 4. Anatomi Fisiologi Komponen Darah

##### a. Plasma Darah

Plasma darah adalah salah satu komponen cairan pada darah. Dalam darah, plasma darah berwarna kuning pucat dan volume plasma darah mencapai 55% dari volume total. Plasma darah berperan sebagai media transportasi bagi sel – sel darah. Komponen terbesar dalam plasma darah adalah air (sekitar 90%) dan sisanya adalah protein, hormon, makromolekul lain serta ion (elektrolit).

Plasma darah mengandung kelompok protein plasma antara lain albumin, globulin, dan faktor-faktor pembekuan darah. Albumin berfungsi untuk menjaga atau mengatur tekanan osmotik dalam darah. Apabila keseimbangan albumin terganggu akan menyebabkan kerusakan pada pembuluh darah diantaranya adalah keluarnya cairan pada pembuluh darah. Globulin adalah protein yang berfungsi untuk membentuk antibodi atau immunoglobulin yang penting dalam sistem pertahanan tubuh (imunitas) dalam melawan benda asing (antigen) maupun mikroorganisme yang masuk ke dalam tubuh. Selanjutnya, apabila kadar globulin dalam plasma darah rendah maka sistem pertahanan

tubuh juga akan melemah lalu akibatnya tubuh akan lebih mudah terkena infeksi. Selain itu, faktor-faktor pembekuan darah memiliki peranan yang penting dalam proses pembekuan darah. Apabila faktor-faktor pembekuan darah mengalami defisiensi (penurunan) dalam plasma darah maka akan menimbulkan perdarahan dalam tubuh. Plasma darah juga berfungsi sebagai larutan penyangga tubuh untuk mempertahankan kondisi asam atau basa melalui kandungan ion (elektrolit) yang terkandung didalamnya.



Sumber : <https://www.coursehero.com/sg/anatomy-and-physiology/blood-composition/>

**Gambar 2.** Struktur dari plasma darah

### b. Sel darah merah (Eritrosit)

Struktur normal dari sel darah merah (eritrosit) berbentuk cakram kecil yang di bagian tengah kedua sisinya mencekung (bikonkaf). Diameter dari sel darah merah yaitu sekitar 7,5  $\mu\text{m}$ . Eritrosit mengandung hemoglobin yang dapat mengikat oksigen. Hemoglobin (Hb) juga berperan sebagai pigmen sehingga memberikan warna merah pada darah. Jumlah eritrosit dalam darah lebih banyak dibandingkan dengan sel - sel darah lainnya. Jumlah sel eritrosit normal pada laki-laki dewasa berkisar antara 4,3 – 5,6 juta/mikroliter, sedangkan pada wanita berkisar antara 3,9 – 5,1 juta/mikroliter. Adapun fungsi dari eritrosit yaitu :

- 1) Mengangkut oksigen ( $\text{O}_2$ ) dari paru-paru ke jaringan
- 2) Mengangkut karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dari jaringan ke paru-paru
- 3) Membawa hemoglobin

Eritrosit hanya memiliki membran sel tanpa adanya nukleus (tidak memiliki inti maupun organel lain). Hal tersebut menunjukkan bahwa di dalam eritrosit dipenuhi oleh hemoglobin. Hemoglobin akan terlihat berwarna kemerahan apabila berikatan dengan oksigen dan akan terlihat berwarna gelap (kebiruan) apabila mengalami deoksigenasi. Dengan demikian, darah arteri (pembuluh nadi) akan berwarna merah dan darah vena (pembuluh balik) akan terlihat kebiruan.

Eritrosit memiliki masa hidup (umur) yaitu 120 hari. Eritrosit yang sudah tua atau umurnya sudah mencapai 120 hari maka akan difagositosis oleh sel - sel fagosit di hati dan limpa. Eritrosit tidak memiliki organel lain seperti ribosom, mitokondria dan aparatis golgi. Hal tersebut menyebabkan produksi ATP atau energi hanya dihasilkan dari proses glikolisis. Selain itu, eritrosit tidak menggunakan oksigen yang diangkutnya untuk metabolisme. Eritrosit dibentuk disumsum tulang selama 7 hari. Proses pembentukan eritrosit (eritropoiesis) memerlukan beberapa komponen yaitu hormon eritropoietin dan zat-zat lain seperti asam folat, zat besi (Fe) serta vitamin B12. Adapun hormon eritropoietin diproduksi di dalam organ ginjal dan berfungsi dalam menstimulus atau merangsang pembentukan globin.



Sumber : Martini, F.H., Nath J.L., & Bartholomew E.F. (2012). *Fundamental Anatomy Physiology*. Ninth Edition. Boston: Benjamin Cumings.

**Gambar 3.** Struktur dari sel darah merah (Eritrosit)

### c. Sel darah putih (Leukosit)

Sel darah putih (leukosit) memiliki karakteristik yaitu berbentuk bulat, memiliki inti (nukleus), tidak berwarna (bening), dan bentuknya tidak tetap. Ukuran sel darah putih lebih besar daripada sel darah merah (eritrosit). Jumlah leukosit normal pada orang dewasa berkisar antara 3.500 – 10.500 per mikroliter darah ( $\text{sel}/\mu\text{L}$  darah). Jumlah leukosit normal berbeda - beda pada setiap usia. Pada bayi yang baru lahir umumnya memiliki jumlah leukosit antara 9.000-30.000 per mikroliter. Sel darah putih dibentuk di dalam sumsum tulang merah, limpa (kura), kelenjar getah bening (limfa), dan jaringan retikuloendotelium. Ada beberapa sifat yang dimiliki oleh leukosit, diantaranya yaitu amoeboid (dapat merubah bentuk), fagositosis (dapat memakan antigen terutama bakteri, virus, parasit lainnya serta diapadesis (dapat keluar masuk jaringan dan pembuluh darah).

Leukosit memiliki beberapa fungsi yaitu sebagai berikut :

- 1) Membantu sistem pertahanan tubuh terhadap invasi patogen melalui proses fagositosis
- 2) Berfungsi dalam perbaikan sel dan memfagositosis sel-sel mati



3) Memberikan mekanisme perlindungan dengan cara mengenali dan menghancurkan sel kanker yang muncul di dalam tubuh.

Adanya inti sel (nukleus) yang dimiliki oleh leukosit sehingga dikelompokkan menjadi dua bagian utama yaitu leukosit bergranula (granulosit) yang sifatnya *leukosit poly-morphonuclear* (PMN) dan leukosit tidak bergranula (agranulosit) yang sifatnya *mononuclear* (MN). Leukosit PMN memiliki inti sel yang bentuknya bervariasi sedangkan leukosit MN hanya memiliki inti sel tunggal.

Leukosit bergranula (granulosit) yang sifatnya *leukosit poly-morphonuclear* (PMN) terbagi menjadi 3 jenis yaitu :

#### 1) Neutrofil

Neutrofil adalah salah satu jenis sel leukosit yang terbanyak bersirkulasi di dalam darah. Jumlahnya sekitar 2000 – 7500 per mikroliter. Neutrofil diproduksi di dalam sumsum tulang kemudian beredar dalam pembuluh darah selama 6-10 jam. Setelah itu, neutrofil akan bermigrasi ke jaringan. Masa hidup dari neutrofil sekitar 1-2 hari. Adapun fungsi utama dari neutrofil adalah fagosit (sel pemakan). Ketika terjadi invasi oleh bakteri dalam tubuh maka neutrofil yang pertama dikerahkan ke bagian tersebut. Neutrofil bergerak secara khusus ke bagian infeksi atau tempat peradangan lalu mereka menelan, membunuh dan menghancurkan bakteri. Proses menelan bakteri disebut sebagai fagositosis.

#### 2) Eosinofil

Jumlah eosinofil dalam sirkulasi darah berjumlah sekitar 40 – 400 per mikroliter atau sekitar 2 – 5% dari sel darah putih orang sehat (tidak alergi). Eosinofil memiliki inti sel (nukleus) 2 lobus dengan sitoplasma yang dipenuhi granula berwarna kemerahan. Eosinofil dihasilkan dalam sumsum tulang lalu bersirkulasi dalam darah kemudian bermigrasi ke jaringan. Jenis leukosit ini dapat bertahan hidup selama 8 – 12 hari. Eosinofil berperan penting dalam sistem pertahanan tubuh (sistem imun) karena dapat melakukan fagositosis dan membunuh mikroorganisme. Eosinofil dapat mengeluarkan granulanya ke ekstrasel sehingga dapat merusak sel mikroorganisme terutama parasit. Selain itu, eosinofil mempunyai antihistamin melawan reaksi alergi yang timbul. Peningkatan jumlah eosinofil dalam darah disebut sebagai eosinophilia. Adanya peningkatan tersebut menunjukkan bahwa adanya infeksi parasit, alergi, dan kondisi lainnya.

#### 3) Basofil

Jumlah basofil dalam darah yaitu sekitar 0-100 per mikroliter dari seluruh sel darah putih. Jenis sel ini memiliki ukuran yang lebih kecil dari eosinofil. Basofil memiliki inti sel yang berlobus dan bagian sitoplasmanya dipenuhi dengan granula kasar berwarna ungu-biru. Basofil dihasilkan di dalam sumsum tulang dan bersirkulasi dalam peredaran darah selama beberapa

hari selanjutnya akan bermigrasi ke jaringan. Sel ini berperan penting dalam reaksi inflamasi dan alergi, terutama reaksi hipersensitivitas, serta sebagai sistem pertahanan terhadap infeksi yang disebabkan oleh parasit.

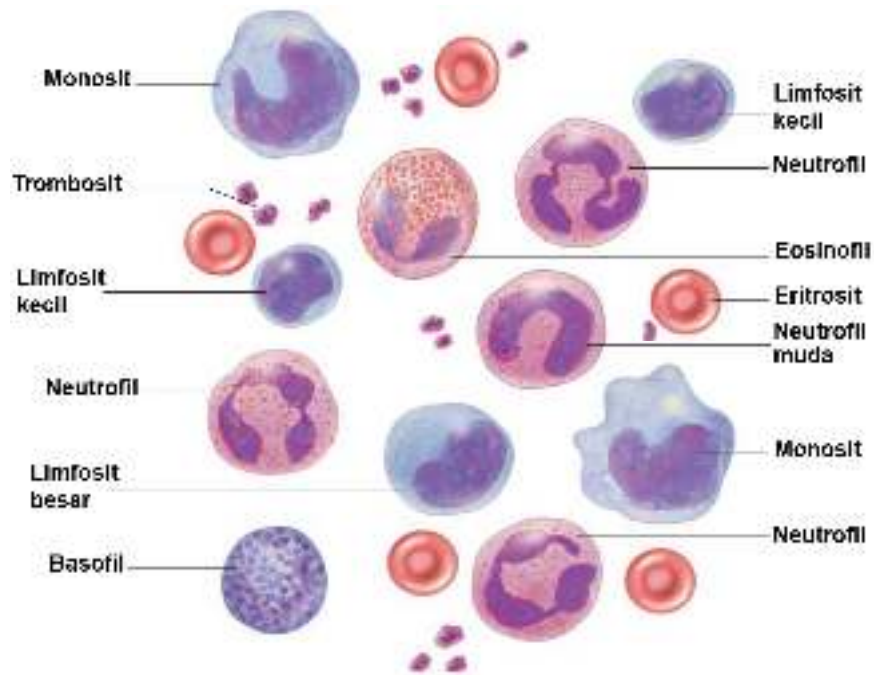
Adapun kelompok dari Leukosit agranulosit yang sifat MN yaitu sebagai berikut :

#### 1) Limfosit

Limfosit merupakan salah satu jenis leukosit urutan kedua setelah neutrofil yang banyak beredar di dalam darah. Ukuran limfosit lebih kecil dibandingkan dengan neutrofil. Bentuk limfosit ada yang besar dan ada yang kecil. Sel ini juga memiliki inti (nukleus) yang besar serta di dalam sitoplasmanya tidak terdapat granula. Limfosit dibentuk dari sel induk limfoid di dalam sumsum tulang dan kelenjar limfa. Limfosit banyak terdapat pada jaringan kelenjar getah bening, limpa, tonsil dan jaringan limfoid yang berhubungan dengan selaput lendir (membran mukosa). Sel ini akan bersirkulasi pada peredaran darah kemudian masuk pada jaringan limfoid lalu menuju ke sistem peredaran getah bening (limfa). Pada sistem peredaran limfa, limfosit akan membentuk suatu cairan bening yang dikenal sebagai getah bening. Selanjutnya getah bening akan menuju ke saluran toraks (dada) dan akan masuk dalam aliran darah. Limfosit berperan penting dalam sistem imun baik pada imunitas bawaan maupun adaptif. Sel ini dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu limfosit B (sel B), limfosit T (sel T), dan sel pembunuh alami atau *natural killer cell* (sel NK). Limfosit B berfungsi untuk menghasilkan antibodi yang dikenal dengan immunoglobulin (Ig). Limfosit B (sel B) memberikan kekebalan humoral dalam tubuh. Limfosit T (sel T) tidak menghasilkan antibodi dan berperan langsung dalam menghancurkan sasaran seperti sel tubuh yang diserang virus atau menjadi kanker. Selain itu, sel pembunuh alami (sel NK) merupakan limfosit bawaan atau bertindak sebagai sistem imun nonspesifik yang memiliki peranan penting dalam melawan sel tumor dan infeksi virus.

#### 2) Monosit

Monosit adalah salah satu jenis sel darah yang berukuran paling besar. Jenis leukosit ini paling banyak diproduksi di sumsum merah. Monosit memiliki inti yang berlobus berbentuk seperti ginjal. Protoplasma dari monosit adalah lebar dan warnanya biru abu – abu serta mempunyai bintik sedikit kemerahan. Fungsi utama dari monosit yaitu sebagai fagosit (menghancurkan benda asing, mikroorganisme, dan sel yang mati (jaringan yang rusak) melalui proses fagositosis.

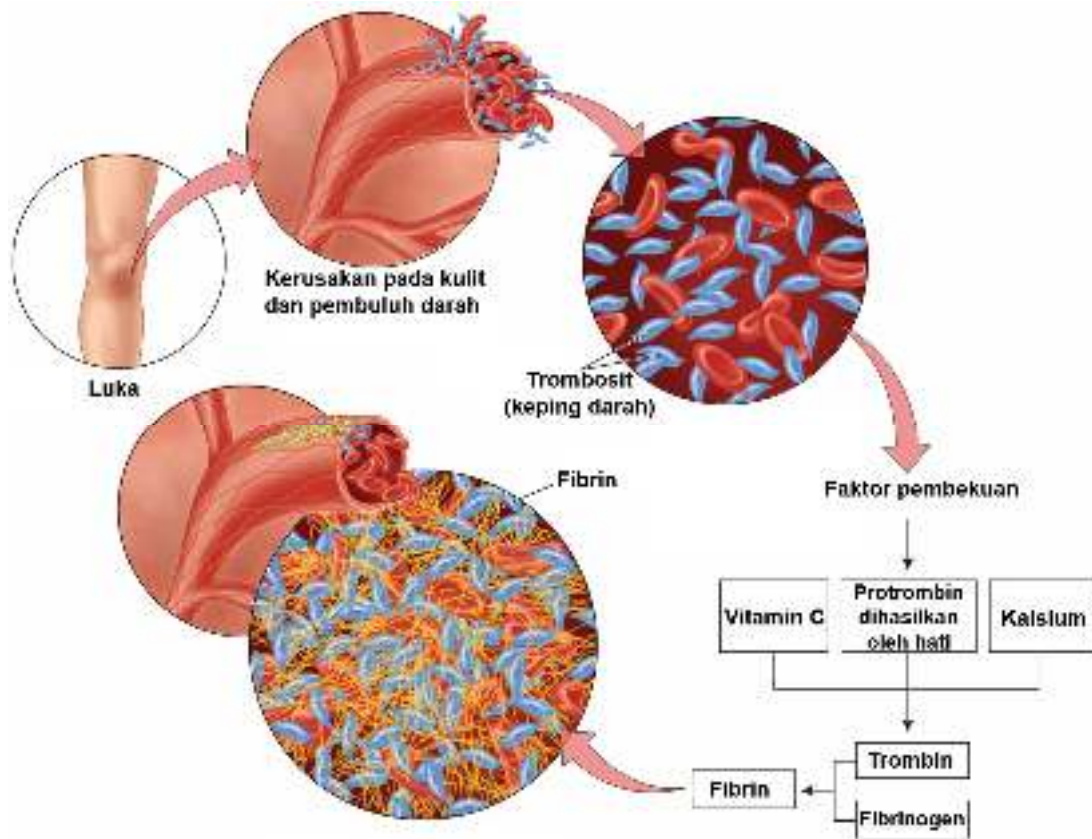


Sumber : Tortora, G. J. & Derrickson, B. (2009). Principles of Anatomy & Physiology. USA: John Wiley & Sons. Inc.

**Gambar 4.** Struktur dari sel darah putih

#### **d. Anatomi Fisiologi dari Trombosit**

Keping darah (trombosit) berbentuk seperti cakram dan tidak mempunyai inti. Masa hidup dari trombosit adalah 8 – 10 hari setelah itu akan dihancurkan oleh makrofag. Sel ini dibentuk pada fragmentasi dari megakariosit sumsum tulang. Jumlah trombosit pada keadaan normal yaitu sekitar 250.000 per mililiter darah (kisaran 150.000 – 350.000/mm<sup>3</sup>). Fungsinya untuk membantu pembekuan darah (koagulasi) dan homeostasis. Homeostasis adalah kemampuan tubuh mempertahankan agar darah tetap dalam bentuk cair.



Sumber : [https://ebrary.net/132145/health/blood\\_clotting\\_coagulation\\_cascade](https://ebrary.net/132145/health/blood_clotting_coagulation_cascade)

**Gambar 5.** Skema proses pembekuan darah

Mekanisme koagulasi pada darah terjadi ketika pembuluh darah rusak atau ada luka, maka trombosit akan mulai bereaksi. Pada luka tersebut, darah akan keluar dan trombosit akan menempel pada dinding daerah yang luka untuk membentuk sumbatan agar darah tidak keluar. Selain itu, trombosit akan mengeluarkan enzim trombokinase (zat antihemofilia). Enzim tersebut merangsang terbentuknya protrombin. Protrombin adalah sejenis glikoprotein yang dibentuk oleh hati dan disimpan di organ hati. Selanjutnya, ion kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) dan vitamin K akan mengubah protrombin menjadi trombin. Trombin adalah faktor koagulasi yang akan mengubah fibrinogen menjadi helai-helai fibrin. Fibrin bekerja dengan cara menempel pada trombosit dan membuat jaring yang akan membendung darah sehingga luka menutup.

### C. Definisi dan Fungsi Getah Bening

Darah bersirkulasi di dalam tubuh melalui pembuluh darah. Selain darah, ada suatu cairan yang mengalir di seluruh jaringan tubuh yang dinamakan getah bening atau limfa. Getah bening merupakan kelenjar tanpa saluran dan dialirkan melalui sistem peredaran getah bening (limfa). Sistem peredaran limfa memiliki hubungan yang erat dengan sistem peredaran darah sehingga keduanya penting dalam sistem transportasi dalam tubuh manusia.

Getah bening berwarna jernih kekuning - kuningan menyerupai susu. Cairan tersebut disebabkan karena adanya kandungan lemak dan zat utama yang diangkut oleh limfa adalah lemak (asam lemak dan gliserol). Selain kandungan tersebut juga mengandung protein dan air yang jumlahnya berbeda pada plasma darah. Kadar protein pada getah bening lebih rendah dan kadar air jauh lebih besar. Getah bening dialirkan melalui pembuluh limfa dan tidak selalu berada di dalam pembuluh limfa sehingga disebut sebagai peredaran darah terbuka. Sirkulasi getah bening tidak dipompa oleh jantung seperti pada peredaran darah, tetapi melalui kontraksi pada otot rangka.

Getah bening atau limfa berfungsi dalam mengalirkan cairan interstitial, mengangkut lemak dari makanan serta berperan dalam sistem pertahanan tubuh (sistem imunitas). Cairan interstitial adalah cairan yang mengelilingi sel dan termasuk cairan yang terkandung di antara rongga tubuh. Dalam getah bening banyak tersusun oleh limfosit dan hal ini berbeda pada darah yang tersusun atas sel darah merah (eritrosit), sel darah putih (leukosit) dan keping darah (trombosit).

#### **D. Struktur Fungsi Getah Bening**

Manusia memiliki sistem peredaran darah dan sistem peredaran getah bening (limfa). Kedua sistem tersebut berperan penting dalam transportasi seluruh zat atau komponen lain dalam tubuh. Sistem limfa terdiri dari cairan limfa, pembuluh limfa, dan kelenjar limfa.

##### **1. Cairan Limfa**

Cairan limfa ini mengandung sel – sel darah putih (leukosit) yang berfungsi untuk melawan mikroorganisme atau antigen yang dapat menyebabkan infeksi (penyakit). Cairan ini keluar dari pembuluh darah dan mengisi ruang antarsel sehingga membasahi semua jaringan tubuh.

##### **2. Pembuluh Limfa**

Pembuluh limfa atau pembuluh getah bening merupakan bagian dari sistem peredaran limfa. Pembuluh limfa berfungsi dalam menjaga keseimbangan cairan tubuh, menyerap lemak dari saluran pencernaan dan mengembalikannya ke dalam sirkulasi darah dan memberikan perlindungan atau pertahanan terhadap infeksi mikroorganisme. Pembuluh ini berbeda dengan pembuluh darah yang mengedarkan darah dengan sistem peredaran darah tertutup, tetapi pembuluh limfa ini membawa cairan dalam satu arah. Pembuluh limfa terletak di sela-sela otot, memiliki cabang-cabang halus, dan bagian ujungnya terbuka. Melalui bagian ujung tersebut, cairan tubuh masuk ke dalam pembuluh limfa. Pembuluh limfa terbagi menjadi dua jenis yaitu :

###### **a. Pembuluh limfa kanan**

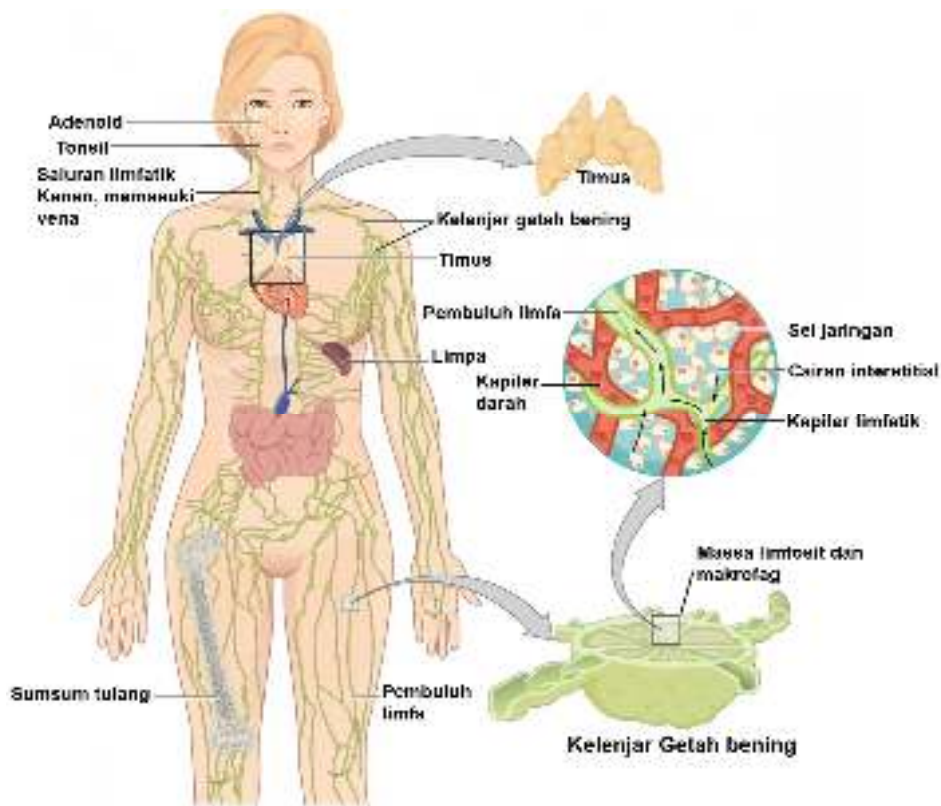
Pembuluh ini berfungsi untuk menampung cairan limfa yang berasal dari daerah kepala, leher bagian kanan, dada kanan, dan lengan kanan. Jenis pembuluh ini berakhir pada vena (pembuluh balik) yang berada di bawah bagian selangka kanan.

###### **b. Pembuluh limfa kiri**

Pembuluh ini berfungsi untuk menampung getah bening yang berasal dari daerah kepala, leher kiri, dada kiri, dan lengan kiri serta tubuh bagian bawah. Jenis pembuluh ini berakhir pada vena (pembuluh balik) di bawah bagian selangka kiri.

### 3. Kelenjar Limfa

Kelenjar getah bening (limfa) atau disebut juga sebagai nodus limfa merupakan struktur kecil yang berbentuk seperti kacang dengan ukuran kurang dari 2,5 cm. Kelenjar ini berperan dalam menghasilkan sel darah putih dan menyaring cairan getah bening sebelum dikembalikan ke aliran darah. Kelenjar ini dapat ditemukan dalam leher, toraks, abdomen, dan lipatan paha. Selain itu, juga terdapat organ lain yang berhubungan dengan sistem getah bening yaitu limpa dan tonsil. Limpa adalah sebuah kelenjar yang terletak di rongga perut kiri atas dan tepat di bawah diafragma. Limfa berwarna ungu tua dan merupakan organ terbesar pada sistem getah bening. Limpa menghasilkan limfosit sehingga berperan penting dalam pertahanan tubuh terhadap penyakit dan sebagai tempat pembongkaran sel darah merah yang sudah mati. Selain itu, tonsil adalah salah satu jaringan pada sistem getah bening. Tonsil terletak tepat dibawah selaput lendir yang melapisi hidung, mulut, dan tenggorokan (faring). Tonsil berfungsi untuk mencegah terjadinya infeksi yang disebabkan oleh mikroorganisme yang masuk melalui hidung, mulut, dan tenggorokan.



Sumber : <https://www.coursehero.com/study-guides/ap2/anatomy-of-the-lymphatic-and-immune-systems/>

**Gambar 5.** Sistem peredaran getah bening (limfa)

## **PENUGASAN DAN EVALUASI**

1. Apa saja komponen – komponen pada darah?
2. Protein plasma darah memiliki tiga bagian utama. Sebutkan dan jelaskan ketiga bagian tersebut?
3. Sebutkan proses dan komponen yang terlibat dalam proses pembekuan darah?
4. Sebutkan dan jelaskan fungsi darah bagi tubuh manusia?
5. Jelaskan fungsi dari sel darah merah (eritrosit)?
6. Jelaskan fungsi dari sel darah putih (leukosit)?
7. Apa saja jenis-jenis dari sel darah putih (leukosit)? Jelaskan!
8. Apakah fungsi utama dari getah bening?
9. Apakah yang dimaksud dengan getah bening?
10. Jelaskan hubungan antara sistem peredaran darah dan sistem peredaran getah bening (limfa)?

## **BAB IV**

### **SISTEM KARDIOVASKULER DAN SISTEM PERNAFASAN**

#### **Struktur Sistem Kardiovaskuler**

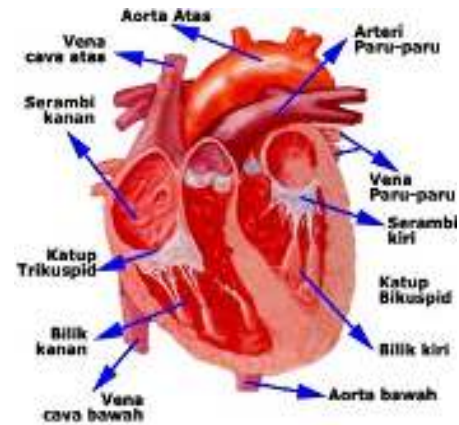
System kardiovaskuler merupakan suatu system yang memberikan gambaran tentang proses sirkulasi yang terjadi pada organ tubuh manusia, proses sirkulasi yang baik dapat terlihat pada komponen yang di dalamnya berproses dengan baik dimana besar jantung pada orang dewasa yaitu antara 250 – 360 gram (Syarifudin, 2006; Yudha, 2017) yang terletak pada rongga mediastinum medialis sebelah kiri, belakang sternum, depan tulang belakang, dan atas diafragma serta dikelilingi oleh paru kanan dan kiri. Struktur sistem kardiovaskuler terdiri atas organ jantung dan pembuluh darah yang bertanggung jawab untuk menyalurkan darah dan zat lain yang dikandungnya ke seluruh tubuh. Menurut (Gonce, 2013), bahwa struktur jantung terdiri atas lurik otot, pola ultra yang strukturnya mirip dengan lurik otot, yang jika dilihat secara mikroskopik maka akan nampak jelas suatu sel bercabang yang saling berhubungan bebas dan membentuk jaringan kompleks 3 dimensi.

Demi menjaga supaya darah dapat mencapai seluruh bagian organ tubuh secara konsisten maka jantung harus tetap selalu berdenyut. Menurut (Manembu et al., 2015) Denyut jantung diatur oleh sistem saraf otonom (SSO) tanpa kendali sehingga tidak dapat diatur sekehendak atau menurut kemauan kita. Pada sistem kardiovaskuler, darah ditransportasikan di dalam jantung dan pembuluh darah sehingga kadang juga disebut sebagai system tertutup. Pembuluh darah dikelompokkan menjadi 2 yaitu pembuluh darah arteri dimana pembuluh darah meninggalkan jantung, dan pembuluh vena dimana pembuluh darah ini mengalir menuju jantung. Berdasarkan ukurannya, pembuluh darah dibagi menjadi beberapa kelompok yaitu pembuluh darah besar (*aorta, arteri iliaca communis, vena cava superior, vena cava inferior*), pembuluh darah sedang (*arteri tibialis, arteri radialis*) dan pembuluh darah kecil (*arteriole, venule*). Pada pembuluh darah kecil terdapat pembuluh kapiler yang menghubungkan bagian pembuluh darah arteri dan vena yang memiliki struktur histologis tertentu.

Jantung terletak dibagian sisi kiri pada rongga dada (*thorax*). Organ jantung terdiri dari otot jantung (*miokardium*) dan lapisan luar jantung yang dilapisi *pericardium* (Jones, 2008). Jantung tersusun atas 4 ruang yang terpisahkan oleh sekat-sekat yaitu bilik kanan dan kiri, serta serambi kanan



dan kiri. Menurut (Rilantono et al., 2004) bahwa terpisahnya bagian-bagian ini merupakan hal yang penting karena pada jantung kanan sebagiannya menerima dan juga memompa darah yang mengandung oksigen rendah sebaliknya jantung kiri mengandung oksigen tinggi. Sekat interventrikuler dan atriventrikuler membentuk ventrikel kiri ruang jantung. Pada sekat *atrioventrikuler* terdapat dua buah katup jantung, yaitu katup *trikuspidalis* (3 lempengan katup) dan katup *bicuspidalis* (2 lempengan katup). Ventrikel kanan dan Ventrikel kiri memiliki ukuran yang sama demikian halnya dengan Atrium kanan dan Atrium kiri. Pada bagian ventrikel dibatasi oleh otot jantung dan sekat *interventrikuler* sedangkan bagian Atrium dibatasi oleh otot jantung dan sekat tipis. Ke empat ruang jantung dilapisi oleh beberapa lapisan yaitu lapisan *endotel*, *endocardium*, *myocardium* dan *pericardium (visceral dan parietal)*.



**Gambar 4.1.** Struktur Jantung (<https://jovee.id>)

Katup jantung terdiri atas jaringan ikat fibrosa yang pada kedua sisinya dilapisi *endotel*. Darah mengalir di dalam jantung dari sisi kanan ke sisi kiri melalui satu arah (Daso, 2015), hal ini dikarenakan oleh adanya katup-katup untuk mencegah aliran darah balik. Darah akan mengalir dari Atrium kanan ke ventrikel kanan yang mengandung oksigen rendah dan mengandung  $CO_2$  tinggi. Setelah itu darah mengalir melalui arteri *pulmonalis* ke paru untuk oksigenasi, kemudian Kembali ke Atrium kiri melalui vena *pulmonalis* yang kaya oksigen, selanjutnya mengalir ke ventrikel kiri dan diteruskan ke seluruh tubuh melalui aorta.

### **Fungsi Sistem Kardiovaskuler**

Beberapa fungsi sistem kardiovaskuler diantaranya : (1) Mengangkut zat-zat yang dibutuhkan oleh sel seperti oksigen, glukosa, serta membawa bahan sisa seperti  $CO_2$ , dan urea untuk dibuang; (2) Meyampaikan hormon ke organ target, serta berperan dalam regulasi suhu; dan (3) Berperan dalam sistem imunitas tubuh dan pembekuan darah (Feriawati, 2011). Setiap bagian pada jantung saling bekerja sama demi memenuhi tugasnya untuk mengalirkan sekitar 14.000 liter darah setiap harinya (Anlene, 2021). Berikut penjelasan fungsi-fungsi jantung.

### Perikardium

Jantung selalu berdenyut sehingga berpotensi besar saling bergesekan dengan organ-organ lainnya. Oleh karena itu, selain sebagai penyangga jantung, perikardium dibutuhkan untuk meminimalisir gesekan tersebut dengan menghasilkan cairan yang disebut serous untuk melumasi jantung.

### Bilik

Salah satu bagian jantung adalah bilik (bilik kanan dan bilik kiri), yang terletak di sisi bagian bawah jantung. Fungsinya adalah memompa darah bersih yang berasal dari jantung ke paru-paru (oleh bilik kanan) dan ke seluruh bagian tubuh (oleh bilik kiri).

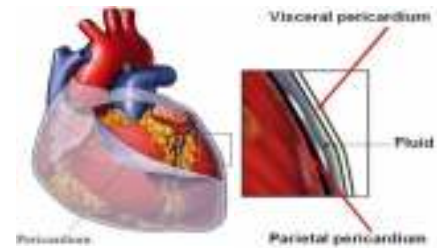
### Serambi

Atrium (Serambi jantung) terletak pada jantung bagian atas. Fungsinya adalah untuk menerima darah kotor yang berasal dari seluruh tubuh (fungsi serambi kanan) dan menerima darah kotor yang berasal dari paru-paru (fungsi serambi kiri) yang dibawa melalui pembuluh darah.

### Katup

Di dalam jantung, terdapat 4 katup yang berfungsi untuk menjaga aliran darah agar mengalir ke satu arah. Katup trikuspid mengatur aliran darah yang mengalir dari serambi kanan ke bilik kanan. Katup pulmonal mengatur aliran darah dari bilik kanan ke arteri pulmonalis. Katup mitral mengatur aliran darah yang kaya oksigen dari paru-paru ke serambi kiri kemudian ke bilik kiri. Katup aorta mengatur darah yang kaya oksigen dari bilik kiri ke aorta.

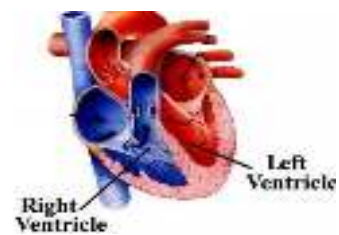
### Otot Jantung



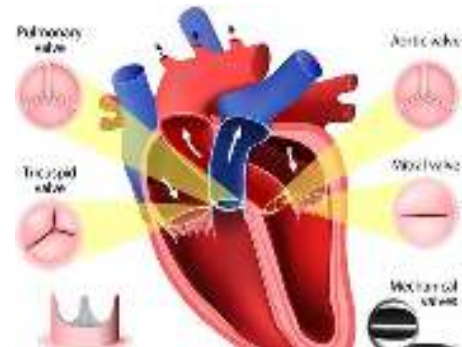
**Gambar 4. 2.** Perikardium  
(<https://sainsma.com>)



**Gambar 4. 3.** Bilik  
(<https://popmama.com>)



**Gambar 4. 4.** Serambi  
(<https://popmama.com>)



**Gambar 4. 5.** Katup  
(<http://klikdokter.com>)

Otot jantung berperan penting ketika memompa darah ke paru-paru dan bagian tubuh. Otot jantung sendiri memiliki bentuk silindris dengan garis terang dan gelap. Pada saat menjalankan fungsinya, otot jantung memiliki dua siklus, yakni sistol yang merupakan siklus pada saat otot jantung berkontaksi untuk memompa darah dan diastole, dimana kondisi ketika otot jantung rileks selama proses darah masuk ke jantung.

#### Pembuluh Darah

Menurut (Widyananda, 2020) Ada tiga pembuluh darah yang utama di jantung yaitu:

- Arteri yang berfungsi untuk membawa darah kaya oksigen dari jantung ke seluruh tubuh.
- Vena berfungsi untuk membawa darah miskin oksigen dari seluruh tubuh untuk Kembali ke jantung.
- Pembuluh kapiler berfungsi sebagai penghubung antara arteri kecil dengan vena kecil.

#### **Struktur dan Fungsi Pernapasan Manusia**

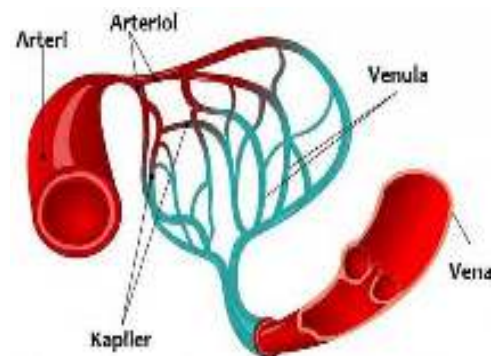
Sistem pernapasan berperan penting dalam proses pertukaran gas demi kelangsungan hidup manusia. Penumpukan bahan kimia berbahaya disebabkan oleh terganggunya fungsi organ pernapasan. Selain itu, untuk bertahan hidup, manusia membutuhkan oksigen dari lingkungannya. Tanpa sistem pernapasan, tidak akan ada cara untuk mendapatkan elemen yang diperlukan dan membuang yang tidak diinginkan sebagai produk metabolik (system respirasi) (Ridwan, 2017).

Beberapa struktur dasar dari sistem pernapasan yaitu sinus, hidung, mulut, tenggorokan, dan batang tenggorokan. Juga termasuk tabung bronkial, lobus, pleura, silia, dan lendir. Selain itu, paru-paru, pembuluh paru, diafragma, tulang rusuk, dan alveoli sebagai bagian dari struktur sistem pernapasan yang tidak boleh dikesampingkan.

#### Hidung



**Gambar 4. 6.** Otot Jantung (<https://hellosehat.com>)



**Gambar 4. 7.** Pembulu Darah (<https://harapanrakyat.com>)

Struktur :

- Terdiri atas dua lubang hidung yang dipisahkan oleh septum, terdiri dari tulang rawan (eksternal). Kedua lubang hidung membuka ke ruang hidung (internal);
- Terdapat rambut (silia) dibagian bawah serabut pembau;
- Dilengkapi dengan selaput lendir berupa cairan dan serabut olfaktori serta serabut saraf ke otak.



**Gambar 4.8.** Anatomi Hidung (<https://berpendidikan.com> )

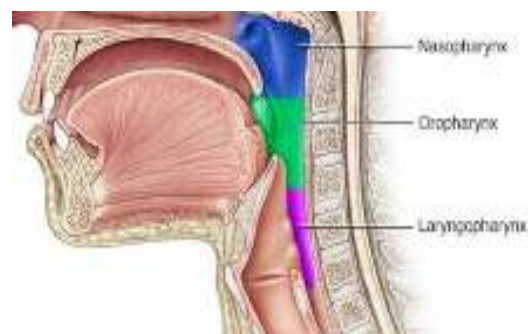
Fungsi :

- Udara melewati lubang hidung lalu ke ruang hidung;
- Rambut pada dinding bagian dalam lubang hidung berfungsi untuk mencegah partikel debu dan partikel lain masuk ke dalam ruang hidung.
- Pada bilik hidung disertakan dengan pembuluh darah, sehingga menghangatkan udara yang menuju ke organ sistem pernapasan.
- Lapisan lendir mencegah bakteri dan mikroorganisme lain untuk melangkah lebih jauh ke dalam tubuh manusia.
- Saraf olfaktori pada hidung berfungsi untuk menerima rangsangan udara dari luar untuk kemudian mengirimkan impuls ke otak.
- Saraf olfaktori juga berfungsi untuk menerima aroma yang dihasilkan dari makanan atau minuman, dan membantu kita merasakan makanan.

### Faring

Struktur :

- *Nasofaring* merupakan titik masuknya nutrisi yang terletak antara *hyoid* dan langit-langit lunak;
- Dinding anterior *orofaring* dibuat oleh pangkal lidah. Amandel palatina terdapat disepanjang dinding lateral posterior sedangkan amandel lingual di sepanjang pangkal lidah.
- Wilayah faring terendah terdapat pada tulang *hyoid* ke kerongkongan dan laring, yang disebut *laringofaring*. Sistem pencernaan dan pernapasan menjadi dua sistem yang terpisah di daerah bawah *laringofaring*.



**Gambar 4.9.** Anatomi Faring (<https://dosenpendidikan.co.id> )

Fungsi :

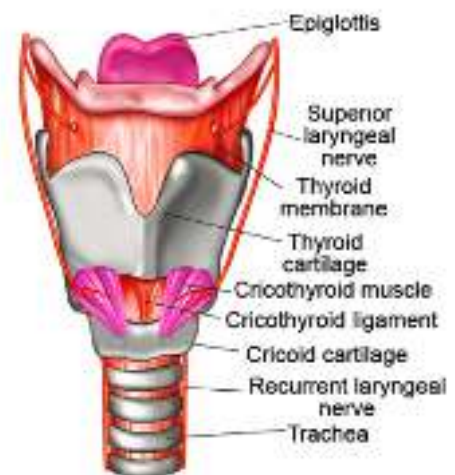
- Menjadi jalur agar udara dari hidung melewati laring dan trakea dapat mencapai bagian paru-paru;
- Mencegah benda padat dan cair tidak masuk ke system pernapasan dan sebaliknya agar udara tidak masuk ke system pencernaan udara;
- Membantu menjaga keseimbangan tekanan udara pada gendang telinga.

### Laring

Laring berisi pita suara, yang menciptakan suara sehingga kerap disebut pita suara. Menurut (Suárez-Quintanilla et al., 2021), laring terdiri dari Sembilan tulang rawan yaitu tulang rawan tidak berpasangan dan tulang rawan berpasangan.

Struktur :

- *Tiroid* yang membentuk laring yang memiliki bentuk menonjol terutama pada laki-laki;
- *Krikoid* yang berbentuk cincin dan mengelilingi trakea;
- *Epiglottis* berbentuk daun yang elastis;
- *Arytenoid* yang berbentuk piramida dan menempel pada krikoid;
- *Corniculate* yang berbentuk kerucut dan terhubung dengan apeks arytenoid;
- Tulang rawan runcing yang berbentuk seperti baji.



Gambar 4.10. Anatomi Laring (<https://kabarkan.com>)

Fungsi :

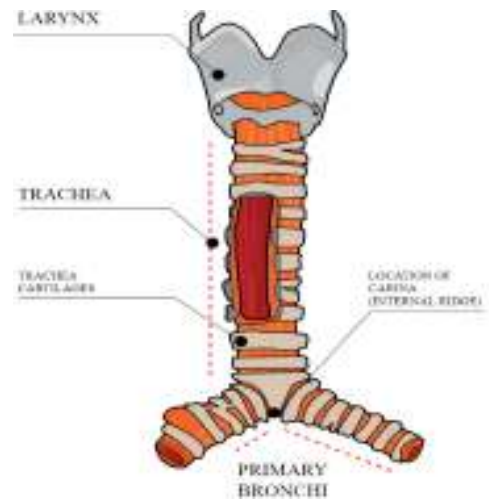
- Melindungi dan Membantu menggerakkan pita suara sehingga kita bisa berbicara, mengubah nada suara, dan mengubah volume suara;
- Tempat tersambungnya ligament, tulang rawan, otot dan memfasilitasi pembukaan serta penutupan saluran udara dan produksi suara.
- Mencegah masuknya partikel makanan atau minuman ke dalam laring;

### Trakea

Struktur :



- Trakea tersusun atas sel epitel silindris bersilia dengan sel goblet;
- Trakea dan esofagus bertemu pada tulang rawan pada bagian posterior;
- Lapisan terluar disusun oleh jaringan ikat, juga ditemukan saraf, pembuluh darah dan jaringan lemak.



**Gambar 4.11.** Trakea (<https://id.wikipedia.org>)

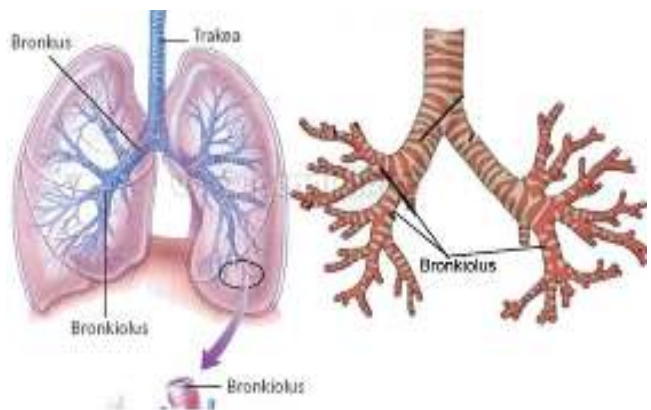
Fungsi :

- Merupakan saluran keluar-masuknya udara dari paru-paru;
- Melembabkan dan menghangatkan udara yang masuk ke paru-paru;
- Lapisan epitel dalam trakea menghasilkan lendir yang mampu menangkap debu dan partikel kecil. Sel epitel terdiri dari sel *bersilia*, sel *serous*, sel *goblet*, sel *clara*, sel *basal*, sel *brush*, dan sel *pulmonary neuroendocrine* (Paramita & Juniati, 2016).

### Bronkus

Struktur :

- Jenis epitel silindris bersilia merupakan epitel yang menyusun bronkus yang dapat menghasilkan lendir atau mucus;
- Salah satu lapisan jaringan ikat dan lapisan yang berada di dalamnya sel-sel limfosit yang telah terkait dengan system pertahanan tubuh yang dinamakan lamina propia;
- Otot polos merupakan jaringan otot yang menyusun bronkus.



**Gambar 4.12.** Anatomi Bronkus (<https://saintif.com>)

Fungsi :

- Melembabkan udara pernapasan;
- Menyaring udara pernapasan;
- Menangkap kotoran yang masuk bersama udara pernapasan;
- Penghubung trankea dan juga paru-paru

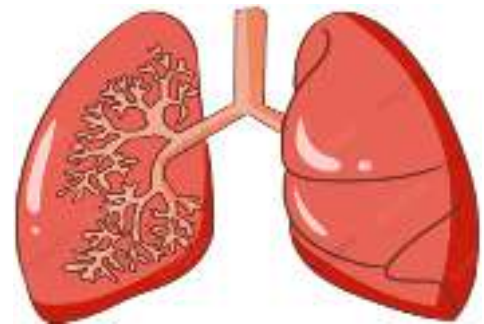
- Tempat untuk menyalurkan karbondioksida dari dalam tubuh keluar tubuh;
- Menyalurkan oksigen yang berasal dari lingkungan masuk ke tubuh;
- Tempat untuk menopang paru-paru.

### Paru-paru

Paru-paru kiri orang dewasa memiliki berat sekitar 325 – 550 gram, dan yang kanan sekitar 375 – 600 gram.

Struktur:

- Paru-paru kiri terdiri atas dua lobus, jantung berada dalam alur (takik jantung) yang terletak di lobus bawah;
- Paru-paru kanan memiliki tiga lobus;
- Paru-paru dipisahkan oleh area yang disebut mediastinum yang berisi jantung, trakea, esofagus, dan kelenjar getah bening;
- Paru-paru ditutupi oleh selaput pelindung yang dikenal sebagai pleura dan dipisahkan dari rongga perut oleh diafragma otot.



**Gambar 4. 13.** Paru-Paru  
(<https://id.pinterest.com> )

Fungsi :

- Mengolah udara yang diperoleh dari lingkungan atau atmosfer agar dapat dengan cukup baik masuk ke dalam aliran darah kemudian paru-paru bertanggung jawab untuk menambahkan oksigen dan mengeluarkan karbondioksida dari darah;
- Di dalam paru-paru, oksigen ditukar dengan limbah karbondioksida melalui proses respirasi eksternal. Oksigen yang dihirup berdifusi dari alveoli ke kapiler paru yang mengelilinginya.

## Mekanisme Pernapasan

Proses pernapasan terdiri atas proses ekspirasi atau udara keluar dari paru-paru dan inspirasi atau udara masuk ke dalam paru-paru. Pada saat proses ekspirasi otot antar tulang rusuk mengalami relaksasi (Kembali ke posisi semula), sehingga tekanan pada rongga dada membesar dan volumenya mengecil yang menyebabkan udara dalam rongga paru-paru terdorong keluar. Pada saat proses inspirasi otot antar tulang rusuk berkontraksi dan terangkat sehingga tekanan rongga dada lebih kecil dari tekanan udara luar dan volumenya bertambah yang mengakibatkan udara mengalir dari luar ke dalam paru-paru (Wijayanto & Joko, 2011).



**Gambar 4. 14.** Mekanisme Pernapasan (<https://pelajaran.co.id>)

Pada mulanya, udara yang kita hirup masuk melalui rongga hidung kemudian melewati tekak dan pangkal tenggorok lalu ke tenggorokan. Tenggorok berbentuk pipa yang kuat yang terletak pada kerongkongan bagian depan, melalui leher hingga rongga dada atas. Dinding tenggorok dikokohkan oleh cincin rawan yang terletak pada bagian belakang. Dalam rongga dada, tenggorok bercabang dua (kiri dan kanan) yang masing-masing memasuki paru-paru (kanan dan kiri).

Pada cabang tenggorok terdapat ranting-ranting seperti pada pohon. Pada ranting-ranting terakhir akan ditemukan (menggunakan mikroskop) gelembung paru yang amat kecil dan dinding yang tipis. Pada dinding tenggorok mengalir darah lewat pembuluh kapiler yang menyebabkan pertukaran gas dalam darah ke udara mudah terjadi dan demikian sebaliknya. Darah tersebut akan mengambil oksigen kemudian mengeluarkan karbondioksida.

Antara permukaan paru-paru terdapat celah yang sempit yang berisikan sedikit cairan. Paru-paru kanan lebih besar dari paru-paru kiri yang disebabkan oleh letak jantung tidak tepat ditengah-tengah rongga dada akan tetapi agak ke kiri. Isi rongga dada akan membesar karena pengaruh otot pengangkatan iga-iga serta akibat kontraksi sekat rongga badan yang agak melengkung ke atas sehingga udara terhirup melalui saluran pernapasan tersebut. Penyempitan pada rongga dada akan terjadi Kembali ketika terjadi kekenyalan pada dinding dada dan dinding paru-paru yang disebabkan oleh tidak bekerjanya tenaga-tenaga yang melapangkan dada. Proses tersebut terjadi Ketika kita melakukan pernapasan (menghembuskan nafas).



# BAB V

## SISTEM PENCERNAAN DAN SISTEM PERKEMIHAN

### SISTEM PENCERNAAN

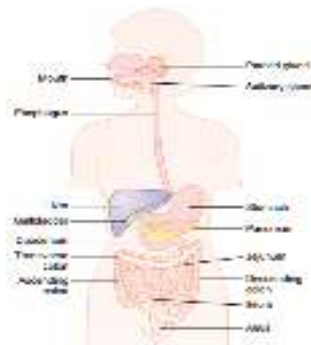
Pengertian dan fungsi sistem Pencernaan

Sistem pencernaan terdiri dari saluran pencernaan (alimenter), yaitu tuba muskular panjang yang membentang dari mulut sampai ke anus, dan organ-organ aksesoris, seperti gigi, lidah, kelenjar saliva, hati, kantung empedu, dan pankreas. Saluran pencernaan yang terletak di bawah area diafragma disebut saluran gastrointestinal (GI)

#### Fungsi Sistem Pencernaan

Fungsi utama sistem ini adalah untuk menyediakan makanan, air, dan elektrolit bagi tubuh dari nutrisi yang dicerna sehingga siap diabsorpsi. Pencernaan berlangsung secara mekanik dan kimia, dan meliputi proses-proses berikut:

1. Ingesti adalah masuknya makanan ke dalam mulut.
2. Pemotongan dan penggilingan makanan dilakukan secara mekanik oleh gigi. Makanan kemudian bercampur dengan saliva sebelum ditelan (menelan).
3. Peristalsis adalah gelombang kontraksi otot polos involunter yang menggerakkan makanan tertelan melalui saluran pencernaan.
4. Digesti adalah hidrolisis kimia (penguraian) molekul besar menjadi molekul kecil sehingga absorpsi dapat berlangsung.
5. Absorpsi adalah pergerakan produk akhir pencernaan dari lumen saluran pencernaan ke dalam sirkulasi darah dan limfatik sehingga dapat digunakan oleh sel tubuh.
6. Egesti (defekasi) adalah proses eliminasi zat-zat sisa yang tidak tercerna, juga bakteri, dalam bentuk feses dari saluran pencernaan.



Gambar I Sistem Pencernaan

#### Anatomi Sistem Pencernaan

Saluran pencernaan terdiri dari mulut, tenggorokan (faring), kerongkongan, lambung, usus halus,



dalam rongga mulut yaitu: 1. *Glandula labialis*, 2. *Glandula Buccalis*. 3. *Glandula Molaris* 4. *Glandula Palatina*. 5. *Glandula Lingualis*. Terdapat 3 pasang kelenjar ludah yaitu: *Glandula Parotis* merupakan kelenjar terbesar yang terdapat dalam mulut dan mempunyai saluran yang disebut Stensen, *glandula Sub Maxilaris* merupakan kelenjar terbesar ke dua dengan salurannya disebut Wharton, dan *glandula Sub Lingualis* yaitu kelenjar terkecil yang merupakan kumpulan kelenjar dengan dua saluran.

### **Komposisi saliva.**

Saliva terutama terdiri dari sekresi serosa, yaitu 98% dan mengandung enzim amilase serta berbagai jenis ion (natrium, klorida, bikarbonat, dan kalium), juga sekresi mukus yang lebih kental dan lebih sedikit yang mengandung glikoprotein (musin), ion, dan air.

### **Fungsi saliva :**

1. Saliva melarutkan makanan secara kimia untuk pengecapan rasa.
2. Saliva melembabkan dan melumasi makanan sehingga dapat ditelan.
3. Amilase pada saliva mengurai zat tepung menjadi polisakarida dan maltosa, disakarida.
4. Zat buangan seperti asam urat dan urea, serta berbagai zat lain seperti obat, virus, dan logam, diekskresi ke dalam saliva.
5. Zat anti bakteri dan antibodi dalam saliva berfungsi untuk membersihkan rongga oral dan membantu memelihara kesehatan oral serta mencegah kerusakan gigi.

### **Gigi**

Gigi melekat pada alveoli atau rongga pangkal gigi dari mandibula dan maksila. Manusia memiliki 2 susunan gigi: gigi primer (desiduous, gigi susu) dan gigi sekunder (permanen).

1. Gigi primer dalam setengah lekung gigi (dimulai dari ruang di antara dua gigi depan) terdiri dari, dua gigi seri, satu taring, dua geraham (molar), untuk total keseluruhan 20 gigi.
2. Gigi sekunder mulai keluar pada usia lima sampai enam tahun. Setengah dari lengkung gigi terdiri dari dua gigi seri, satu taring, dua premolar (bikuspid), dan tiga geraham (trikuspid), untuk total keseluruhan 32 buah. Geraham ketiga disebut “gigi bungsu”.

Makanan dipotong-potong oleh gigi depan (incisivus) dan di kunyah oleh gigi belakang (molar, geraham), menjadi bagian-bagian kecil yang lebih mudah dicerna. Ludah dari kelenjar ludah akan membungkus bagian-bagian dari makanan tersebut dengan enzim-enzim pencernaan dan mulai mencernanya. Ludah juga mengandung antibodi dan enzim (misalnya lisozim), yang memecah protein dan menyerang bakteri secara langsung. Proses menelan dimulai secara sadar dan berlanjut secara otomatis.

### **Tenggorokan (faring)**

Merupakan penghubung antara rongga mulut dan kerongkongan. Berasal dari bahasa Yunani yaitu

*Pharynx*. Terdiri dari 3 bagian yaitu :

1. *Pars Nasalis* bagian yang sejajar dengan hidung. Pada bagian ini terdapat *Tonsila Pharyngea* yang pada anak kecil disebut Amandel.
2. *Pars Oralis* yaitu bagian sejajar dengan mulut, dibagian samping terdapat *Tonsila Palatina* berperan penting mencegah masuknya kuman melalui mulut.
3. *Pars Laringea*, disebelah depannya terdapat *Epiglottis* yang berfungsi menutup laring pada waktu menelan.

Menelan (*Deglutisi*). dibagi menjadi tiga fase:

- a. Fase *bukal* terjadi secara sadar di dalam mulut
- b. Fase *faring* terjadi secara tidak sadar ketika makanan memasuki faring,
- c. Fase *esofagus* terjadi secara tidak sadar di dalam esofagus.

### **Esofagus**

Esofagus adalah tuba muskular, panjangnya sekitar 9 sampai 10 inci (25 cm) dan berdiameter 1 inci (2,54 cm). Esofagus menggerakkan makanan dari faring ke lambung melalui gerak peristalsis. Esofagus tidak memproduksi enzim pencernaan

### **Lambung**

Merupakan bagian saluran cerna yang berbentuk huruf J melebar dan berada di regio *epigastrik, umbilikal* dan *hipokondriak* kiri rongga abdomen. *Regio* lambung terdiri dari bagian *kardia, fundus, bodi organ*, dan bagian *pilorus*. Lambung berfungsi sebagai gudang makanan, yang berkontraksi secara ritmik untuk mencampur makanan dengan enzim-enzim.

Lapisan lambung terdiri dari 4 lapis yaitu Sel-sel yang melapisi lambung menghasilkan 3 zat penting:

1. Lapisan Mukosa, lapisan ini berlipat-lipat yang disebut rugae, Terdapat 3 kelenjar yang terdapat dalam lapisan mukosa ini yaitu :
  - a. Glandula *Gastricae* yang menghasilkan Pepsan dan HCl
  - b. Glandula *Cardiace* yang menghasilkan lendir
  - c. Glandula *Pyloricae* menghasilkan Pepsin
2. Lapisan Sub Mukosa: terdiri dari jaringan ikat.
3. Lapisan Muskularis (otot) terdiri dari 3 lapis yaitu: Stratum longitudinal, Cerculer dan obliq.
4. Lapisan Serosa, yang terdapat di Curvatura Minor namanya Omentum Minus dan yang terdapat di Curvatura Mayor nama Omentum Mayus

Ada 3 fase dalam sekresi lambung yaitu:

1. Fase *Sefalik*: menghasilkan 10% dari sekresi lambung aliran getah lambung

2. Fase *Gastrik/Hormonal*: dimulai saat makanan mencapai antrum pylorus menghasilkan 2/3 sekresi lambung ( 2000 ml/hari).
3. Fase *Intestinal*: saat sebagian isi lambung yang dicerna mencapai usus halus.

### **Fungsi Lambung :**

1. Penyimpanan sementara
2. Produksi kimus
3. Digesti protein melalui sekresi tripsin dan asam klorida
4. Produksi mukus yang dihasilkan dari kelenjar untuk melindungi lambung
5. Produksi faktor intrinsik
  - a. Faktor intrinsik adalah glikoprotein yang disekresi sel parietal
  - b. Vitamin B12.
6. Absorpsi nutrien yang berlangsung dalam lambung hanya sedikit.

### **Usus Halus**

Usus halus menyambung dengan lambung di *sfincter pilorus* dan mengarah ke usus besar dikatup *ileosekal*. Diameter usus halus kurang lebih 2,5 cm dan panjangnya 3 sampai 5 meter saat bekerja:

1. Duodenum memiliki panjang sekitar 25 cm - 30 cm dan melingkari kepala pankreas,

Duodenum sebagian besar berperan pada penghancuran makanan dalam usus halus dengan menggunakan enzim. Vili duodenum memiliki tampilan mirip daun, yang merupakan struktur yang dapat diidentifikasi secara histologis. Kelenjar Brunner, yang menyekresi mukus, ditemukan dalam duodenum. Dinding duodenum tersusun dari lapisan sel-sel yang sangat tipis yang membentuk mukosa muskularis.

Duodenum juga mengatur kecepatan pengosongan lambung. Sekretin dan kolesistokinin dilepaskan dari sel-sel dalam epitel duodenal sebagai respons terhadap stimulus asam dan lemak yang ada ketika pilorus terbuka dan melepaskan chyme lambung ke dalam duodenum untuk pencernaan selanjutnya. Kondisi ini menyebabkan hati dan kandung empedu melepaskan empedu, dan pankreas melepaskan bikarbonat dan enzim-enzim pencernaan seperti tripsin, lipase, dan amilase ke dalam duodenum sesuai yang dibutuhkan.

2. Yeyenum adalah bagian yang selanjutnya. Panjangnya kurang lebih 1 m - 1,5 m.

Permukaan dalam jejunum, yaitu membran mukosanya, ditutupi dalam tonjolan-tonjolan yang disebut Vili, yang menambah area permukaan jaringan yang tersedia untuk mengabsorpsi zat makanan dari isi usus. Sel-sel epitel yang melapisi vili-vili ini memiliki sejumlah mikrovili yang lebih banyak. Pengangkutan zat-zat makanan yang melewati sel-sel epitel melalui jejunum dan ileum meliputi transpor pasif gula fruktosa dan transpor aktif asam amino, peptida kecil, vitamin,

dan sebagian besar glukosa. Vili dalam jejunum jauh lebih panjang dibandingkan dengan dalam duodenum atau ileum. Jejunum memiliki sangat sedikit kelenjar Brunner (ditemukan dalam duodenum) atau bercak Peyer (ditemukan dalam ileum). Namun, terdapat sedikit kelenjar getah bening jejunum yang menggantung pada mesenterium. Jejunum memiliki banyak lipatan sirkular besar dalam submukosanya yang disebut *plicae circulares*, yang menambah area permukaan untuk absorpsi makanan.

### 3. Ileum (2 m - 2,5 meter) merentang sampai menyatu dengan usus besar

Ileum adalah bagian akhir dan segmen paling panjang pada usus halus. Ileum secara spesifik berperan untuk absorpsi vitamin B12 dan reabsorpsi garam empedu terkonjugasi. Ileum memiliki panjang sekitar 4 meter dan memanjang dari jejunum (bagian tengah usus halus) ke katup ileosekal, yang bermuara ke dalam kolon (usus besar). Ileum menggantung pada dinding abdomen oleh mesenterium, yaitu suatu lipatan membran serosa. Otot polos ileum lebih tipis dibandingkan dengan dinding bagian lain usus, dan kontraksi peristaltiknya lebih lambat. Lapisan ileum juga kurang permeabel dibandingkan lapisan usus halus bagian atas. Kumpulan kecil jaringan limfatik (plak Peyer) tertanam dalam dinding ileum, dan reseptor spesifik untuk garam empedu dan vitamin B12 terdapat secara khusus hanya pada lapisan ini; sekitar 90% garam empedu terkonjugasi dalam kandungan usus diabsorpsi oleh ileum.

Usus halus dipersarafi oleh sistem parasimpatis (dari *nervus vagus*) dan sistem parasimpatis (dari *nervus splanchnicus thoracicus*). Usus halus menerima suplai aliran darah arteri dari arteria mesenterica superior dan darah vena yang kaya zat makanan mengalir ke dalam vena mesenterica superior dan akhirnya menuju ke dalam vena porta hepatica ke arah hati.

**Fungsi Usus Halus adalah:** Sebagian besar (85%) digesti dan absorpsi, menyempurnakan pencernaan maltosa menjadi glukosa, pepton menjadi polipeptida/asam amino dan lemak menjadi gliserin dan asam lemak, penghasil gerakan peristaltik, penyekresi getah usus, perlindungan terhadap infeksi oleh mikroba yang telah bertahan dari kerja antimikroba asam hidroklorida melalui *folikel limfe tunggal* dan *folikel limfe agregat*, sekresi hormon *kolesistokinin (CCK)* dan *sekretin*.

### **Usus Besar (Kolon)**

Istilah kolon kadang digunakan untuk menunjukkan seluruh usus besar. Usus besar lebih lebar dan lebih pendek dibandingkan dengan usus halus (panjangnya sekitar 1,5 meter) dan memiliki dinding dalam yang halus. Enzim-enzim dari usus halus melengkapi proses pencernaan, dan bakteri menghasilkan vitamin B (B12, tiamin, dan riboflavin).

Mukosa usus besar terdiri dari banyak sel-sel goblet yang menyekresi mukus untuk mempermudah lewatnya feses dan melindungi dinding kolon. Epitel kolumnar (silindris) selapis

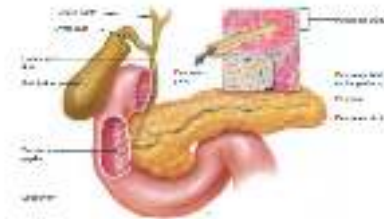
berubah menjadi epitel skuamosa bertingkat pada canalis analis. Sinus anales menyekresi mukus sebagai respons terhadap kompresi fekal. Bagian ini melindungi canalis analis dari abrasi karena pengosongan. Residu makanan dari ileum adalah berupa cairan ketika memasuki caecum dan mengandung sangat sedikit zat makanan

Bagian-bagian usus besar : sekum, kolon adalah bagian usus besar dari sekum sampai rektum terdiri atas kolon *asenden*, kolon *transversa* kolon *desenden*, rektum dan anus,

**Fungsi usus besar** : . Usus halus berperan untuk sejumlah absorpsi air, tetapi fungsi primer usus besar adalah untuk mengabsorpsi air dan mengubah residu makanan menjadi feses semi padat. Usus besar juga mengabsorpsi sejumlah vitamin, mineral, elektrolit, dan obat-obatan.

### **Pankreas**

Pankreas adalah kelenjar terelokasi berukuran besar dibalik kurvatur besar lambung. Sel-sel endokrin (pulau-pulau *Langerhans*) pankreas mensekresi hormone insulin dan glukogen. Sel-sel eksokrin (asinar) mensekresi enzim-enzim pencernaan dan larutan berair yang mengandung ion bikarbonat dalam konsentrasi tinggi. Pankreas juga melepaskan sejumlah besar sodium bikarbonat, yang berfungsi melindungi duodenum dengan cara menetralkan asam lambung.



Gambar : Enzim pankreas dan empedu disekresikan ke dalam duodenum

### **Limpa**

Limpa adalah organ berbentuk mirip sepatu yang terletak relatif terhadap costae IX dan XI dan terletak pada hipokondrium kir dan sebagian dalam epigastrium. Oleh karena itu, limpa terletak di antara fundus lambung dan diafragma. Limpa memiliki banyak pembuluh darah dan berwarna ungu kemerahan; ukuran dan beratnya bervariasi.

### **Hati dan Kantong Empedu**

Fungsi hati dalam sistem pencernaan adalah menghasilkan empedu yang kemudian dibawa ke usus kecil untuk mengemulsikan lemak. Emulsifikasi adalah pemecahan gumpalan lemak menjadi tetesan lemak yang lebih kecil, yang menambah daerah permukaan dimana enzim pencernaan lemak (*lipase*) dapat bekerja.

Hati melaksanakan berbagai fungsi metabolisme. Beberapa fungsi yang penting adalah sebagai

berikut:

1. Sekresi, hati menghasilkan dan mensekresikan empedu
2. Sintesis garam empedu, garam empedu adalah derivat kolesterol yang dihasilkan di hati
3. Sintesis protein plasma, mensintesis albumin, globulin (kecuali imunoglobulin), fibrinogen dan faktor pembekuan.
4. Menyimpan glukosa dalam bentuk glikogen besi dan vitamin A, B12, D, E dan K.
5. Ekskresi, hormon , obat dan pigmen empedu dari pemecahan hemoglobin di ekskresikan di empedu.
6. Metabolisme karbohidrat, : mempertahankan kadar glukosa darah
7. Metabolisme lipid : pemecahan asam lemak, sintesis kolesterol dan fosfolipid, dan dalam konversi kelebihan karbohidrat dan protein menjadi lemak.
8. Metabolisme protein,
9. Penyaring, *sel kuffer* hepatosit yang melapisi sinusoid melepaskan bakteri, sel darah merah yang rusak dan partikel lainnya dari tubuh.
10. Detoksifikasi, sebagian besar zat-zat yang ditelan adalah berbahaya bagi sel tubuh kita.

### **Kandung Empedu**

Kandung empedu (Bahasa Inggris: *gallbladder*) adalah organ berbentuk buah pir yang dapat menyimpan sekitar 50 ml empedu yang dibutuhkan tubuh untuk proses pencernaan. Empedu memiliki 2 fungsi penting yaitu:

1. Membantu pencernaan dan penyerapan lemak.
2. Berperan dalam pembuangan limbah tertentu dari tubuh, terutama haemoglobin (Hb) yang berasal dari penghancuran sel darah merah dan kelebihan kolesterol.



**Soal :**

1. Urutan anatomi sistem pencernaan adalah :
  - a. Mulut- esofagus-faring- lambung-usus halus-usus besar-rektum-anus
  - b. Mulut-faring-esofagus-lambung-usus halus-usus besar –anus- rektum
  - c. Mulut-faring-esofagus-lambung -usus besar- usus halus -rektum-anus
  - d. Mulut-faring-esofagus-lambung-usus halus-usus besar-rektum-anus
2. Pemotongan dan penggilingan makanan dilakukan secara mekanik oleh
  - a. Gigi
  - b. Saliva
  - c. Lidah
  - d. Mulut
3. Gigi yang berfungsi memotong-motong makanan adalah ‘
  - a. Molar
  - b. Incisivus
  - c. Geraham
  - d. Cuspid
4. Menelan (*Deglutisi*) yang terjadi secara tidak sadar ketika makanan memasuki faring berada pada Fase :
  - a. Fase *bukal*
  - b. Fase *esofagus*
  - c. Fase *faring*
  - d. Fase *Laring*
5. Kelenjar *Gastricae* pada lambung menghasilkan
  - a. Pepsin
  - b. Mukos
  - c. Renin
  - d. Pepsin
6. Fungsi digesti dan absorpsi makanan terjadi :
  - a. Mulut
  - b. Lambung
  - c. Usus Halus
  - d. Usus Besar
7. Proses absorpsi 80% sampai 90% air dan elektrolit terjadi di
  - a. Mulut
  - b. Lambung
  - c. Usus Halus
  - d. Usus Besar
8. Pankreas melepaskan sejumlah besar sodium bikarbonat, yang berfungsi melindungi duodenum dengan cara
  - a. Meningkatkan asam lambung
  - b. Mengurangi asam lambung
  - c. Menetralkan asam lambung.
  - d. Menghentikan produksi asam lambung
9. Hati melakukan fungsi metabolisme dengan cara :
  - a. Mensekresi pepsinogen
  - b. Menghasilkan amilase

- c. Menghasilkan empedu
- d. Mengatur glukosa darah

10. Garam empedu yang dihasilkan oleh empedu berfungsi :

- a. Menyimpan glukosa dalam bentuk glikogen
- b. Menetralkan lemak
- c. Emulsi lemak
- d. Filtrasi Lemak

Jawaban :

- 1. D
- 2. A
- 3. B
- 4. C
- 5. A
- 6. C
- 7. D
- 8. C
- 9. D
- 10. C

## **SISTEM PERKEMIHAN**

### **Pengertian dan Fungsi Sistem Perkemihan**

Sistem perkemihan merupakan suatu sistem dimana terjadinya proses penyaringan darah sehingga bebas dari zat-zat yang tidak diperlukan oleh tubuh dan menyerap zat-zat yang masih diperlukan. Zat-zat yang tidak diperlukan oleh tubuh larut dalam air dan dikeluarkan berupa urin (air kemih)

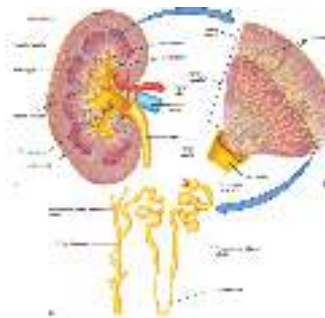
### **Anatomi Sistem Perkemihan**

Sistem Perkemihan terdiri atas

1. Dua ginjal (ren), yang mengeluarkan urin.
2. Dua ureter, yang mengalirkan urin dari ginjal ke kandung kemih.
3. Kandung kemih, sebagai penampung urin sementara.
4. Uretra, yang mengeluarkan urin dari kandung kemih ke luar tubuh.

### **Ginjal**

Ginjal berbentuk seperti kacang merah, dan masing-masing seukuran kepalan tangan, ginjal memiliki panjang sekitar 11 cm , lebar 5 cm , tebal 3 cm dengan berat sekitar 130g. Ginjal tersusun oleh dua area utama yaitu korteks dan medula. Medula ini terdiri dari struktur kerucut yang disebut piramida ginjal.



Gambar Struktur ginjal (a) bagian koronal ginjal dan (b) tampilan ginjal yang diperbesar piramida.  
(c) Tubulus nefron tunggal, berukuran mikroskopis

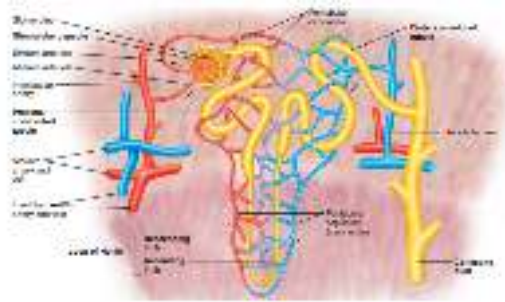
### **Fungsi Ginjal untuk :**

1. Mengatur volume air (cairan ) dalam tubuh
2. Ekskresi sisa hasil metabolisme (ureum, asam urat dan kreatinin)
3. Pengaturan volume dan tekanan darah.
4. Mengatur keseimbangan osmotik dan keseimbangan ion
5. Mengatur keseimbangan asam basa cairan tubuh
6. Fungsi Hormonal dan Metabolisme
7. Pengaturan sintesis vitamin D

### **Struktur Mikroskopis Ginjal**

## 1. Nefron

Nefron adalah unit struktural dan fungsional dari ginjal, masing-masing ginjal mengandung lebih dari 1 juta unit kecil nefron. Setiap nefron terdiri dari Kapsula Bowman, yang mengitari rumbai kapiler glomerulus, Tubulus Proksimal, Lengkung Henle, dan Tubulus distal, yang mengosongkan diri ke dalam Duktus Kolektifus.



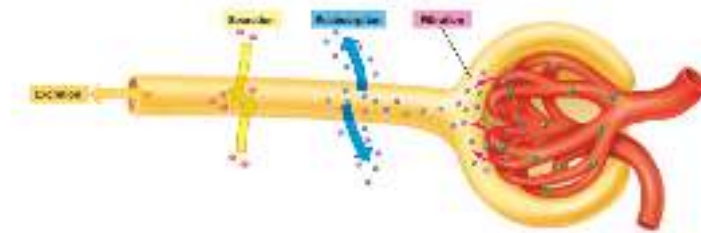
Gambar Tubulus nefron dan pembuluh darah terkait.

2. **Korpuskulus Ginjal** ; Korpuskulus ginjal terdiri dari Kapsula Bowman dan rumbai kapiler glomerulus.
3. **Aparatus Jukstaglomerulus**. Pada lokasi ini sel-sel Jukstaglomerulus dinding arteriol aferen mengandung granula sekresi yang diduga mengeluarkan renin. Renin, adalah suatu enzim yang penting pada pengaturan tekanan darah
4. **Sistem Renin-angiotensin** Pengeluaran renin dari ginjal akan mengakibatkan perubahan angiotensinogen menjadi angiotensin I. Angiotensin I kemudian diubah menjadi angiotensin II oleh suatu enzim konversi (Converting Enzyme) yang ditemukan di dalam kapiler paru-paru. Angiotensin II meningkatkan tekanan darah melalui efek vasokonstriksi arteriola perifer dan merangsang aldosteron. Peningkatan kadar aldosteron akan merangsang reabsorpsi natrium ( $\text{Na}^+$ ) mengakibatkan peningkatan reabsorpsi air, dengan demikian volume plasma akan meningkat.

Pada ginjal terjadi tiga proses utama yaitu:

1. Filtrasi glomerulus: pada saat darah mengalir melalui glomerulus, terjadi filtrasi plasma bebas protein menembus kapiler glomerulus ke dalam kapsula Bowman, sekitar seperlima dari plasma atau 125 ml/menit dialirkan melalui glomerulus ke kapsula bowman, yang dikenal dengan istilah Glomerular Filtration Rate (GFR)
2. Reabsorpsi tubular Pada proses ini, zat-zat yang masih diperlukan oleh tubuh akan direabsorpsi secara selektif zat-zat yang sudah difiltrasi, Filtrat atau zat-zat yang difiltrasi ginjal dibagi dalam 3 kelas, yaitu: Elektrolit, Non elektrolit, yaitu: glukosa, asam amino, dan metabolit hasil metabolisme protein seperti urea, asam urat, dan kreatinin dan air

3. Sekresi tubular proses reabsorpsi dan sekresi berlangsung baik melalui mekanisme transpor aktif maupun pasif yang mengacu pada perpindahan selektif zat-zat dari kapiler darah peritubulus ke dalam lumen tubulus,



Gambar : Sekresi adalah kebalikan dari reabsorpsi. Istilah sekresi mengacu pada transpor aktif zat dari kapiler peritubulus ke dalam cairan tubulus. Transpor ini berlawanan arah dengan yang terjadi pada reabsorpsi

### **Ureter**

Ureter mengangkut urin dari pelvis renalis ke kandung kemih. Aliran urine disebabkan oleh kontraksi peristaltik dinding otot pada ureter sekitar 1-5 gelombang peristaltik terbentuk setiap menit tergantung pada pembentukan urin.

### **Kandung kemih**

Kandung kemih adalah salah satu bagian dari sistem perkemihan berupa kantung berotot serta memiliki kemampuan mengembang dan mengempis, kandung kemih ini berfungsi untuk menyimpan urin sementara.

Dua fungsi kandung kemih adalah:

- 1) Sebagai tempat penyimpanan urine sebelum meninggalkan tubuh
- 2) Kandung kemih berfungsi mendorong urin keluar tubuh dengan dibantu uretra

### **Uretra**

Uretra adalah tabung berotot berdinding tipis yang berfungsi untuk mengalirkan urin dari kandung kemih dan mengeluarkannya dari tubuh. Panjangnya pada wanita 1,5 inci dan pada laki-laki sekitar 8 inci. Muara uretra keluar tubuh disebut *meatus urinarius*. Uretra pada wanita berbentuk lurus dan pendek, Sedangkan pada pria uretra jauh lebih panjang dan melengkung dari kandung kemih ke luar tubuh, melewati kelenjar prostat dan penis. Uretra pria memiliki fungsi ganda, yaitu sebagai saluran untuk mengeluarkan urin dari kandung kemih dan saluran bagi semen dari organ reproduksi.

### **Mikturisi**

Mikturisi adalah pengosongan kandung kemih setelah terisi dengan urin. Aliran urin dari ginjal ke kandung kemih melalui ureter relatif terus menerus. Kandung kemih dapat mengembang untuk mengakomodasi volume besar cairan; pada volume maksimum, dimana kandung kemih dapat berisi 1 L (sekitar 1 liter) urin, tapi seseorang mulai merasa tidak nyaman ketika volume urin melebihi

sekitar 500 mL.

Kapasitas kandung kemih untuk mengembang karena tiga faktor yaitu :

1. Pertama, dinding kandung kemih mengandung banyak lipatan, mirip dengan abdomen.
2. Kedua, lapisan kandung kemih adalah epitel transisional, yang dapat membentang.
3. Ketiga, dinding otot polos dari kandung kemih, kecuali trigonum, juga membentang untuk mengakomodasi cairan.

### **Karakteristik urin**

1. Warna dan transparansi segar yaitu berwarna kuning tua.
2. Bau urin segar sedikit aromatik tetapi jika didiamkan berkembang menjadi bau *amonia* bakteri.
3. pH urin biasanya sedikit asam pH sekitar 6 tetapi perubahan metabolisme tubuh atau diet dapat menyebabkan variasi pH dari sekitar 4,5-8,0.

### **Komposisi urin, terdiri dari:**

1. Urin terdiri dari sekitar 95% air.
2. Zat-zat sisa nitrogen dari hasil metabolisme protein, asam urea, amoniak dan kreatinin. 3) Elektrolit natrium, kalsium, NH<sub>3</sub>, bikarbonat, fosfat dan sulfat.
3. Pigmen (*bilirubin* dan *urobilin*).
4. Toksin dan hormon

Soal :

1. Sistem Perkemihan terdiri atas
  - a. Satu ginjal, dua ureter, satu kandung kemih, dan satu uretra
  - b. Dua ginjal, dua ureter, satu kandung kemih, dan satu uretra,
  - c. Satu ginjal, satu ureter, satu kandung kemih, dan satu uretra,
  - d. Dua ginjal, satu ureter, satu kandung kemih, dan satu uretra,
2. Unit Fungsional dari Ginjal adalah :
  - a. **Nefron**
  - b. Kapsula Bowman
  - c. Aparatus Juktaglomerulus
  - d. Tubulus Distalis
3. Hormon yang dihasilkan oleh Aparatus Juktaglomerulus adalah :
  - a. Pepsin
  - b. ADH
  - c. Renin
  - d. Angiotensin
4. Fungsi Hormonal dan Metabolisme ginjal adalah dengan menyekresi hormon renin-angiotensin-aldosteron untuk memproses ;
  - a. Keseimbangan osmotik cairan

- b. pembentukan sel darah merah (*eritropoiesis*).
  - c. Pengaturan pH darah
  - d. Sintesis vitamin D
5. Zat-zat elektrolit yang difiltrasi ginjal, yaitu:
- a. Natrium
  - b. Asam amino
  - c. Glukosa,
  - d. Asam urat
6. Urutan tugas fungsi ginjal adalah :
- a. Sekresi tubulus –Reabsorpsi tubulus –Filtrasi glomerulus
  - b. Reabsorpsi tubulus –Filtrasi glomerulus –Sekresi tubulus
  - c. Filtrasi glomerulus-Reabsorpsi tubulus –Sekresi tubulus
  - d. Filtrasi glomerulus -Sekresi tubulus –Reabsorpsi tubulus
7. Urin yang sudah terbentuk akan ditampung pada organ ;
- a. Ureter
  - b. Uretra
  - c. Kandung Kemih
  - d. Tubulus Kolektivus
8. Seseorang mulai merasa tidak nyaman ketika volume urin pada kandung kemih
- a. 700 mL
  - b. 300 mL.
  - c. 500 mL
  - d. 100 mL
9. Glomerular Filtration Rate (GFR) yang terbentuk per menit adalah
- a. 12,5 ml/menit
  - b. 1,25 mL/menit
  - c. 125 mL/menit
  - d. 1250 mL/menit
10. Sistem Angiotensin II berdampak :
- a. Menurunkan tekanan darah
  - b. Vasodilatasi arteriola perifer dan
  - c. Menghambat pelepasan aldosteron.
  - d. Volume plasma meningkat.

Jawaban :

- 1. B
- 2. A
- 3. C
- 4. B
- 5. A
- 6. C
- 7. C
- 8. C

9. C

10. D



## BAB VI

### SISTEM REPRODUKSI DAN TUMBUH KEMBANG JANIN

#### A. STRUKTUR DAN FUNGSI ORGAN REPRODUKSI

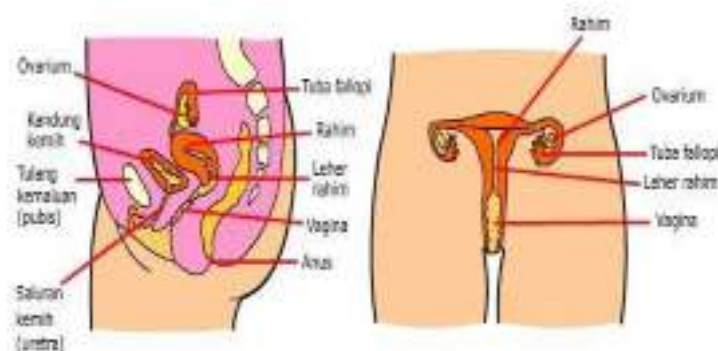
Semua organisme memiliki rentang hidup yang terbatas. Karena itu untuk mempertahankan kelangsungan hidup, diperlukan generasi penerus. Proses biologis ketika organisme menghasilkan individu baru dari jenis mereka sendiri disebut dengan reproduksi. Tiap jenis organisme memiliki sistem reproduksi yang berbeda-beda. Sistem reproduksi pada manusia termasuk ke dalam kategori reproduksi seksual. Artinya, reproduksi terjadi melalui proses bertemunya gamet jantan (sperma) dengan gamet betina (ovum) membentuk individu baru yang disebut dengan fertilisasi.

Reproduksi manusia adalah upaya makhluk hidup untuk mewariskan sifat-sifat induknya kepada keturunan berikutnya dan mempertahankan kelestarian jenisnya (Purnamasari, 2020).

#### B. Struktur dan Fungsi Reproduksi Wanita

Fungsi reproduksi wanita memiliki siklus aktivitas yang ditandai dengan pertumbuhan dan perkembangan dari folikel dominan (Anwar, 2005).

Sistem reproduksi wanita terdiri dari organ yang terletak di dalam adalah ovarium, tuba falopi, tuba uterine/oviduk, uterus dan vagina. Dan organ yang terletak di luar tubuh terdiri dari vulva (pudendum).



*Gambar 1 Struktur Alat Reproduksi Wanita*

##### a. Alat Reproduksi Dalam Wanita

###### 1. Ovarium

Ovarium atau indung telur, berbentuk seperti telur dan berjumlah sepasang. Ovarium terlindungi kapsul keras dan terdapat folikel-folikel. Setiap folikel mengandung satu sel telur, berfungsi memberikan makanan dan melindungi sel telur yang sedang berkembang hingga

matang. Setelah sel telur matang, folikel akan mengeluarkannya dari ovarium (ovulasi).

## 2. Uterus (rahim)

Uterus adalah organ tebal dan berotot yang dapat mengembang selama masa kehamilan. Bentuknya seperti buah pir. berfungsi sebagai tempat pertumbuhan dan perkembangan janin. Pada bagian bawah uterus terdapat struktur yang mengecil. Bagian ini disebut serviks atau leher rahim. Lapisan penyusun uterus, yakni lapisan terluar (perimetrium), lapisan tengah yang berotot (miometrium), dan selaput rahim/lapisan terdalam (endometrium). Lapisan endometrium mengandung banyak pembuluh darah dan lendir.

## 3. Vagina

Vagina merupakan saluran dengan dinding dalam berlipatlipat dan memanjang dari leher rahim ke arah vulva (7-10 cm). Bagian luar vagina berupa selaput yang menghasilkan lendir dari kelenjar Bartholini. Vagina berfungsi sebagai saluran kelahiran yang dilalui bayi saat lahir juga berfungsi sebagai tempat kopulasi.

### b. Saluran Reproduksi

Saluran reproduksi wanita yang berfungsi sebagai jalur sel telur menuju uterus (rahim) dinamakan saluran telur (oviduk) atau tuba Fallopi. Pada bagian pangkalnya terdapat bagian mirip corong yang dinamakan infundulum, yang berjumbai-jumbai (fimbriae). Fungsinya penangkap sel telur (ovum) yang lepas dari ovarium. melalui gerakan peristaltik, lalu disalurkan melalui oviduk menuju uterus.

### c. Alat Reproduksi Luar Wanita

1. Vulva bagian paling luar organ kelamin wanita yang bentuknya berupa celah
2. Pubic bone (mons pubis) bagian atas dan terluar vulva yang tersusun atas jaringan lemak. Saat masa pubertas, bagian ini banyak ditumbuhi oleh rambut
3. Bibir besar (labia mayora) lipatan yang jumlahnya sepasang dibawah mons pubis
4. Bibir kecil (labia minora) bagian dalam labia mayora terdapat lipatan berkelenjar, tipis, tidak berlemak, dan berjumlah sepasang. Fungsi kedua bagian ini adalah sebagai pelindung vagina
5. Klitoris tonjolan kecil yang mengandung banyak ujung-ujung saraf perasa sehingga sangat sensitive. Seperti halnya penis laki-laki, klitoris akan bereaksi bila ada rangsangan (mengandung banyak jaringan erektil)
6. Orificium urethrae, muara saluran kencing
7. Selaput dara atau hymen bagian yang mengelilingi tepi ujung vagina, yang berselaput mukosa dan mengandung banyak pembuluh darah

#### d. Hormon Pada Sistem Reproduksi Wanita

Hipotalamus akan menyekresikan hormon gonadotropin. Hormon gonadotropin merangsang kelenjar pituitari untuk menghasilkan hormon FSH. Hormon FSH merangsang pertumbuhan dan pematangan folikel di dalam ovarium. Pematangan folikel ini merangsang kelenjar ovarium mensekresikan hormon estrogen. Hormon estrogen berfungsi membantu pembentukan kelamin sekunder seperti tumbuhnya payudara, panggul membesar, dan ciri lainnya. Selain itu, estrogen juga membantu pertumbuhan lapisan endometrium pada dinding ovarium. Pertumbuhan endometrium memberikan tanda pada kelenjar pituitari agar menghentikan sekresi hormon FSH dan berganti dengan sekresi hormon LH.

Oleh stimulasi hormon LH, folikel yang sudah matang pecah menjadi korpus luteum. Saat seperti ini, ovum akan keluar dari folikel dan ovarium menuju uterus (terjadi ovulasi).

Korpus luteum yang terbentuk segera menyekresikan hormon progesteron.

Progesteron berfungsi menjaga pertumbuhan endometrium seperti pembesaran pembuluh darah dan pertumbuhan kelenjar endometrium yang menyekresikan cairan bernutrisi. Apabila ovum pada uterus tidak dibuahi, hormon estrogen akan berhenti. Berikutnya, sekresi hormon LH oleh kelenjar pituitari juga berhenti. Akibatnya, korpus luteum tidak bisa melangsungkan sekresi hormon progesteron. Oleh karena hormon progesteron tidak ada, dinding rahim sedikit demi sedikit meluruh bersama darah. Darah ini akan keluar dari tubuh dan kita biasa menamakannya dengan siklus menstruasi.

### C. KONSEPSI DAN EMBRIOLOGI DASAR

Embriologi merupakan bagian dari kajian biologi perkembangan (*developmental of biology*). Biologi perkembangan adalah ilmu yang mempelajari tentang perubahan progresif struktur dan fungsi tubuh dalam hidup makhluk hidup. Sedangkan embriologi adalah studi mengenai embrio dengan penekanan kepada pola-pola perkembangan embrio (Hafiz, 2014).

(Langman, n.d.) mengilustrasikan embriologi dengan sebuah contoh adanya perubahan sebuah sel menjadi seorang bayi saat masih dalam kandungan ibu, yaitu suatu proses yang menggambarkan bahwa telah terjadinya suatu fenomena besar dan kompleks. Langman n.d menamakan kajian tentang fenomena ini dengan embriologi. Pada proses ini termasuk juga kajian tentang aspek-aspek molekuler, seluler, dan struktural yang saling berkontribusi untuk membentuk organisme.

Pendapat lain menyebutkan embriologi menjadi bagian dari ruang lingkup biologi perkembangan. Karena Biologi perkembangan ruang lingkungannya lebih luas, sampai kepada perkembangan pasca lahir dengan penekanan kepada masalah, konsep dan prinsip perkembangan. Beberapa ruang lingkup biologi perkembangan adalah (1) embriologi, yaitu mempelajari mengenai pembentukan embrio; (2) proses stadium pasca lahir; (3) perkembangan tingkat sel, baik perkembangan normal ataupun abnormal (neoplastik) seperti tumor dan kanker; (4) pertumbuhan, yaitu penambahan masa sel; (5) regenerasi; (6) perbaikan sel, misalnya pada waktu luka dan (7) genetika perkembangan.

#### Proses Dasar Perkembangan

Ilustrasi tentang fenomena perubahan sebuah sel menjadi seorang bayi saat masih dalam kandungan ibu, merupakan suatu proses yang menggambarkan bahwa telah terjadinya suatu fenomena besar dan kompleks. Adanya fenomena besar dan kompleks ini akan melibatkan proses yang kompleks pada tingkat seluler, misalnya regulasi dan transduksi signal secara molekuler. Adanya regulasi dan transduksi signal secara molekuler merupakan cara yang paling mutakhir untuk memahami perkembangan organisme. Langman n.d menjelaskan beberapa bagian tersebut seperti adanya transkripsi gen, regulasi ekspresi gen, induksi formasi organ dan cell signaling. Berikut lima proses dasar pada tingkat sel, yaitu:

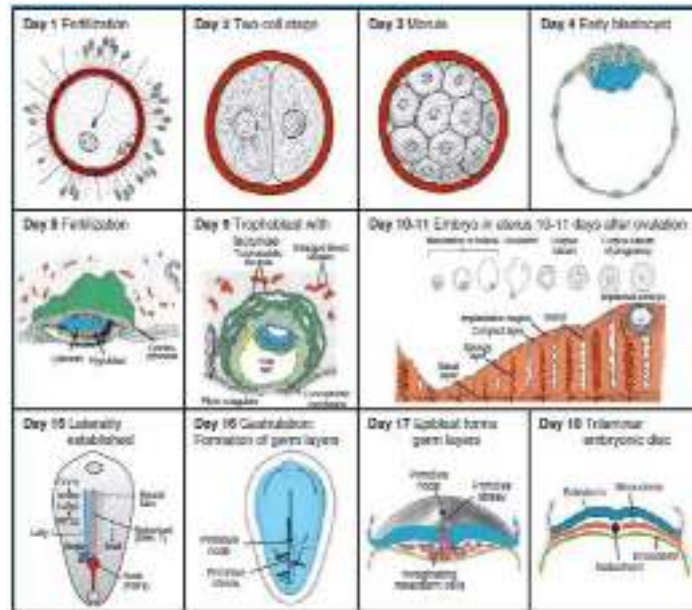
1. Pertumbuhan, yaitu penambahan masa sel (ukuran dan jumlah sel)
2. Diferensiasi, yaitu proses yang menghasilkan sel-sel yang sudah terspesialisasi (sudah melakukan biosintesis spesifik)
3. Interaksi seluler, yaitu saling pengaruh mempengaruhi antara satu sel atau kelompok sel dengan sel atau kelompok sel yang lain
4. Pergerakan, yaitu perubahan posisi sel atau jaringan (gerakan morfogenetik)
5. Metabolisme, merupakan proses penghasil (sumber) dan penggunaan energi, dan merupakan kebutuhan dasar bagi kehidupan dan perkembangan.

#### **D. PERKEMBANGAN JANIN DALAM KANDUNGAN**

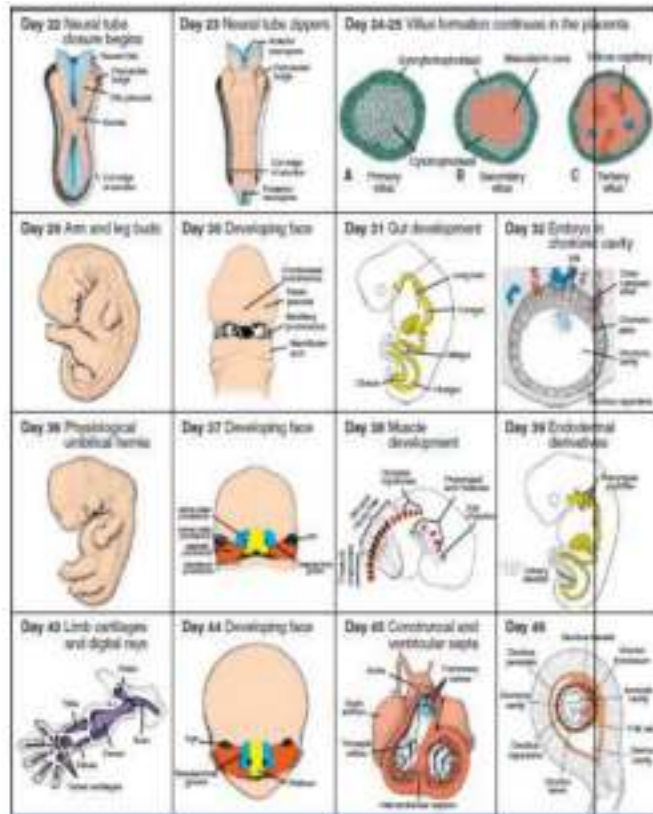
Tahap perkembangan manusia dijelaskan secara terperinci di gambar dibawah, gambar dibawah menjelaskan tahapan perkembangan manusia menjadi lima tahap, yaitu:

1. Tahap gametogenesis, terjadinya pembentukan gamet laki-laki dan perempuan atau konversi germ cell sperma dan sel telur
2. Tahap perkembangan minggu ke-1, terjadinya proses ovulasi sampai implantasi

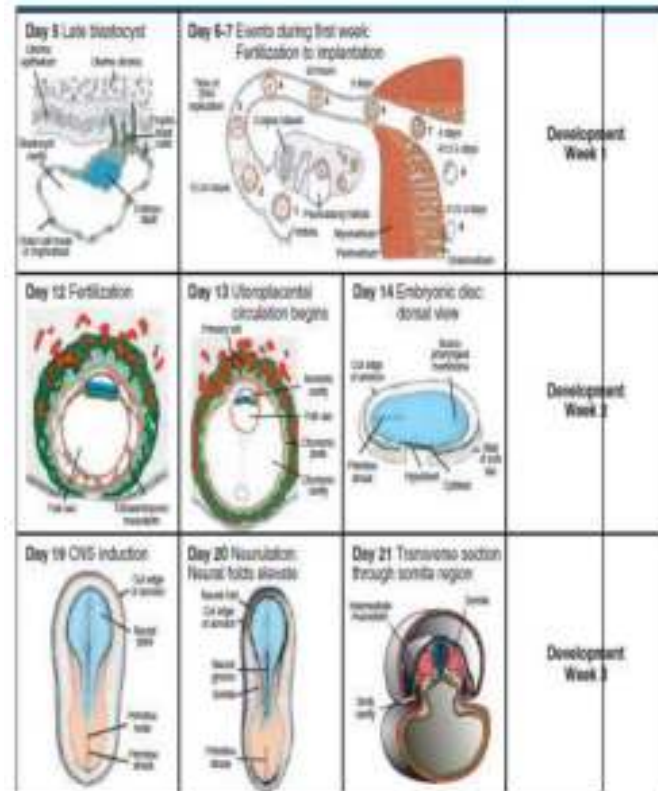
3. Tahap perkembangan minggu ke-2, terjadinya pembentukan bilaminar germ disc (embrio dua lapis)
4. Tahap perkembangan minggu ke-3 sampai 8, disebut juga dengan periode embrionik, terjadinya pembentukan sistem tubuh
5. Tahap perkembangan bulan ke-3 sampai kelahiran, adalah masa fetus dan berperannya plasenta dalam perkembangan manusia.



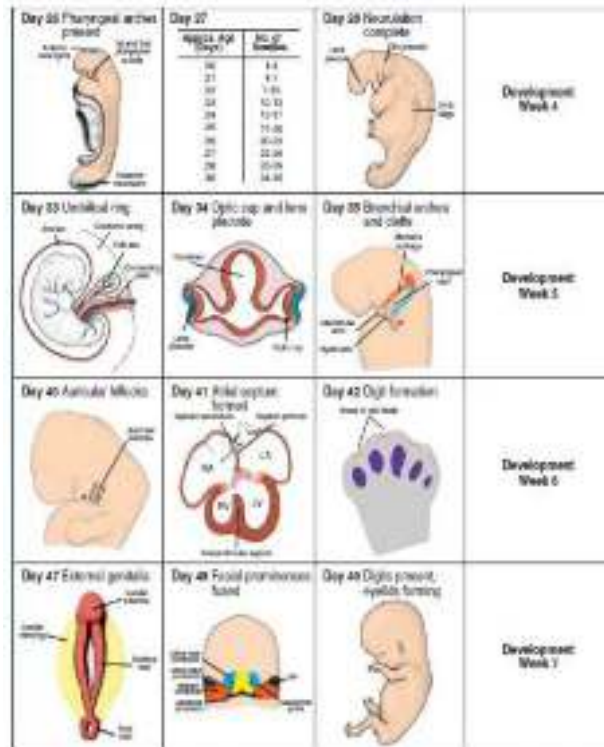
*Gambar 2 Tahapan Perkembangan Manusia Hari 1-18*



Gambar 3 Tahapan Perkembangan Manusia Hari 22-46



Gambar 4 Tahapan Perkembangan Manusia Minggu 1-3



Gambar 5 Tahapan Perkembangan Manusia Minggu 4-7

Proses embriologi erat kaitannya dengan keberadaan dan aksi gen dalam tubuh. Kemajuan teknologi telah memperlihatkan bahwa adanya regulasi dalam tubuh pada tingkat seluler yang disebut dengan *molecular regulation and signaling*. (Langman, n.d.) menjelaskan ada sekitar 23.000 gen dalam genom manusia, tetapi gen ini akan mengkode untuk sekitar 100.000 protein. Gen mengandung kompleks DNA dan protein disebut kromatin, yang terdiri dari satuan dasar struktur yang disebut dengan nukleosom.

Salah satu proses dasar dalam pembentukan organ adalah induksi. Organ akan terbentuk dengan adanya interaksi antara sel dengan sel yang lain. Adanya interaksi sekelompok sel atau jaringan yang membentuk sel atau jaringan yang lain disebut dengan induksi. Di setiap interaksi, salah satu sel atau jaringan akan bersifat sebagai inducer dan yang lainnya bersifat responder, misalnya interaksi sel epitel dengan mesenkim.

Cell signaling adalah inti dari proses induksi. Jalur transduksi signal memiliki molekul signal yang disebut dengan ligand dan reseptor. Reseptor selalu bekerja di membrane sel dan diaktifkan oleh adanya pengikatan ligan spesifik. Aktifasi reseptor tersebut selalu melibatkan posforilasi protein lain yang disebut dengan kinase. Aktifasi jenis ini akan bekerja dan merupakan faktor pada proses transkripsi untuk menginisiasi ekspresi gen.

(Langman, n.d.) menjelaskan jalur transduksi signal menjadi dua yaitu *paracrin signaling* dan *juxtacrine signaling*. Keduanya ini merupakan faktor yang akan mempengaruhi transduksi jalur

signal (*signal transduction pathways*). Signal antar sel (*cell-to-cell signaling*) bisa berbentuk paracrine. Parakrin melibatkan faktor diffusible, atau juxtacrine dan faktor nondiffusible. Protein yang bertanggung jawab untuk sinyal parakrin yang disebut faktor parakrin atau growth and differentiation factors (GDFs). Ada empat keluarga besar GDFs: FGFs, WNTs, Hedgehogs dan TGF- $\beta$ s. Selain protein, neurotransmitter, seperti serotonin (5HT) dan norepinefrin, juga beraksi melalui sinyal parakrin. Aksinya dengan berperan sebagai ligan dan mengikat reseptor untuk menghasilkan respon seluler.

## **E.KESIMPULAN DAN SARAN**

1. Organ reproduksi wanita terdiri dari bagian luar dan bagian dalam. Bagian luar terdiri dari labia mayora, labia minora, himen, klitoris, dan mons veneris. Alat kelamin bagian dalam terdiri dari ovarium, oviduk/tuba fallopi, uterus dan vagina
2. Setelah terjadi fertilisasi, terbentuklah zigot yang akan masuk ke dalam uterus dan berkembang menjadi embrio. Di dinding rahim, embrio melanjutkan perkembangan dengan membentuk membran, yaitu kantong kuning telur, amnion, korion, dan alantois. Selain itu juga dibentuk plasenta (ari-ari) dan tali pusar. Setelah berkembang sempurna selama 9 bulan 10 hari, bayi dilahirkan
3. Fungsi reproduksi wanita memiliki siklus aktivitas yang ditandai dengan pertumbuhan dan perkembangan dari folikel dominan
4. Pemberian edukasi mengenai sistem reproduksi dan struktur beserta fungsinya sangat penting diberikan sejak dini mengingat sistem ini sangat penting dipelajari oleh semua kalangan



## **BAB VII.**

### **SISTEM RANGKA, OTOT DAN SENDI**

Dr. Gadis Meinar Sari, dr., MKes  
Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga

Sistem rangka, otot dan sendi merupakan penunjang bentuk tubuh dan bertanggung jawab terhadap pergerakan. Komponen utama sistem pergerakan ini adalah jaringan ikat yang terdiri dari tulang atau rangka, sendi, otot rangka, tendon, ligamen, dan jaringan khusus penghubung.

#### **A. Pengertian Sistem Rangka**

Sistem rangka tersusun atas tulang adalah jaringan tubuh yang berfungsi sebagai : 1) penunjang atau penyangga tubuh, 2) pelindung organ dalam tubuh, 3) tempat melekatnya otot, 4) tempat pembentukan sel darah, 5) tempat menyimpan dan mengatur kalsium dan fosfat.



Gambar 1. Tulang Panjang

Permukaan luar dan dalam rangka atau tulang dilapisi oleh selapis sel pembentuk tulang (osteogenik), yaitu:

- a. Periosteum, merupakan lapisan luar rangka yang tersusun atas sel osteoprogenitor di bagian sebelah dalam lapisan. Sel osteoprogenitor nantinya akan berkembang menjadi osteoblas atau sel pembentuk tulang.
- b. Endosteum,  
Terdiri dari selapis sel osteoprogenitor yang menutupi seluruh permukaan rongga di dalam

tulang (rongga medula).

Fungsi utama periosteum dan endosteum adalah :

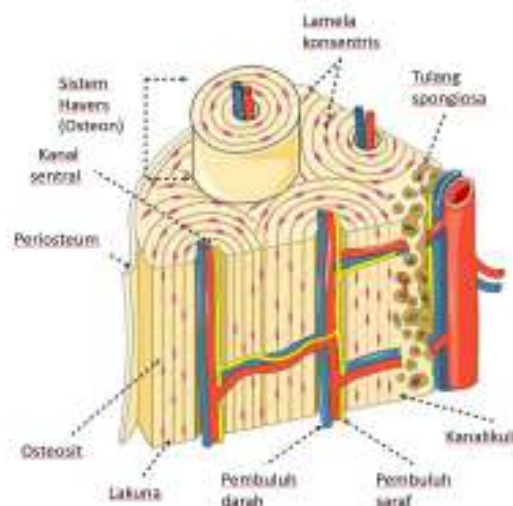
Sebagai sumber nutrisi jaringan tulang dan tempat persediaan osteoblas baru untuk perbaikan dan pertumbuhan tulang

## B. Struktur dan Fungsi Tulang

Pertumbuhan tulang dimulai dari masa janin hingga dewasa terdiri dari pertumbuhan jaringan tulang primer hingga sekunder.

Jaringan Tulang Primer, disebut juga Tulang Imatur atau *Woven Bone*, pertama kali dibentuk selama perkembangan embrional. Pertumbuhan jaringan ini bersifat sementara sampai pada usia dewasa digantikan oleh jaringan tulang sekunder, kecuali dekat sutura tengkorak dan insersio tendon. Tulang primer juga dibentuk setelah terjadi patah tulang dan pada proses penyembuhan. Kandungan mineral pada tulang primer lebih sedikit daripada tulang sekunder dan sebagian besar terdiri dari sel osteosit.

Jaringan Tulang Sekunder, disebut juga Tulang Matur atau Tulang Lamelar, pada umumnya terdapat pada orang dewasa. Serat kolagen pada tulang sekunder tersusun di dalam lapisan yang disebut Lamela yang tersusun secara konsentris mengelilingi kanal vaskular yang mengandung pembuluh darah, saraf dan jaringan ikat longgar. Struktur tulang primer membentuk gambaran seperti “irisan bawang merah” disebut Sistem Havers atau Osteon.



Gambar 2. Sistem Havers (Osteon)

Histogenesis atau Pembentukan tulang :

Pembentukan tulang sejak masa janin terjadi melalui dua proses yaitu :

- a. Osifikasi intramembranosa : hampir terjadi pada semua tulang pipih dan proses mineralisasi langsung terjadi pada matriks yang disekresi oleh osteoblas (sel pembentuk tulang)
- b. Osifikasi endokondral : penimbunan matriks (kalsium) pada matriks tulang rawan sebelumnya. Proses ini disebut juga proses Kalsifikasi.

Pertumbuhan tulang panjang :

- Epifisis, membesar akibat pertumbuhan tulang rawan secara radial, diikuti oleh osifikasi endokondral.
- Diafisis, memanjang terutama karena aktivitas osteogenik lempeng epifisis dan melebar karena penambahan tulang oleh periosteum luar. Pada saat yang sama tulang diresorpsi atau diserap dari permukaan dalam sehingga diameter rongga medula semakin besar.
- Bila tulang rawan lempeng epifisis berhenti tumbuh maka akan diganti oleh jaringan tulang melalui proses osifikasi. Penutupan epifisis berjalan kronologis pada setiap tulang dan selesai pada usia 20 tahun. Sekali epifisis menutup, tidak mungkin lagi terjadi pertumbuhan memanjang tetapi pertumbuhan melebar masih mungkin terjadi.

Tulang tersusun atas dua komponen yaitu :

1. Non seluler, terdiri dari :
  - a. Matriks Organik : kolagen dan proteoglikan
  - b. Mineral : Kalsium dan Fosfat, membentuk garam kristal (hidroksiapatit;  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ) yang tertimbun di dalam matriks dan berfungsi memadatkan tulang
2. Sel tulang, terdiri dari :
  - a. Osteoblas,

Terletak berjajar pada permukaan jaringan tulang dan dalam keadaan aktif berbentuk kuboid – silindris berfungsi mensintesis komponen organik matriks tulang, yaitu kolagen tipe I, proteoglikan, dan glikoprotein. Osteoblas mempunyai juluran sitoplasma (kanalikuli) yang berhubungan dengan sel lain.
  - b. Osteosit,

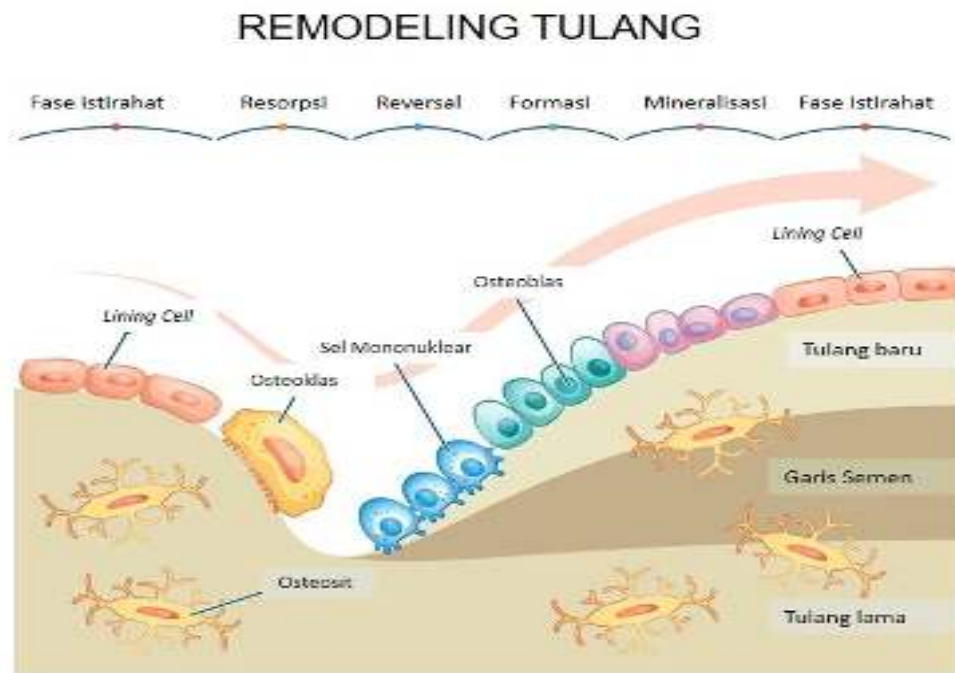
Sel berbentuk seperti buah kenari, terletak di dalam lakuna diantara lamela. Merupakan osteoblas yang terbenam di dalam matriks secara aktif mempertahankan matriks tulang. Mempunyai juluran sitoplasma yang berhubungan dengan sel lain melalui *tight junction*.
  - c. Osteoklas,

Sel motil berinti banyak (5-50 buah) dengan berbagai bentuk dan ukuran, berasal dari

penggabungan beberapa monosit sehingga termasuk bagian dari sistem fagosit mononuklear. Permukaan osteoklas aktif berlipat-lipat menghadap ke matriks tulang untuk melakukan proses resorpsi dengan mengeluarkan asam, kolagenase, dan enzim proteolitik hingga terbentuk lekukan secara enzimatik yang disebut lakuna Howship.

#### d. Lining Cells

Merupakan osteoblas pasif (*resting cell of osteoblast*), berbentuk pipih dan berjajar di permukaan jaringan tulang. Berfungsi sebagai pelindung di permukaan tulang dan sebagai cadangan osteoblas.



Gambar 3. Proses remodeling tulang

Remodeling Tulang, adalah

Proses berpasangan (*coupling mechanism*) antara pembongkaran tulang (resorpsi) oleh osteoklas dan sekaligus pembentukan tulang baru (formasi) oleh osteoblas. Tidak hanya terjadi pada tulang yang sedang tumbuh tetapi juga terjadi di sepanjang hidup manusia dengan kecepatan semakin lambat dengan bertambahnya usia.

Perbaikan fraktur (patah tulang) :

Selama proses perbaikan, bekuan darah, sel, dan matriks tulang rusak akan dibersihkan oleh makrofag. Periosteum dan endosteum di sekitar daerah fraktur memberi respons berupa proliferasi hebat sel osteoprogenitor yang membentuk jaringan selular di sekeliling dan di antara ujung fraktur. Kemudian akan terbentuk tulang muda melalui proses osifikasi endokondral maupun intramembranosa, sehingga tersusun lempeng tidak beraturan yang disebut kalus untuk

menyambung tulang. Kalus secara berangsur akan diserap dan diganti dengan tulang sekunder.

Kelainan Tulang :

- a. Osteoporosis : Penurunan kepadatan tulang karena ketidakseimbangan proses resorpsi dan formasi
- b. Tumor jinak :

Osteoma, lesi tulang jinak ditandai pertumbuhan tulang abnormal

Kondroblastoma, tumor jinak pada epifisis dengan gejala nyeri sendi yang timbul dari jaringan tulang rawan

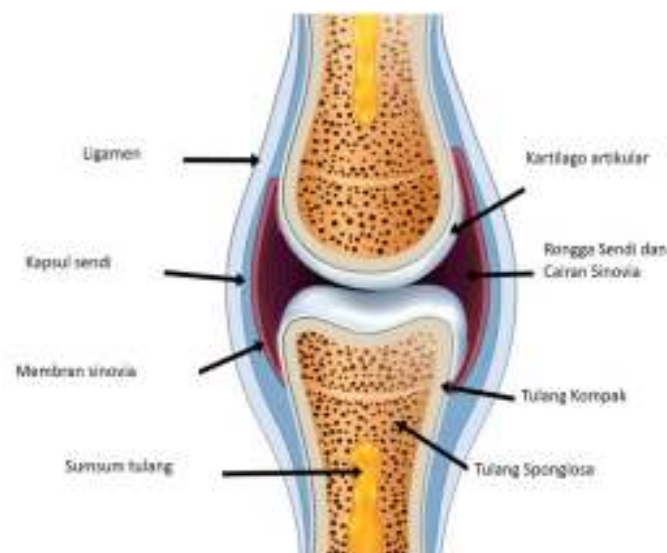
- c. Tumor ganas: Multiple myeloma, akibat proliferasi ganas sel plasma
- d. Sarkoma osteogenik/ osteosarkoma: neoplasma ganas, tumor tumbuh di metafisis, sering di ujung tulang panjang dan lutut.
- e.

### C. Struktur dan Fungsi Sendi

Merupakan daerah tulang ditutupi dan dikelilingi oleh jaringan ikat yang mempertahankan tulang dan menentukan jenis dan derajat pergerakan.

Macam :

- Sendi Diartrosis : gerakan bebas, contoh sendi siku, lutut
- Sendi Sinartrosis: sedikit atau sama sekali tidak ada gerakan :
  - a. Sinostosis, disatukan oleh jaringan tulang, contoh tengkorak
  - b. Sinkondrosis, disatukan oleh tulang rawan hialin, contoh lempeng epifisis
  - c. Sindesmosis, disatukan oleh ligamen interoseus terdiri dari jaringan ikat, contoh simfisis pubis



Gambar 3. Sendi diartrosis

Pada sendi diartrosis kontak ujung tulang dipertahankan oleh ligamen dan simpai jaringan ikat yang melingkupi sebuah rongga berisi cairan sinovial yang berfungsi sebagai pelumas dan membawa nutrisi oksigen.

Kelainan Osteoarthritis adalah gangguan pada sendi bergerak, bersifat kronik dan progresif lambat, ditandai deteriorasi dan abrasi sendi serta pembentukan tulang baru pada permukaan persendian.

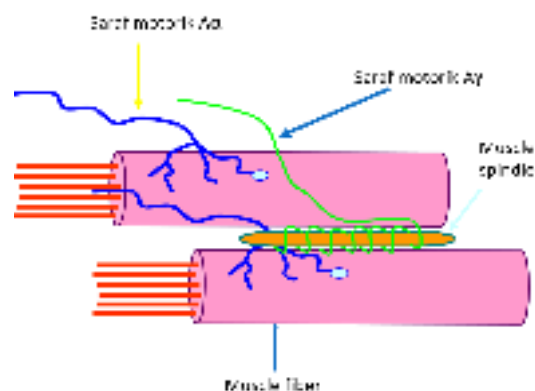
### D. Struktur dan Fungsi Otot Rangka

Otot rangka disebut juga otot skelet, otot lurik, atau otot bergaris, berfungsi membantu menggerakkan anggota tubuh, melindungi organ yang lebih dalam, memberi bentuk tubuh, dan menghasilkan panas tubuh. Otot rangka bekerja dengan cara berkontraksi yang diatur oleh sistem

saraf yang berhubungan dengan serabut otot, disebut hubungan saraf motorik – otot (*neuromuscular junction*).

Di dalam suatu otot rangka terdapat :

- *Muscle fibers* : berperan utama dalam proses kontraksi yang dipersarafi oleh serabut saraf motorik  $A\alpha$
- *Muscle spindles* : berfungsi sebagai reseptor refleks regang dan menghaluskan kontraksi, dipersarafi oleh serabut saraf motorik  $A\gamma$  dan saraf sensorik IA & II
- Jaringan ikat / fasia / tendon; sistem vaskular; sistem saraf ; sel lemak



Gambar 4. Persarafan otot rangka

Otot rangka bekerja melalui proses kontraksi dan relaksasi :

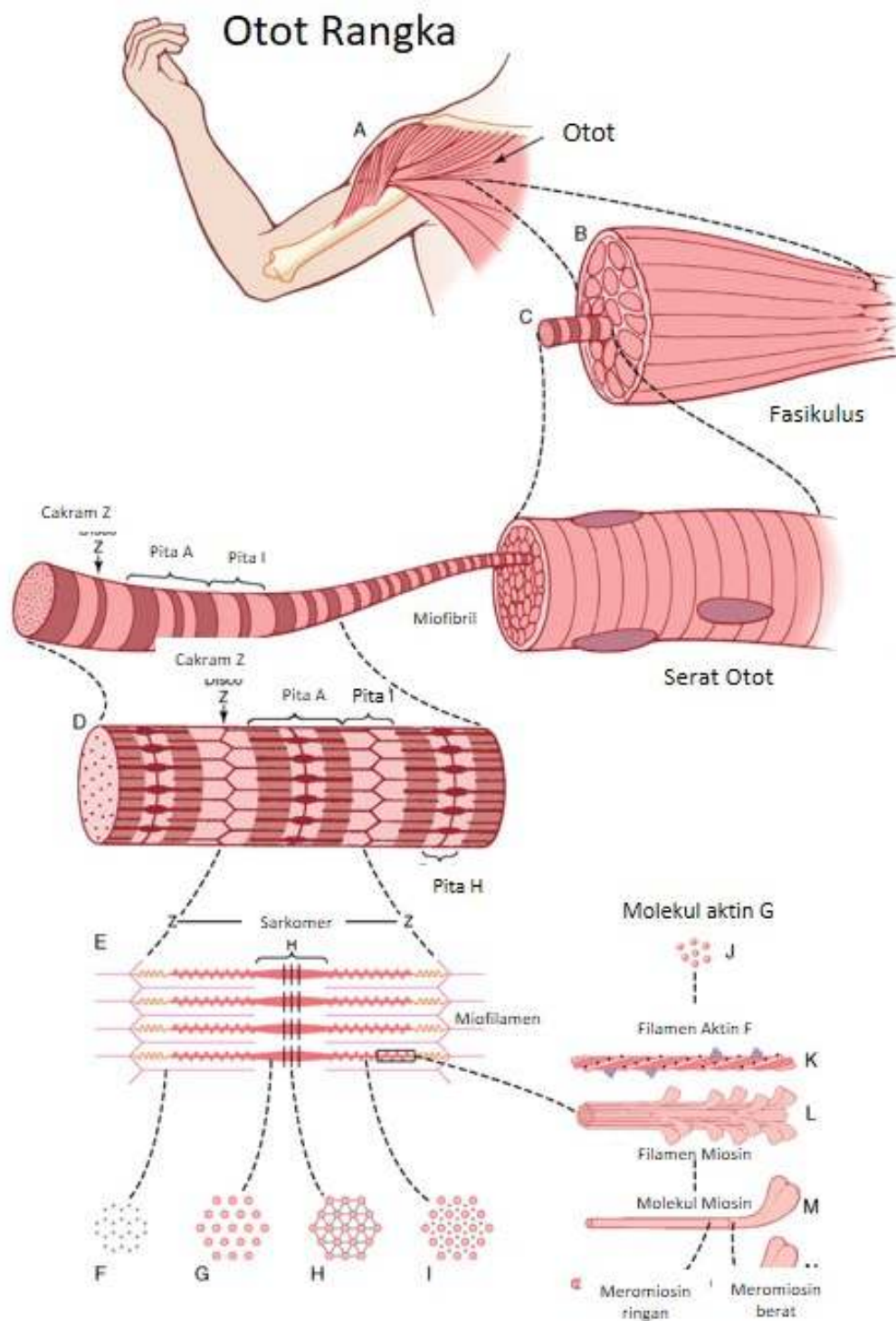
Kontraksi, terjadi bila ada pergeseran (*sliding*) antara filamen aktin dan miosin karena proses melekatnya kepala miosin pada aktin

Relaksasi, terjadi bila kepala miosin lepas dari filamen aktin sehingga miosin dan aktin terpisah kembali.

Mekanisme kontraksi dan relaksasi :

Kalsium keluar dari tempat penyimpanan di sisterna dan berikatan dengan troponin-C di rantai filamen miosin menyebabkan daerah aktif aktin terbuka sehingga kepala miosin menempel. Ikatan tersebut akan menyebabkan pergeseran filamen aktin dan miosin sehingga jarak antara kedua pangkal aktin (sarkomer) memendek, peristiwa ini disebut kontraksi.

Pompa kalsium bekerja memasukkan kalsium kembali ke sisterna sehingga kepala miosin lepas dari filamen aktin dan jarak antara kedua pangkal aktin kembali seperti semula, peristiwa ini disebut relaksasi.



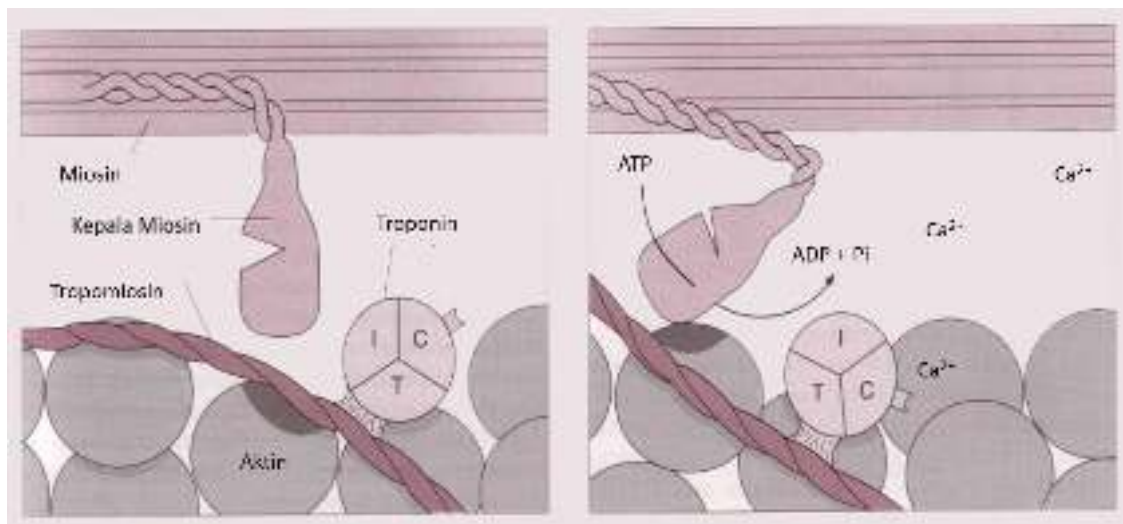
Gambar 5. Struktur otot rangka

Tahapan perambatan impuls dari saraf motorik  $A\alpha$  sampai dengan terjadinya kontraksi otot rangka :

1. Pelepasan impuls dari alpha motor neuron
2. Konduksi secara saltatori melalui saraf motorik  $A\alpha$
3. Impuls sampai ujung akson di neuromuscular junction
4. Impuls menyebabkan terbukanya *voltage-gated Ca channels*

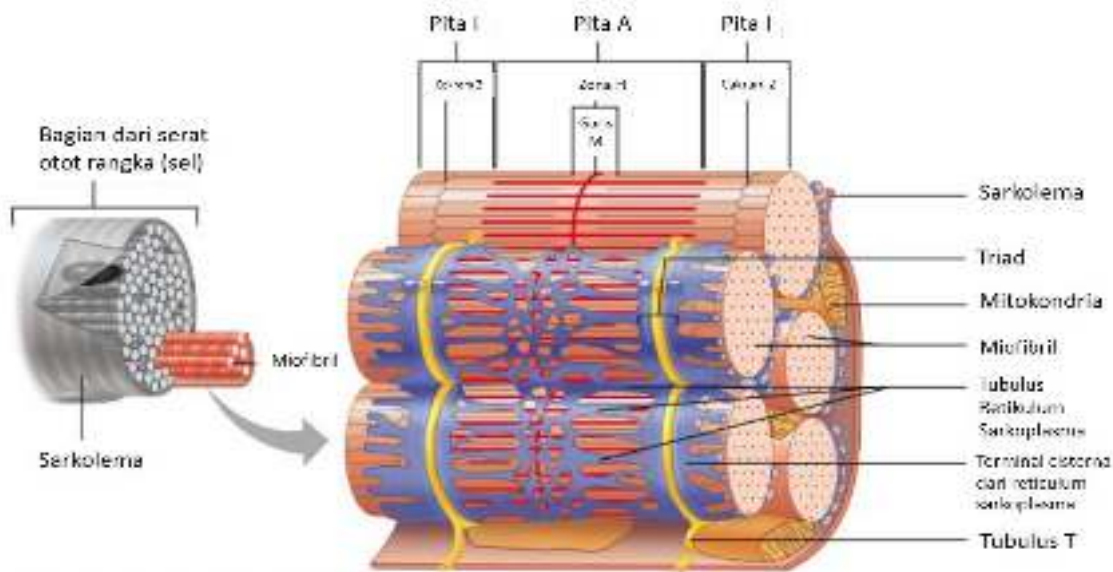


5. Influx Ca ke dalam sitosol ukung akson merangsang terjadinya docking dan selanjutnya eksositosis vesikel serta keluarnya neurotransmitter (asetil kolin) ke celah sinap
6. Asetil kolin akan berikatan dengan reseptor kolinergik tipe nikotonik yang ada pada sarkolema sinap
7. Terangsangnya reseptor kolinergik menyebabkan terbukanya saluran Na sehingga ion Na influx, akibatnya timbul EPSP (*Excitatory Post Synaptic Potential*). Bila EPSP nilai ambang maka akan terjadi suatu potensial aksi (impuls) di sarkolema (membran serabut otot)
8. Impuls yang terjadi akan dirambatkan ke semua arah (propagasi) sepanjang sarkolema juga masuk ke dalam sel otot melalui membran saluran sistem sarkotubuler (sarkotubuler retikulum (SR) + transverse tubules)
9. Impuls yang dihantarkan melalui sistem sarkotubuler akan mencapai triad yang menyebabkan terangsangnya sisterna (ujung SR) sehingga terjadi pengeluaran ion Ca. Sisterna merupakan depo ion Ca
10. Ion Ca berikatan dg Troponin-C, yang mengakibatkan *active site actin* terbuka, selanjutnya kepala miosin akan menempel dan akan menarik filamen aktin untuk lebih mendekat ke arah filamen miosin, ini disebut proses *sliding* antara aktin dan miosin. Pada saat *sliding* tersebut sarkomer akan memendek, disebut kontraksi. Makin banyak sarkomer yang aktif berarti makin kuat kontraksinya



Gambar 7. *Sliding filament* aktin dan miosin

11. Ion Ca akan masuk kembali ke dalam SR melalui transpor aktif, sehingga ion Ca akan terlepas dari Troponin C, serta terlepasnya kepala miosin dari *active site*, selanjutnya troponin akan menutupi *active site actin* lagi, ini disebut relaksasi.



Gambar 6. Komponen kontraksi otot

Gangguan kontraksi otot rangka :

- Spasme otot rangka (*muscle cramp*) :

Otot berkontraksi maksimal tanpa diikuti relaksasi.

Akibat kekurangan ATP untuk transpor Ca ke sarkoplasmik retikulum, penumpukan kalsium di sitosol menghalangi proses relaksasi.

- Atropi :

Otot lama tidak berkontraksi,

Akibat kerusakan sistem saraf motorik:  $\alpha$ , motorneuron

- Paralise

Gangguan persarafan otot sehingga terjadi kelumpuhan

Akibat kerusakan sistem saraf motorik:  $\alpha$ , Traktus Piramidalis, pusat motorik di *gyrus precentralis*

- *Myasthenia Gravis*

Kontraksi otot semakin lama semakin lemah

Akibat gangguan transmisi impuls di nerumuskular junction, krn berkurangnya asetil kolin atau reseptor kolinergik di neuromuskular junction

- Rigor Mortis

Kekakuan otot pada mayat krn ATP habis sehingga tidak ada relaksasi.

## **BAB VIII**

### **KONSEP DASAR SEL DALAM KEPERAWATAN**

#### **PENDAHULUAN**

Sel merupakan jembatan antar molekul dan manusia, sel juga disebutkan sebagai kesatuan tubuh yang hidup karena satuan dasar kehidupan tubuh adalah sel dan setiap organ merupakan kesatuan dari berbagai sel yang berbeda-beda yang dihubungkan dengan struktur penunjang interselular. Meskipun tubuh memiliki jumlah sel yang sangat besar dan berbeda-beda, namun sel tersebut memiliki karakteristik dasar tertentu yang mirip antara satu dengan yang lain.

Didalam Sel, oksigen bergabung dengan hasil pemecahan karbohidrat, lemak atau protein untuk melepaskan energi yang dibutuhkan untuk fungsi sel. Dalam semua sel juga terjadi mekanisme merubah bahan makanan menjadi energi, dan setiap sel memiliki kemampuan untuk bereproduksi, sehingga bila ada salah satu sel yang rusak maka sel yang masih tersisa dan jenis yang sama akan membentuk sel-sel yang baru hingga jumlah persediaan sel dicukupkan kembali. Contohnya saat ada luka, pada tahap inflamasi sel darah putih akan menghancurkan kuman pada area luka dimana hal ini merupakan mekanisme alami tubuh untuk mencegah infeksi, sel darah putih juga memproduksi senyawa kimia yang dapat memperbaiki jaringan tubuh yang rusak hingga sel-sel kulit baru akan tumbuh menutup area luka.

Setelah mempelajari BAB ini yang terdiri dari

Topik 1 : PENGERTIAN, SUSUNAN SEL DAN FUNGSINYA

Topik 2 : STRUKTUR FISIK SEL

Topik 3 :

Maka diharapkan mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan teori dasar sel dan jaringan sebagai dasar dalam memberikan asuhan keperawatan.

#### **TOPIK 1**

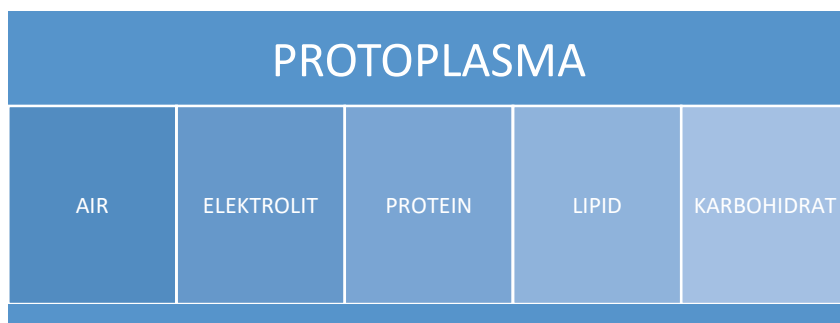
##### **PENGERTIAN, SUSUNAN SEL DAN FUNGSINYA**

Sel pertama sekali ditemukan oleh Robert Hooke melalui penelitiannya, Ia menemukan jaringan kambium gabus yang memiliki ruangan atau kamar yang disebut juga dari kata latin *CELLULA* yang berarti ruangan kecil. Ukuran dan bentuk sel bermacam-macam, meskipun ukuran sel yang sangat kecil, strukturnya rumit dan masing-masing bagian sel memiliki fungsi khusus.

Sel diartikan sebagai kesatuan struktural dan fungsional makhluk hidup sebagai penyusun makhluk hidup dan melaksanakan semua fungsi kehidupan. Sel merupakan bagian terkecil dari makhluk hidup yang dapat melaksanakan kehidupan, sel disebut juga sebagai unit terkecil karena sudah tidak bisa dibagi-bagi lagi menjadi bagian yang lebih kecil yang berdiri sendiri. Sel memiliki kemampuan dapat melakukan proses kehidupan baik sebagai respirasi, penyusunan, reproduksi melalui pembelahan sel dan terhadap rangsangan.

Sel tersusun dari sejumlah 100 triliun atau lebih sel yang terdapat dalam tubuh manusia yang merupakan struktur hidup yang dapat mempertahankan hidupnya dalam jangka waktu yang tidak terbatas yang dapat berkembang biak sendiri, menyediakan cairan disekitarnya dengan bahan nutrisi yang sesuai.

Sel memiliki dua bagian utama yakni Nukleus dan Sitoplasma. Nukleus dipisahkan dari sitoplasma oleh membran nukleus dan sitoplasma dipisahkan dari cairan sekelilingnya oleh membran sel. Substansi yang turut membentuk sel secara keseluruhan disebut protoplasma. Protoplasma terdiri dari air, elektrolit, protein, lipid dan karbohidrat (bagan 1)



#### AIR

- Air merupakan komponen utama bagi sel yang terdapat pada sebagian besar sel selain sel-sel lemak
- Terdapat 70-85% kandungan air pada sel
- Terdapat 10% lemak dalam sel
- Berfungsi sebagai katalisator dalam berbagai reaksi biologis dalam sel
- Berfungsi sebagai reaksi dalam saluran cerna untuk memecah atau menghidrolisis zat gizi kompleks menjadi bentuk lebih sederhana
- Berfungsi sebagai pelumas dalam cairan sendi-sendi tubuh

## Elektrolit

- Elektrolit yang paling penting dalam sel adalah kalium, magnesium, fosfat, sulfat, bikarbonat dan sedikit natrium, klorida dan kalsium
- Elektrolit menyediakan bahan kimia inorganik untuk menimbulkan reaksi-reaksi dalam sel
- Elektrolit diperlukan untuk kerja beberapa mekanisme pengaturan sel
- Elektrolit berperan dalam menjaga kinerja saraf dan otot
- Elektrolit berfungsi menjaga keseimbangan asam dan basa
- Elektrolit berfungsi menjaga tubuh tetap dalam kondisi terhidrasi
- Elektrolit berfungsi untuk mendukung aktivitas sel dan jaringan tubuh

## PROTEIN

- Dalam keadaan normal protein normal berjumlah 10-20% dari massa sel
- Protein merupakan makromolekul yang terbentuk dari asam amino yang tersusun dari atom nitrogen, karbon dan oksigen
- Protein menghasilkan enzim dan hormon yang dapat menjaga fungsi sel dan organ tubuh
- Enzim berhubungan langsung dengan bahan lain didalam sel dan mengkatalisasi reaksi-reaksi kimia misalnya memecahkan glukosa menjadi komponennya dan kemudian bergabung dengan oksigen untuk membentuk karbondioksida dan air
- Protein berfungsi sebagai zat utama sebagai zat untuk memperbaiki jaringan sel agar dapat bekerja dengan optimal
- Protein berperan besar dalam menyusun hampir semua bagian tubuh kita misalnya otot dan tulang, jantung, paru-paru, otak, kulit dan rambut
- Protein bertanggung jawab dalam mengganti jaringan di tubuh yang telah rusak

## LIPID

- Fungsi biologis utama lipid yaitu untuk menyimpan energi
- Berperan dalam komponen pembangun membran sel
- Lipid juga berperan sebagai sumber lemak esensial, alat pengangkut vitamin larut dalam lemak
- Lipid paling penting pada kebanyakan sel adalah fosfolipid dan kolesterol kira-kira 2% dari jumlah total massa sel
- Selain fosfolipid dan kolesterol, beberapa sel mengandung trigliserida yang disebut lemak netral, Kadar trigliserida mengandung 95% massa sel.

- Lemak yang tersimpan dalam sel ini berperan sebagai gudang energi utama nutrisi penghasil energi dalam tubuh

## KARBOHIDRAT

- Memiliki peran yang kecil dalam struktur dan fungsi sel
- Karbohidrat berperan utama dalam nutrisi sel
- Merupakan bagian dari molekul glikoprotein
- Karbohidrat dalam bentuk glukosa yang larut selalu ditemukan dalam cairan ekstraseluler sekitar sel, sehingga selalu siap tersedia bagi sel
- Karbohidrat dalam jumlah kecil selalu disimpan dalam sel dalam bentuk glikogen yang merupakan polimer glukosa yang tidak larut dan dapat segera dipergunakan oleh sel untuk mensuplai kebutuhan energi.

## TOPIK 2

### STRUKTUR FISIK SEL

Sel tidak hanya merupakan kantong yang berisi cairan enzim dan bahan kimia, sel juga mengandung struktur-struktur fisik yang sangat terorganisasi yang sebagian besar disebut organe. Sifat fisik dari setiap struktur ini sama pentingnya dengan bahan-bahan kimiawi dalam sel untuk fungsi sel. Adapun Struktur Fisik sel dapat dilihat pada bagan 2

Bagian Sel	Struktur	Fungsi
Membran Plasma	Lapis ganda lipid yang ditaburi oleh protein dari sejumlah kecil karbohidrat	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sawar selektif antara isi sel dan cairan ekstrasel</li> <li>✓ Mengontrol aliran zat masuk dan keluar sel</li> <li>✓</li> </ul>
Nukleus	DNA dan protein khusus yang dibungkus oleh sebuah	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pusat pengaturan sel</li> <li>✓ Menyimpan informasi genetik</li> </ul>

	membran berlapis ganda	✓ Menyediakan kode-kode untuk mensintesis protein struktural dan enzimatik
SITOPLASMA Organel-organel		
Retikulum Endoplasma	Jaringan membranosa yang luas dan kontiniu	Pembentukan membran sel baru dan komponen-komponen sel lain serta pembuatan zat-zat untuk disekresi
Kompleks Golgi	Kantung membranosa yang gepeng dan bertumpuk-tumpuk	Pusat modifikasi, pengemasan dan distribusi protein yang baru disintesa
Lisosom	Kantung membranosa yang mengandung enzim-enzim hidrolitik	Sistem pencernaan sel, menghancurkan bahan yang tidak diinginkan, misalnya benda asing
Peroksisom	Kantung membranosa yang mengandung enzim-enzim oksidatif	Aktivitas detoksifikasi
Mitokondria	Badan-badan berbentuk batang atau oval dibungkus	✓ Organel energi, tempat utama untuk membentuk ATP

	oleh dua membran, dengan membran bagian dalam melipat-lipat menjadi krista yang menonjol ke matriks bagian dalam	✓ Mengandung enzim-enzim untuk siklus asam sitrat dan rantai transportasi elektron
Vault	Tong-tong berbentuk oktagonal	Kemungkinan mengangkut RNA pembawa pesan (messenger RNA) dan nukleus ke sitoplasma
SITOSOL		
Enzim-enzim metabolisme perantara	Susunan sekuensial di dalam sitoskeleton	Reaksi intrasel yang melibatkan penguraian, sintesis dan transformasi molekul organik kecil
Ribosom	Granula-granula RNA dan protein sebagian melekat ke retikulum endolasma kasar, sebagian bebas di sitoplasma	Sintesis Protein

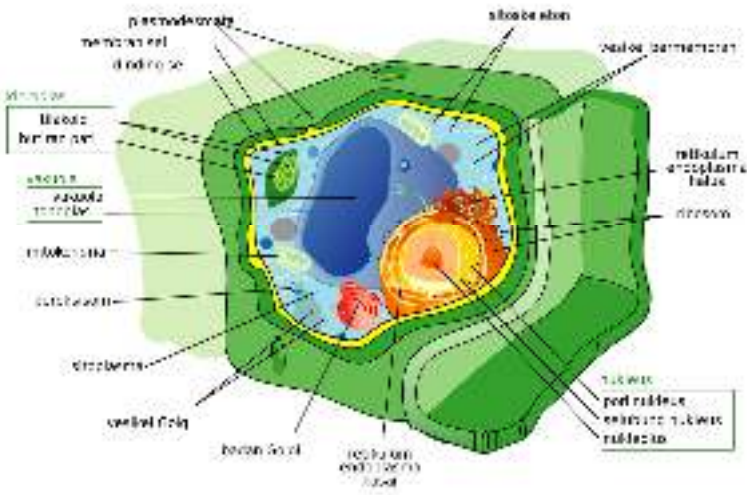


Vesikel Sekretorik	Paket-paket produk sekretorik yang terbungkus membran mengosongkan isinya ke luar sel	Menyimpan produk sekretorik sampai mendapat sinyal
Inklusi	Granula glikogen, butir lemak	Menyimpan kelebihan nutrient
SITOSKELETON		
Mikrotubulus	Pipa-pipa berongga, lngsing, panjang yang terdiri dari molekul-molekul tubulin	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mempertahankan bentuk sel asimetris</li> <li>✓ Mengkoordinasikan gerakan sel yang kompleks</li> <li>✓ Memfasilitasi transportasi vesikel di dalam sel</li> <li>✓ Berfungsi sebagai komponen struktural dan fungsional yang dominan pada silia dan flagela</li> </ul>
Mikrofilamen	Rantai-rantai molekul aktin yang berjaln secara heliks, terdapat juga di sel-sel otot	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Berperan pada berbagai fungsi dan sistem kontraktil sel</li> <li>✓ Berperan dominan pada kontraksi otot</li> <li>✓ Membentuk perangkat</li> </ul>

		<p>kontraktil bukan otot</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sebagai penguat mekanis untuk mikrovili</li> <li>✓ Meningkatkan luas permukaan untuk penyerapan di usus dan ginjal</li> <li>✓ Mengalami spesialisasi untuk mendeteksi suara dan perubahan posisi di telinga</li> </ul>
Filamen intermedial	Protein ireguler seperti benang	Memiliki peran struktural di bagian sel yang mendapat stress mekanis
Kisi-kisi mikrotrabekular	Jalinan filamen-filamen yang sangat halus dan saling berkaitan	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Menggantung dan menghubungkan secara fungsional unsur-unsur sitoskeleton yang lebih besar dan berbagai organel</li> <li>✓ Menghasilkan enzim sitosol</li> <li>✓ Bertanggungjawab dalam menentukan bentuk rigiditas dan geometri ruang setiap jenis sel</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Bertanggungjawab mengarahkan transportasi intrasel dan untuk mengatur gerakan sel</li> <li>✓ Mengatur pertumbuhan dan pembelahan sel</li> </ul>
--	--	--

Gambar Struktur Fisik Sel dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini



# **BAB IX**

## **KONSEP DASAR BIOMEKANIKA DAN BIOELEKTRIK**

### **PENDAHULUAN**

Fisika berasal dari bahasa Yunani *Physike* yang berarti ilmu alam. Ilmu fisika mempelajari mengenai sifat dan fenomena alam serta seluruh interaksi yang terjadi di dalamnya, termasuk di dalamnya fenomena-fenomena dan interaksi-interaksi apa saja yang terjadi pada tubuh manusia. Bab ini disusun sedemikian rupa agar mahasiswa mampu memahami konsep-konsep fisika khususnya dalam bidang kesehatan sehingga diharapkan mahasiswa dapat menyelesaikan masalah-masalah terkait asuhan keperawatan.

Adapun topik-topik yang akan dibahas pada bab ini adalah sebagai berikut:

- a. Konsep Biomekanika
- b. Konsep Dasar Bioelektrik
- c. Fluida dan Cairan Tubuh
- d. Penerapan Fluida dalam Keperawatan

### **A. KONSEP BIOMEKANIKA**

#### **1. Pengukuran dan Satuan**

Segala sesuatu yang dapat diukur dan dapat dinyatakan dalam angka disebut besaran. Pengukuran merupakan suatu proses membandingkan antara besaran yang tidak diketahui dengan besaran standar yang telah ditetapkan. Dalam ilmu fisika dikenal dua jenis besaran, yaitu besaran pokok dan besaran turunan. Besaran pokok terdiri dari: panjang, massa, waktu, arus, temperatur, jumlah molekul zat dan intensitas cahaya; sedangkan besaran turunan meliputi: gaya, usaha, daya, luas, massa jenis, dsb. Satuan merupakan unit acuan atau ukuran dari suatu besaran, misalnya Kilogram, Meter, Ampere, Kelvin, Liter, menit, celcius, kalori, dll.

Ketika melakukan suatu pengukuran dibutuhkan alat yang dinamakan alat ukur. Alat ukur yang digunakan bergantung pada objek apa yang akan kita ukur. Ketelitian dan kebenaran merupakan hal yang penting dalam suatu proses pengukuran. Pencatatan hasil pengukuran dinamakan registrasi, sedangkan kalibrasi adalah proses akurasi alat ukur. Registrasi dan kalibrasi merupakan dua hal yang harus dilakukan saat melakukan pengukuran. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang kesehatan, terjadi peningkatan ketelitian pengukuran dalam praktik klinis. Hal ini dikarenakan hasil pengukuran tersebut dapat memberikan gambaran keadaan tubuh pasien.

Kerap kali dalam melakukan pengukuran terjadi kesalahan, kesalahan tersebut kita kenal dengan nama *False positive* (FP) atau positif palsu dan *False negative* (FN) atau negative palsu. Hal

tersebut dapat terjadi salah satunya karna kesalahan dalam membaca hasil pengukuran atau karna alat yang tidak dikalibrasi secara berkala.

## 2. Hukum Dasar Biomekanika

Biomekanika merupakan studi tentang gerakan yang dihasilkan oleh sistem musculoskeletal. Kajian tsb didasari oleh hukum Newton yang terdiri dari Hukum Newton I, II dan III.

### a. Hukum Newton I (inersia/kelembaman)

Hukum Newton I berbunyi: “Setiap objek berlangsung dalam keadaan istirahat atau gerakan yang sama pada suatu garis lurus. Kecuali benda itu dipaksa untuk berubah keadaan oleh gaya yang bekerja padanya” atau dapat diartikan bahwa suatu benda mempunyai kecenderungan untuk mempertahankan keadaannya, baik itu tetap diam maupun tetap bergerak. Maka dapat dituliskan:

$$\Sigma F = 0$$

### b. Hukum Newton II

Hukum Newton II berbunyi: “Apabila ada gaya yang bekerja pada suatu benda maka benda akan mengalami percepatan yang arahnya sama dengan arah gaya” atau dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\Sigma F = m \cdot a$$

dengan,  $F$  = gaya, satuannya N (Newton)

$m$  = massa, satuannya Kg (Kilogram)

$a$  = percepatan, satuannya  $m/s^2$  (meter/sekon)

1 Newton = 1 Kg.m/s<sup>2</sup>

### c. Hukum Newton III (Hukum Aksi-Reaksi)

Hukum Newton III berbunyi: “Untuk setiap aksi, selalu ada reaksi yang arahnya berlawanan” atau dapat dirumuskan dengan

$$F_{aksi} = -F_{reaksi}$$

## 3. Aspek Biomekanika

Gaya merupakan suatu pengaruh pada sebuah benda yang mengakibatkan benda tersebut mengubah kecepatannya. Hakikatnya gaya dapat bekerja pada tubuh dan di dalam tubuh. Pengaruh gaya terhadap tubuh manusia misalnya: gaya otot memengaruhi sirkulasi darah dan paru-paru, berat badan, varises, edema, dll.

### a. Gaya Statis dan Dinamis

Gaya yang bekerja pada tubuh manusia ada dua jenis, yaitu gaya statis dan dinamis. Gaya statis berdasar pada Hukum Newton I, sedangkan gaya dinamis berdasar pada Hukum Newton II. Tubuh dikatakan statis apabila tubuh berada dalam keadaan setimbang atau dengan kata lain jumlah gaya dalam segala arah dan jumlah momen gaya terhadap sumbu sama dengan 0.

Sistem muskuloskeletal bekerja sebagai pengumpul/pengungkit. Dalam tubuh manusia dikenal tiga tipe sistem pengumpul, yaitu tipe I, II dan III. Tipe I adalah ketika titik tumpuan terletak diantara

gaya berat (W) dan gaya otot (M), misalnya saat kita berdiri dengan kaki direntangkan. Tipe II terjadi ketika gaya berat (W) berada diantara titik tumpuan dan gaya otot (M), misalnya saat kita sedang berjinjit, posisi ini tidak stabil dan dapat menyebabkan kita terjatuh. Tipe III adalah ketika gaya otot (M) terletak diantara titik tumpuan dan gaya berat, misalnya posisi tangan saat mengangkat beban.

b. Pusat Gravitasi dan Massa Tubuh

Gaya tarik bumi terhadap suatu benda dinamakan gaya gravitasi. Pusat gravitasi adalah titik yang dipakai gaya gravitasi pada tubuh. Suatu titik dimana seluruh massa dari benda tersebut berada disebut titik pusat massa. Nilai percepatan gravitasi di permukaan bumi adalah  $9,8 \text{ m/detik}^2$ . Titik pusat massa tubuh manusia tidak tetap, hal ini dikarenakan banyaknya aktifitas/gerakan yang dilakukan tubuh. Selain itu kecelakaan, kehamilan, obesitas, postur yang buruk dan penyebab tertentu lainnya dapat menyebabkan terjadinya perpindahan pusat gravitasi ke lokasi tak alami pada tubuh.

Ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk menentukan pusat gravitasi tubuh, yaitu: dengan menggantungkan sebuah objek pada dua titik berbeda, berdiri di atas sebuah papan dimana kedua ujung papan terletak di atas timbangan, metoda grafik dan metoda analisa.

c. Gaya Gesek

Gaya gesek adalah gaya yang berlawanan arah dengan arah gerak benda, gaya ini terbentuk karena dua permukaan benda saling bersentuhan. Kehadiran gaya gesek membuat kita dapat melangkah/berlari tanpa tergelincir/terpeleset. Gaya maksimum gesekan dirumuskan:  $f = \mu \cdot N$  dengan,  $f$  = gaya gesek, satuannya Newton (N)

$\mu$  = koefisien gaya gesek

$N$  = gaya normal, satuannya Newton (N)

d. Kecepatan dan Percepatan

Kinematika mempelajari gerakan benda tanpa memperhatikan penyebabnya, sedangkan dinamika menjabarkan mengenai gerak benda dan apa yang menyebabkan benda tersebut bergerak. Kecepatan dan percepatan merupakan besaran-besaran fisika yang dikaji dalam kinematika. Percepatan tubuh dapat menyebabkan: seolah terjadi kenaikan atau penurunan berat tubuh, perubahan tekanan hidrostatik, distorsi jaringan elastik tubuh dan kecenderungan zat-zat padat terlarut untuk terpisah. Jika percepatannya cukup besar, tubuh dapat kehilangan kendali, pandangan gelap, bahkan hilang kesadaran.

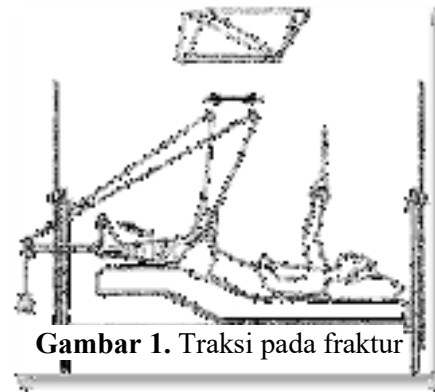
Saat tubuh menumbuk/menabrak benda padat, maka akan terjadi perlambatan yang menghasilkan gaya-gaya. Gaya setara dengan laju perubahan momentum, sehingga dapat dirumuskan:

$$F = m a = m \left( \frac{\Delta v}{\Delta t} \right) = \Delta (mv) / \Delta t$$

F = laju perubahan momentum

#### 4. Aplikasi Biomekanika dalam Bidang

Sistem pengumpil, traksi, ergonomi, pasien dan posisi yang seimbang merupakan contoh pengaplikasian biomekanika dalam kesehatan.



Gambar 1. Traksi pada fraktur

Kesehatan

mobilisasi  
beberapa  
bidang

## B. KONSEP DASAR BIOELEKTRIK

### 1. Hukum-Hukum dasar Bioelektrik

Kelistrikan memegang peranan penting dalam tubuh manusia karna tubuh kita membutuhkan tegangan listrik untuk dapat menggerak organ-organ. Hukum-hukum yang berkaitan dengan bioelektrik adalah Hukum Ohm dan Hukum Joule.

#### Hukum Ohm

“Perbedaan potensial antara ujung konduktor berbanding langsung dengan arus yang melewati, berbanding terbalik dengan tahanan dari konduktor” atau dapat dinyatakan dalam rumus:

$$R = \frac{V}{I}$$

dengan, R = hambatan, satuannya Ohm ( $\Omega$ )

V = Tegangan, satuannya Volt (V)

I = Kuat arus, satuannya Ampere (A)

#### Hukum Joule

“Arus listrik yang melewati konduktor dengan perbedaan tegangan (V) dalam waktu tertentu akan menimbulkan panas” atau dapat dinyatakan dalam rumus:

$$H_1 (\text{Kalori}) = \frac{VI t}{J}$$

dengan, V = tegangan, satuannya Volt (V)

I = kuat arus, satuannya Ampere (A)

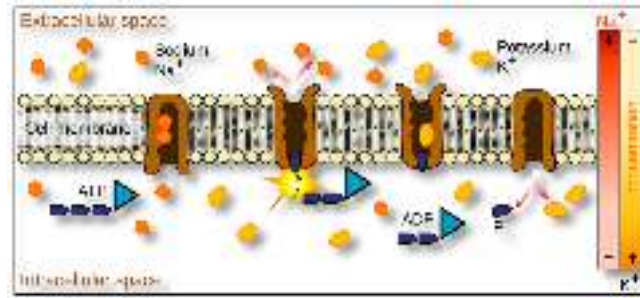
t = waktu, satuannya sekon (s)

J = Joule = 0,239 Kal.

### 2. Bioelektrik Sel

Semua sel hidup memiliki perbedaan muatan listrik, mengakibatkan terbentuknya gradient voltase listrik yang melintasi membrane dan dapat diukur dengan mikroelektroda (disebut potensial membrane/*membrane potential*). Perbedaan komposisi ionik cairan intraseluler dan ekstraseluler mengakibatkan terjadinya potensial membrane. Mengonsumsi elektrolit secara seimbang dibutuhkan

untuk menjaga keseimbangan tegangan arus listrik. Kation utama dalam sel adalah Kalium ( $Ka^+$ ), sedangkan kation utama di luar sel adalah Natrium ( $Na^+$ ).

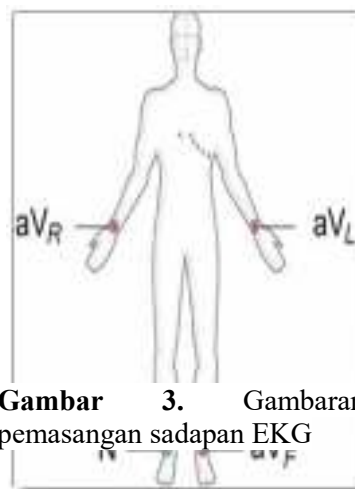


**Gambar 2.** Pompa Natrium dan Kalium pada sel

Sel dibatasi oleh membrane sel yang tersusun atas lapisan fosfolipid dan protein membrane yang terikat. Lipid bersifat isolator sehingga ion bermuatan listrik tidak dapat berdifusi menembus lipid, oleh karna itu ion-ion tersebut diangkut melalui protein transport atau mengalir melalui saluran ion. Saluran ion pun bersifat selektif, hanya bisa mengalirkan ion tertentu misalnya  $Ka^+$  saja atau  $Na^+$  saja. Kontraksi otot terjadi karna perbedaan potensial tersebut.

### 3. Bioelektrik Otot jantung

SA node merupakan *pace marker* yang terletak kanan, bagian inilah yang mengatur irama jantung. SA bergetar sekitar 72 kali permenit. Irama jantung menggunakan EKG/ECG (*Electrocardiogram*). EKG dipasang pada beberapa tempat yaitu: dada, atas kanan dan kiri, serta ekstremitas bawah kiri dan kanan. Kelainan yang muncul pada rekaman EKG menunjukkan kelainan sistem kelistrikan pada EKG, hambatan/pemanjangan berarti gambaran kontraksi pemompaan jantung tidak optimal.



**Gambar 3.** Gambaran pemasangan sadapan EKG

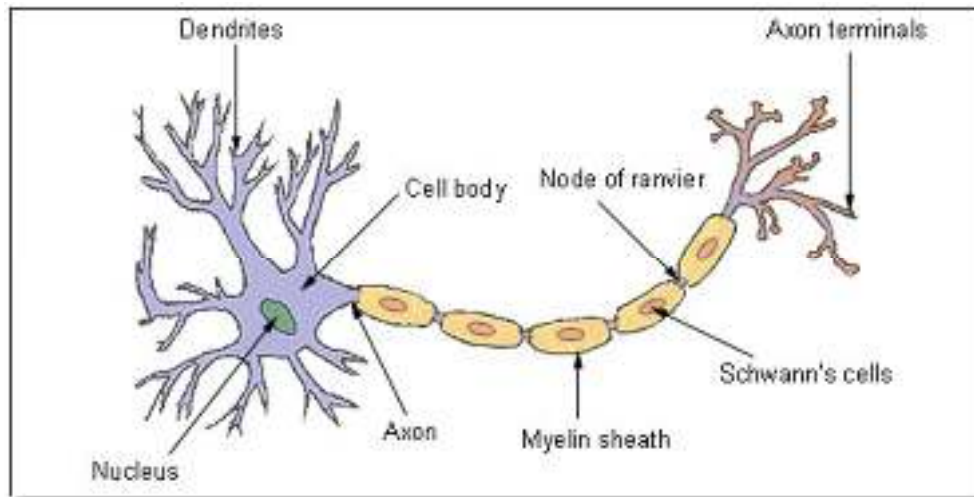
pada atrium node direkam Sadapan ekstremitas kanan.

jika terlihat untuk

### 4. Bioelektrik saraf

Ada tiga fungsi dari sistem saraf, yakni: *input* sensoris, integrasi dan *output* motoris. Sistem saraf terbagi menjadi dua bagian, yaitu: sistem saraf pusat/SSP (*Central Nervous System/CNS*) dan sistem saraf tepi/SST (*Peripheral Nervous System/PNS*). Neuron merupakan struktur dasar dari sistem saraf, terdiri dari bagian yang dinamakan dendrite, badan sel, akson, selubung myelin dan nodus ranvier.





**Gambar 4.** Struktur sel saraf

Sinyal-sinyal diterima oleh dendrite dan dirambatkan sepanjang akson, ketika sinyal tersebut mencapai ujung neuron akan ditransmisikan ke saraf berikutnya atau ke otot melalui penghubung yang disebut sinapsis. Sinapsis merupakan persambungan unik yang mengontrol antara neuron dengan sel lainnya. Sinyal gelombang depolarisasi tadi diteruskan dengan cara lompat dari satu sel ke sel berikutnya. Pada saat terjadi depolarisasi, zat kimia otot akan bergetar/berdenyut yang mengakibatkan otot berkontraksi dan dilanjutkan dengan proses repolarisasi (otot bereaksi).

Ada tidaknya selubung myelin pada akson memengaruhi sistem kelistrikan pada neuron. Selubung myelin berfungsi sebagai isolator sehingga sinyal transmisi satu jalur saraf tidak melompat ke serabut saraf lainnya. Neuron yang tidak bermyelin sebagian besar sebagai penyusun sel otak. Serat neuron berdiameter besar lebih cepat menghantarkan impuls dibandingkan dengan serat neuron berdiameter kecil. Hal ini dikarenakan beda potensial pada serat neuron berdiameter besar lebih besar dibandingkan serat neuron diameter kecil.

### C. FLUIDA DAN CAIRAN TUBUH

Fluida disebut juga zat alir yang menempati ruang dan mengalir dibawah pengaruh gravitasi, dapat berupa zat cair maupun gas. Dalam tubuh manusia terdapat berbagai macam fluida, darah dan urin merupakan contoh fluida cair sedangkan gas pernafasan dan gas hasil pencernaan merupakan contoh fluida gas. Secara umum fluida terbagi dua, yakni: fluida statik ( $\rho$ , P, tegangan permukaan) dan fluida dinamik tekanan aliran fluida). Hidrostatika adalah ilmu yang mempelajari fluida yang tak bergerak. Zat cair dan gas tergolong dalam fluida tetapi terdapat perbedaan antara keduanya, yaitu:

Tabel 1. Perbedaan antara fluida zat cair dan gas

Zat Cair	Zat Gas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Molekulnya terikat secara longgar tetapi tetap berdekatan</li> <li>• Tekanan terjadi karna adanya gaya gravitasi bumi</li> <li>• Tekanan terjadi tegak lurus pada bidang</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Molekul bergerak bebas dan saling bertumbukan</li> <li>• Tekanan terjadi karna perubahan momentum</li> <li>• Tekanan terjadi tidak tegak lurus pada bidang</li> </ul>

## 1. Hukum-Hukum Dasar Fluida

### Massa Jenis cairan

Massa jenis adalah massa cairan dibagi dengan volumenya

$$\rho = \frac{m}{V}$$

dengan,  $\rho$  = massa jenis, satuannya  $\text{Kg/m}^3$

$m$  = massa, satuannya  $\text{Kg}$

$V$  = volume, satuannya  $\text{m}^3$

### Tekanan

Tekanan adalah gaya/satuan luas atau

$$P = \frac{F}{A}$$

dengan,  $P$  = tekanan, satuannya  $\text{N/m}^2$  atau  $\text{Pa}$

$F$  = gaya, satuannya  $\text{N}$

$A$  = luas permukaan, satuannya  $\text{m}^2$

Fluida yang berada dalam keadaan tenang akan memberikan gaya tegak lurus ke seluruh permukaan kontakannya, dimana semakin kecil permukaan maka akan semakin besar pula tekanan yang akan diberikan. “Tekanan yang diberikan pada fluida tertutup akan diteruskan tanpa mengalami pengurangan ke setiap bagian fluida dan dinding bejana” atau dapat dirumuskan sbb:

$$P = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} = \frac{F_3}{A_3}$$

Tekanan hidrostatis adalah tekanan yang kita dapatkan saat kita berada dalam air atau dapat dirumuskan sbb:  $p = p_0 + \rho gh$

dengan,  $p$  = tekanan hidrostatis pada kedalaman  $h$ , satuannya  $\text{N/m}^2$

$p_0$  = tekanan udara pada permukaan, satuannya  $\text{N/m}^2$

$\rho$  = massa jenis fluida, satuannya  $\text{Kg/m}^3$

$g$  = gaya gravitasi, satuannya  $\text{m/s}^2$

$h$  = kedalaman fluida, satuannya  $\text{m}$

Dalam bidang kesehatan, tinggi kolom air raksa (Hg) paling banyak dijadikan sebagai acuan tekanan. Tekanan yang dinyatakan oleh tinggi cairan dirumuskan  $P = \rho g h$  dengan, P = tekanan, satuannya N/m<sup>2</sup>

$\rho$  = massa jenis fluida, satuannya Kg/m<sup>3</sup>

$g$  = gaya gravitasi, satuannya m/s<sup>2</sup>

$h$  = kedalaman fluida, satuannya m

### Aliran zat dalam pembuluh

Debit ialah volume zat cair yang mengalir melalui pembuluh tiap detiknya. Hukum poiseuille adalah hukum yang menyatakan bahwa zat cair yang mengalir melalui pipa akan berbanding langsung dengan penurunan tekanan sepanjang pipa dan pangkat empat jari-jari pipa atau dapat dituliskan

$$\text{Flow rate} = \frac{\pi r^4 (P_1 - P_2)}{8 \eta L} = \frac{\text{Pressure}}{\text{Resistance}} = \frac{\text{Tekanan}}{\text{Tahanan}} = N.S/m^5$$

Hukum ini dapat menjelaskan mengapa lansia mengalami pingsan akibat tekanan darah yang meningkat dan mengapa daerah ujung tubuh suhunya lebih dingin. Adapun tahanan terhadap debit zat cair adalah: panjang pembuluh (semakin panjang pembuluh maka aliran akan mendapatkan tahanan yang semakin besar, sehingga debit akan berkurang); diameter pembuluh (semakin besar diameter pembuluh, maka aliran zat cair akan semakin cepat); kekentalan (semakin kental zat cair maka semakin besar gaya gesek pada dinding pembuluh yang menyebabkan tahanan semakin besar) dan tekanan (aliran zat cair berbanding langsung terhadap perbedaan tekanan).

### Hukum Fick

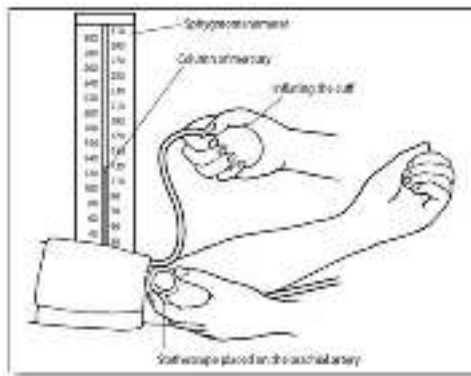
Arah difusi adalah dari daerah dengan konsentrasi tinggi ke daerah dengan konsentrasi rendah. Proses difusi difasilitasi oleh membran, membran pada sel makhluk hidup umumnya bersifat semipermeabel atau hanya dapat dilalui oleh molekul tertentu. Difusi berbagai macam molekul selain darah yang melewati membrane disebut dialisis, contoh dialisis pada tubuh manusia adalah kerja ginjal dan efek diuretiknya. Perbedaan konsentrasi antara dua larutan yang dipisahkan oleh membran dapat mengakibatkan perpindahan air melalui membrane yang disebut osmosis.

## 2. Mekanisme Kerja Jantung

Sekitar 80 mL darah dipompa setiap kali otot jantung berkontraksi pada orang dewasa normal. Terdapat perbedaan tekanan pada kedua pompa jantung, pada sistem pulmonal tekanannya lebih rendah tekanan maksimum/systole = 25 mmHg, sedangkan pada sistemik tekanan maksimum/systole 120 mmHg. Otot ventrikel kiri lebih tebal tiga kali lipat dibandingkan otot ventrikel kanan. Tekanan darah dapat meningkat hingga 50% serta volume darah yang dipompa dapat meningkat sampai lima kali lipat saat tubuh sedang bekerja berat atau berolahraga sehingga jumlah energy yang dikeluarkan

oleh jantung juga meningkat.

Setiap kenaikan tekanan darah sebesar 10 mmHg menyebabkan kenaikan tinggi kolom darah sebesar 131 mm. *Sphygmomanometer* merupakan alat yang digunakan untuk mengukur tekanan darah. Aliran darah umumnya laminar, namun di beberapa tempat misalnya valvula jantung terjadi turbulensi. Aliran laminar dapat diubah menjadi turbulensi dengan menciutkan jari-jari pembuluh. Pembalut/gelang yang dililitkan pada lengan saat penggunaan *Sphygmomanometer* bertujuan untuk menjadikan aliran darah turbulensi dan menghasilkan fibrasi sehingga detak jantung dapat terdengar oleh stetoskop.



Gambar 5. Sphygmomanometer

### 3. Mekanisme Pernafasan

Kondisi saat inspirasi dan ekspirasi serta ukuran paru-paru memengaruhi volume paru-paru. Usia, tinggi dan berat memengaruhi nilai volume paru-paru. Beberapa terminologi dalam menghitung kapasitas paru-paru dalam dilihat pada Gambar 6.

- Total lung capacity (TLC) = 6 L. Volume udara yang tersimpan di paru-paru pada akhir inspirasi
- Vital capacity (VC) = 4,8 L. Jumlah udara yang dapat dikeluarkan dari paru-paru setelah inspirasi maksimum
- Tidal volume (TV) = 500 mL. Jumlah udara yg dihirup dan dikeluarkan saat pernafasan normal
- Residual volume (RV) = 1,2 L. Jumlah udara di dalam paru-paru setelah ekspirasi maksimal
- Expiratory reserve volume (ERV) = 1,2 L. Jumlah udara tambahan yang dapat dikeluarkan setelah ekspirasi normal
- Pada akhir pernafasan normal paru-paru mengandung residual volume dan expiratory reserve volume sekitar 2,4 L. Bila seseorang mengeluarkan udara sebanyak mungkin maka hanya RV 1,2 L yang tersisa
- Inspiratory reserve volume (IRV) = 2,6 L. Tambahan udara yang dapat dihirup setelah volume tidal masuk paru-paru
- Functional residual capacity (ERV + RV) = 2,4 L. Jumlah udara dalam paru-paru setelah volume tidal keluar
- Inspiratory capacity (IC). Jumlah udara yang dapat dihirup setelah volume tidal keluar
- Anatomical dead volume (or dead space) = 150 mL. The volume of the conducting airways

Gambar 6. Beberapa terminologi dalam penghitungan kapasitas paru-paru

Usia, berat, jenis kelamin, ketinggian dan aktifitas fisik memengaruhi kapasitas paru-paru, misalnya laki-laki memiliki 20-25% kapasitas paru-paru lebih tinggi dibandingkan wanita. Empat elemen dasar yang diperhatikan saat tes fungsi paru-paru adalah TV, IRV, ERV dan RV. Dari hasil pemeriksaan tersebut, penyakit pada paru-paru dapat dikelompokkan menjadi: restrictive diseases (Volume paru-paru menurun) dan obstructive disease (Volume paru-paru normal tapi keceptan aliran udara terganggu). TV, VC, IC dan ERV diukur dengan menggunakan spyrometer. RV diukur dengan radiographic planemetry, body plethysmography, closed circuit dilution dan nitrogen washout.

#### **D. PENERAPAN FLUIDA DALAM KEPERAWATAN**

Penerapan fluida dalam keperawatan antara lain dapat menjelaskan mekanisme terjadinya peningkatan tekanan darah pada penderita hipertensi serta perbedaan tekanan darah yg signifikan pada bagian jantung dan perifer

#### **PENUGASAN DAN EVALUASI**

1. Tuliskan apa-apa sajakah yang termasuk dalam aspek biomekanika!
2. Sebutkan macam-macam sel saraf!
3. Apa fungsi elistrikian tubuh?
4. Apa yang dimaksud dengan traksi?
5. Apa perbedaan antara saraf yg terbungkus myelin dengan saraf yg tidak dibungkus oleh myelin?
6. Gambarkan mekanisme transduksi sistem saraf!
7. Jelaskan hukum-hukum fluida yang berhubungan dengan keperawatan!
8. Apa elemen dasar dalam pemeriksaan fungsi paru-paru?
9. Mengapa tekanan darah pada lengan kiri berbeda dengan lengan kanan?
10. Apa yang memengaruhi hambatan zat alir?

# **BAB X**

## **BIOOPTIK, BIOAKUSTIK DAN BIOTHERMIK**

### **A. Konsep Biooptik**

Biooptik terdiri dari kata bio dan optik. Bio diartikan sebagai makhluk hidup/ zat hidup atau bagian tertentu dari makhluk hidup, sedangkan optik diksebagai bagian ilmu fisika yang berkaitan dengan cahaya atau berkas sinar. Fokus utama di biooptik adalah terkait dengan indera penglihatan manusia, yaitu mata. Mata menjadi alat optik yang paling penting pada manusia atau makhluk hidup.

#### **1. Anatomi Mata**

Mata berfungsi sebagai organ penglihatan yang menerima rangsangan berupa cahaya dan akan ditransmisikan ke otak oleh saraf sensorik menjadikan informasi visual. Mata berbentuk seperti bola, dan mata bagian depan sebagai tempat masuknya cahaya. Bagian luar mata terdapat sebuah lapisan putih dan kaku, keras disebut sclera. Pada daerah tonjolan mata terdapat lapisan transparan yang dilewati cahaya disebut dengan kornea. Mata terletak dalam bantalan lemak yang dapat meredam guncangan. Diameter bola mata manusia  $\pm 2,5$  cm. Mata dapat bekerja secara efektif menerima cahaya dengan rentang intensitas yang sangat lebar sekitar 10 milyar cahaya (Chanafi& Mursal, 2016).

##### **a. Kelopak mata**

merupakan bagian pelindung bola mata. Kelopak mata berfungsi sebagai pelindung dengan menyebarkan air mata di konjungtiva dan kornea agar mata tidak kering. Kelopak mata memiliki rambut yang tumbuh di sekitar tepi kelopak mata untuk mencegah debu dan serangga. Kelopak mata juga memiliki kulit yang lebih tipis dibandingkan kulit bagian tubuh lainnya. Kelopak mata terdiri dari jaringan fibrosa dan otot orbicularis oculi, yang dipersarafi oleh saraf simpatis.

##### **b. Konjungtiva**

Bagian terluar dari bola mata dengan pembuluh darah. Selaput lendir yang melapisi kelopak mata dan melindungi bola mata luar. Konjungtiva terbagi menjadi dua (dua). Yaitu konjungtiva palpebral (menutup kelopak mata) dan konjungtiva bulbus (menutup bagian anterior bola mata). Konjungtiva berperan sebagai pelindung sklera dan melembabkan bola mata

##### **c. Kornea**

Merupakan selaput bening mata, jika mengalami kekeruhan akan sangat mengganggu

penglihatan. Jendela bening yang melindungi struktur halus yang berada dibelakangnya serta membantu memfokuskan bayangan pada retina. Kornea memiliki ketebalan  $\pm 0,5$  mm dan tidak mengandung pembuluh darah

d. Sklera

Merupakan jaringan ikat putih yang kuat di bawah konjungtiva dan merupakan bagian dari konsistensi yang relatif kaku di sekitar bola mata Sklera terbentuk dari serabut kolagen yang saling berkaitan dengan lebar yang berbedabeda, terletak diatas substansi dasar dan dipertahankan oleh fibrolas. Ketebalan sclera bervariasi, 1 mm disekitar papil saraf optic dan 0,3 mm tepat di posterior insersi otot

e. Retina

Retina merupakan persyarafan untuk penglihatan. Retina memuat ujung-ujung nervusoptikus bila sebuah bayangan tertangkap (tertangkap oleh mata) maka berkasberkas cahaya benda yang dilihat, menembus kornea, aqueus humor, lensa dan badan vitreus guna merangsang ujungujung saraf dalam retina. Rangsangan yang diterima oleh retina berjalan melalui saluran visual ke area visual otak untuk interpretasi.

f. Uvea

Merupakan lapisan pembuluh darah di bola mata, yang terdiri dari tiga bagian: iris, badan siliaris, dan koroid. Iris membentuk pupil sentral dan mengontrol jumlah cahaya yang masuk ke mata. Badan siliaris menghasilkan cairan yang mengisi bilik mata, sedangkan koroid merupakan lapisan yang mengandung banyak pembuluh darah untuk memberikan nutrisi bagi mata

g. Pupil

Pupil adalah koordinator kebutuhan cahaya yang dibutuhkan. Ukurannya disesuaikan dengan pergerakan iris. Lingkaran hitam di tengah adalah pupil. Di tempat gelap, iris berkontraksi dan pupil melebar (midriasis). Sebaliknya, dengan cahaya yang kuat, iris berelaksasi dan pupil berkontraksi (miosis), sehingga cahaya yang datang tidak terlalu dipengaruhi oleh saraf parasimpatis.

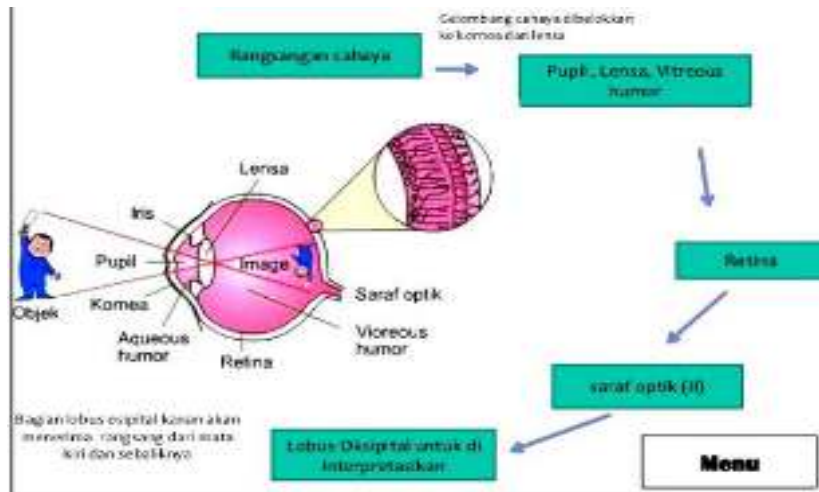
h. Lensa Mata

Lensa merupakan organ fokus sentral, yang membiaskan sinar cahaya yang dipantulkan dari objek yang diamati menjadi bayangan yang jelas di retina (Li, 2014).

## 2. Mekanisme Proses Melihat

Proses visual dimulai dengan cahaya yang dipantulkan dari objek. Jika tidak ada cahaya yang dipantulkan dari objek, mata tidak dapat melihatnya. Proses melihat melalui suatu objek adalah sebagai berikut: 1) Cahaya yang dipantulkan dari suatu benda ditangkap oleh mata, menembus

kornea, dan menembus pupil. 2) Intensitas cahaya yang diatur oleh pupil diarahkan melalui lensa kristal mata. 3) Daya akomodasi lensa mata menyesuaikan cahaya sehingga tepat mengenai titik kuning. 4) Pada titik kuning, cahaya diterima oleh sel piramidal dan sel batang kemudian diteruskan ke otak. 5) Cahaya yang masuk ke otak diterjemahkan oleh otak sehingga kita dapat mengetahui apa yang sedang kita lihat



Gambar 1. Proses Melihat

Proses mekanisme melihat dimulai ketika benda memantulkan cahaya masuk ke mata dan diterima oleh kornea, pupil, lensa, dan dipusatkan pada retina. Pada retina cahaya diubah menjadi muatan listrik yang dikirim ke otak untuk diproses melalui serabut saraf penglihatan. Sehingga kerja otak menghasilkan orang dapat melihat benda yang dilihatnya. Bayangan ditangkap oleh mata, berkas cahaya benda yang dilihat menembus kornea, uveus humor, lensa, dan badan vitreus untuk merangsang ujung ujung saraf dalam retina. Rangsangan yang diterima menuju daerah visual dalam otak untuk diproses sehingga menghasilkan lukisan dan bentuk yang dilihatnya.

### 3. Kelainan Mata

#### a. Myopia

Myopia (rabun jauh) adalah bentuk mata terlalu lonjong sehingga benda berjauhan tak terhingga akan tergambar tajam di depan retina. Penderita myopia dianjurkan untuk menggunakan kaca mata berlensa negatif.

#### b. Hipermetropi

Hipermetropi (rabun dekat) merupakan penyimpangan penglihatan dimana bola mata agak gepeng dari normal. Mata yang demikian itu tanpa akomodasi bayangan tak terhingga akan terletak di belakang retina. Penderita hipermetropi dianjurkan menggunakan kaca mata dengan lensa positif.

#### c. Presbiopi

Rabun jauh dan dekat disebut juga presbiopi atau rabun tua ialah suatu keadaan di mana lensa



kehilangan elastisitasnya karena bertambahnya usia. Akibatnya daya akomodasi lensa mata berkurang. Kelainan mata ini biasanya diderita oleh orang yang sudah tua atau kira-kira berumur di atas 45 tahun. Penderita presbiopi tidak mampu melihat benda yang terlalu jauh dan terlalu dekat.

d. Astigmati (silindris)

Astigmati merupakan sesuatu sesatan lensa yang disebabkan oleh suatu titik benda membentuk sudut besar dengan sumbu sehingga bayangan yang terbentuk ada dua yaitu primer dan sekunder. Astigmati disebabkan oleh kornea yang tidak berbentuk sferis.

e. Katarak

Kondisi Katarak ini terjadi ketika ada bercak atau noda menyerupai kabut yang menutupi sebagian lensa mata, sehingga mata tidak dapat melihat dengan jelas. Satu-satunya solusi kesembuhan penderita Katarak adalah melalui tindakan operasi Katarak (Li, 2019).

## **B. Konsep Bioakustik**

Bioakustik berasal dari kata bio dan akustik. Bio berarti kehidupan dan akustik berarti studi tentang getaran dan suara. Bioakustik adalah perubahan mekanis dalam gas, cair, atau padat yang sering menimbulkan gelombang suara. Bioakustik adalah studi tentang proses pendengaran yang dihasilkan oleh organisme hidup, karena gelombang suara ini adalah getaran molekul yang saling bertabrakan, tetapi zat-zat ini bekerja sama untuk menghasilkan gelombang (Hariyanto,2016).

### **1. Bunyi**

Gelombang bunyi merupakan vibrasi atau gerakan dari molekul-molekul zat dan saling beradu satu sama lain dimana zat tersebut terkoordinasi menghasilkan gelombang serta mentransmisikan energi tanpa disertai perpindahan partikel.

a. Sumber Bunyi

Sumber bunyi adalah semua benda yang bergetar dan menghasilkan suara merambat melalui medium atau zat perantara sampai ke telinga. Contoh sumber bunyi yaitu: pembakaran minyak dalam mesin, instrumen musik, gerakan dahan pohon, lonceng, garputala, dsb.

Syarat terjadinya bunyi yaitu:

- a) Ada sumber bunyi yang bergetar
- b) Ada zat perantara (medium) yang merambatkan gelombang bunyi dari sumber ke telinga
- c) Getaran mempunyai frekuensi tertentu (20 Hz – 20.000 Hz)
- d) Indra pendengar dalam keadaan baik

## b. Pengelompokan Bunyi

Menurut frekuensinya, bunyi dikelompokkan menjadi :

### a) Bunyi infrasonik (0 – 20 Hz)

Infrasonik merupakan bunyi yang tidak dapat didengar telinga manusia, tetapi dapat didengar oleh jangkrik dan anjing. Frekuensi ini biasanya ditimbulkan oleh getaran tanah, gempa bumi, getaran gunung berapi.

### b) Bunyi audiosonik (20 – 20.000 Hz)

Bunyi audio merupakan bunyi yang dapat didengar manusia. Audiofrekuensi berhubungan dengan nilai ambang pendengaran (rata-rata nilai ambang pendengaran 1000 Hz = 0 dB).

### c) Bunyi Ultrasonik (di atas 20.000 Hz)

Ultrasonik merupakan bunyi yang tidak dapat didengar telinga manusia. Frekuensi ini dalam bidang kedokteran digunakan dalam 3 hal yaitu pengobatan, destruktif dan diagnosis. Hal ini dapat terjadi oleh karena frekuensi yang tinggi mempunyai daya tembus jaringan cukup besar (Hariyanto, 2016).

## c. Gelombang Bunyi

Berdasarkan arah rambat, gelombang dibedakan menjadi : 1) Gelombang Longitudinal, gelombang yang arah getar sejajar arah rambatnya. Contoh : gel bunyi, gel pegas. 2) Gelombang Transversal, gelombang yang arah getar tegak lurus arah rambatnya. Contoh : gel tali, gel permukaan air. Berdasarkan mekanismenya, gelombang dibagi menjadi: 1) Gelombang mekanis yaitu gelombang yang cepat rambatnya tergantung pada besaran mekanik. 2) Gelombang elastik yaitu gelombang yang cepat rambatnya tergantung pada besaran-besaran elastisitas. 3) Gelombang permukaan dalam zat cair yaitu gelombang yang cepat rambatnya tergantung pada besaran permukaan cairan. 4) Gelombang elektromagnetik yaitu gelombang yang cepat rambatnya tergantung pada besaran listrik dan magnetik.

## d. Efek Doppler

Salah satu fenomena unik dalam akustika adalah efek Doppler. Frekuensi yang diterima pendengar lebih besar daripada frekuensi sumber jika pendengar dan sumber saling mendekat, demikian juga sebaliknya akan lebih kecil jika pendengar dan sumber saling menjauh.

## 2. Gangguan Sistem Pendengaran

Adapun beberapa gangguan pada sistem pendengaran, antara lain:

### a. Tuli sebagian (hearing impaired)

Adalah keadaan dimana fungsi pendengaran berkurang namun masih dapat dimanfaatkan

untuk mendengarkan dan berkomunikasi dengan atau tanpa alat bantu pendengaran.

b. Tuli total (deaf)

Adalah keadaan dimana fungsi pendengaran yang sedemikian terganggu sehingga tidak dapat mendengar dan berkomunikasi sekalipun mendapat perkerasan bunyi.

c. Tuli konduktif

Adalah kondisi dimana telinga tidak dapat mendengar karena gangguan pada penghantaran getaran suara. Dan bisa juga disebabkan oleh kelainan atau penyakit pada telinga luar atau telinga tengah.

d. Tuli sensorineural (Presbikusis)

Adalah kondisi dimana telinga tidak dapat mendengar karena terdapat kelainan pada koklea, nervus VIII (nervus auditorius) atau pusat pendngaran. Tuli sensorinaural biasanya bersifat permanen.

e. Tuli campuran

Tuli campuran merupakan gangguan pendengaran yang disebabkan oleh kombinasi tuli konduktif dan tuli sensorineural. Gangguan ini disebabkan oleh masalah baik ditelinga luar, tengah ataupun dalam.

f. Gangguan pendengaran akibat bising (Noise Induced Hearing Loss)

Adalah gangguan pendengaran yang disebabkan akibat terpajan oleh bising yang cukup keras dalam jangka waktu yang cukup lama. Sifat dari ketulian ini adalah tuli sensorineural.

g. Otitis media

Adalah peradangan sebagian atau seluruh mukosa telinga tengah, tuba eustachius, antrum mastoid dan sel-sel mastoid (Syaifudin, 2019).

### 3. Pemeriksaan Kesehatan

Pemanfaatan gelombang bunyi dalam bidang kesehatan berupa pemanfaatan untuk diagnosa dan terapi.

a. Metoda perkusi, pada metoda ini tubuh dianggap sebagai gendang penghasil bunyi. Metoda ini merupakan metoda yang paling sederhana dan paling konvensional. Contoh : menepuk perut ketika perut kembung atau masuk angin.

b. Stetoskop. Bagian datar stetoskop ditempelkan pada tubuh untuk mengumpulkan dan mengambil gelombang suara. Gelombang suara dilewatkan oleh saluran udara hingga sampai pada telinga. Makin tegang membran semakin tinggi frekuensi resonansinya sehingga jangkauan suara yang ditangkap akan semakin tinggi. Frekuensi tinggi biasanya terjadi saat

mendengarkan suara paru-paru. Suara jantung frekuensinya lebih rendah dari pada suara paru-paru.

- c. Ultrasosnografi, peralatan ultrasonik memiliki transduser yang dapat mengirimkan gelombang suara sekaligus menerima hasil pantulan gelombang suara tersebut. Efek Dopler merupakan dasar penggunaan ultrasonik yaitu terjadi perubahan frekuensi akibat adanya pergerakan pendengar atau sebaliknya.
- d. Audiometer, merupakan alat untuk mengukur daya pendengaran. Hasil pengukuran daya pendengaran disebut audiogram. Audiometer menghasilkan suara dengan frekuensi dan intensitas tertentu yang akan diberikan kepada masing-masing telinga pasien untuk menentukan batas pendengarannya. Sedangkan alat ukur bunyi disebut sound level meter (Hariyanto,2016).

### **C. Konsep Biothermik**

Pada umumnya panas dalam tubuh manusia dihasilkan oleh katabolisme atau penguraian bahan makanan menjadi zat lain, dan aktivitas otot yang efek sampingnya adalah pelepasan energi panas. Suhu tubuh saat istirahat atau tanpa stres didistribusikan sebesar 20% suhu tubuh, 15% jantung, dan 12% massa otot. Saat berolahraga, sel-sel Amemetabolisme lebih banyak dan memecah karbohidrat dan glikogen untuk menghasilkan energi. Akibat aktivitas seluler tersebut, kontraksi otot umumnya terjadi karena aktivitas tubuh kita. Panas ditransmisikan dalam kehidupan kita sehari-hari. Perpindahan panas ini sangat penting bagi kami ketika mempertimbangkan banyak implementasi keperawatan untuk memenuhi kebutuhan dasar menggunakan beberapa teknik perpindahan panas ini. Pada dasarnya, perpindahan panas dapat dibagi menjadi empat bagian: radiasi, konduksi panas, konveksi, dan penguapan.

#### **1. Mekanisme Pemindahan Panas**

##### **a. Radiasi**

Perpindahan kalor secara radiasi adalah proses di mana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah. Panas tersebut dapat mengalir dalam ruang atau bahkan dalam ruang hampa di antara benda-benda tersebut. Sebagai contoh kegunaan radiasi dalam proses perawatan adalah dengan penggunaan sinar UV untuk foto terapi pada anak ikterus, radiasi infra merah untuk thermo therapy dll. Dengan memperhatikan mekanisme tersebut maka untuk radiasi harus kita perhatikan sumber radiasi tersebut supaya dosis yang kita berikan bias menjadi tepat.

b. Konduksi

Konduksi adalah peristiwa perpindahan kalor melalui suatu zat tanpa disertai dengan perpindahan partikel penyusunnya. Jika salah satu ujung batang logam dipanaskan, maka ujung batang lainnya juga akan terasa panas. Metode konduksi tersebut sering kita gunakan dalam menerapkan asuhan keperawatan yaitu tindakan kompres panas ataupun dingin untuk mengurangi rasa nyeri.

c. Konveksi

Konveksi adalah peristiwa perpindahan kalor yang disertai dengan perpindahan partikel-partikel zat. Perpindahan kalor secara konveksi dapat terjadi pada zat cair dan zat gas. Perpindahan kalor terjadi karena terdapat perbedaan massa jenis zat. Dalam penerapan di internensi keperawatan dapat Anda lihat pada pemenuhan kebutuhan suhu tubuh bayi neonates yang prematur. Saat bayi prematur atau berat badan lahir rendah bayi di masukkan *inkubator* dengan di berikan bola lampu untuk menghangatkan suhu ruangan inkubator. Proses penghantaran panas pada inkubator tersebut menggunakan proses penghantaran konveksi dengan mediator udara.

d. Evaporasi atau proses penguapan merupakan perpindahan kalor yang didasarkan pada peristiwa pemanasan atau proses pembakaran. Dalam hal ini, terjadi pemindahan panas yang didasarkan pada evaporasi, sumber panas hanya dapat kehilangan panas. Contoh lain dari proses evaporasi adalah air yang dipanaskan kemudian menguap menjadi gas, panas yang dihasilkan oleh tubuh manusia, kelembaban dipermukaan kulit menguap ketika udara melintasi tubuh (Hariyanto,2016).

## 2. Thermoregulator

Pengaturan panas tubuh kita secara otomatis, dikendalikan dan ditempatkan di pusat otak. Pusat pengatur suhu di hipotalamus otak, yang menerima informasi dari reseptor panas, dapat dibagi menjadi dua bagian: 1) reseptor panas perifer dan 2) reseptor panas sentral. Setelah rangsangan mencapai hipotalamus, tubuh bereaksi sebagai berikut: Ketika suhu lingkungan lebih rendah dari suhu tubuh, kehilangan panas akan ditekan dengan proses sebagai berikut (Syarifudin,2019).

a. Vasokonstriksi pembuluh perifer

Rangsangan dingin dari lingkungan memungkinkan tubuh menahan kehilangan panas akibat vasokonstriksi pembuluh perifer. Penyempitan pembuluh darah perifer mengakibatkan aliran darah tidak terlalu banyak sehingga transport panas tidak terjadi secara optimal dan suhu tubuh tertahan dalam darah.

b. Peningkatan aktivitas otot

Mekanisme awal menurunkan aliran darah ke perifer, tubuh juga akan mengaktifkan selsel otot sehingga terjadi proses katabolisme glukosa, lipid atau protein menjadi glukosa darah. Keberadaan glukosa darah ini sangat dibutuhkan untuk pembentukan ATP sebagai sumber energi. Proses pembentukan ATP berasal dari energi kimia yang diubah menjadi energi kinetik, sehingga dengan aktivitas ini akan mengakibatkan kontraksi otot atau controlling (menggigil). Proses konversi energi ini memiliki efek samping berupa panas.

C. Mekanisme Hormonal: Adrenalin, Noradrenalin, Tiroksin, Glukokortikosteroid Ketika suhu lingkungan turun, hormon adrenalin, noradrenalin, tiroksin, dan glukokortikosteroid dilepaskan semakin banyak. Hormon ini menyebabkan peningkatan metabolisme sel. Peningkatan metabolisme ini juga menyebabkan peningkatan suhu tubuh.

Namun, ketika suhu udara luar tubuh kita lebih tinggi dari suhu tubuh, hal itu menyebabkan reaksi sebaliknya sebagai berikut.

- a) Vasodilatasi pembuluh darah Ketika suhu lingkungan naik atau melebihi suhu tubuh, tubuh mengeluarkan panas. Pelepasan suhu tubuh dengan melebarkan pembuluh darah tepi dan meningkatkan aliran darah tepi. Peningkatan aliran darah perifer disertai dengan transportasi suhu melalui aliran darah. Setelah mencapai pembuluh darah perifer, panas tubuh dilepaskan dari permukaan kulit
- b) Peningkatan sekresi dari kelenjar keringat  
Selain memperlebar pembuluh darah tepi dermis, juga meningkatkan keringat dari kelenjar keringat. Pengeluaran keringat dimaksudkan untuk melepaskan suhu tubuh pada permukaan kulit dan mengembalikannya ke keadaan homeostatis.

## PENUGASAN DAN EVALUASI

1. Jelaskan mekanisme melihat pada mata !
2. Sebutkan dan jelaskan macam-macam gangguan melihat pada mata!
3. Apakah gangguan penglihatan yang sering terjadi pada lansia?
4. Lakukan auskultasi pada jantung dan paru teman anda, kemudian catat adanya perbedaan karakteristik suara keduanya!
5. Sebutkan dan jelaskan macam-macam gangguan pendengaran
6. Sebutkan dan jelaskan thermoregulator pada tubuh kita!
7. Sebutkan contoh mekanisme konduksi yang dapat dilakukan dalam implementasi keperawatan.

# **BAB XI**

## **KARBOHIDRAT PROTEIN LIPID**

### **Pendahuluan**

Asupan zat gizi makro merupakan salah satu faktor utama yang berperan dalam menyediakan energi bagi tubuh untuk bisa bekerja secara optimal (Mariana, 2011). Kelompok zat gizi makro disebut juga dengan makronutrien ini terdiri atas karbohidrat, protein dan lipid (lemak).

Secara garis besar dalam pada Bab ini disusun berdasarkan kebutuhan pemahaman dalam menerapkan ilmu keperawatan dan biomedik. Penyusunan Bab ini terdiri dari beberapa Topik pembahasan sebagai berikut:

- a. Pengertian karbohidra protein lemak
- b. Proses pencernaan dan metabolisme karbohidrat
- c. Proses pencernaan dan metabolisme protein
- d. Proses pencernaan dan metabolisme lipid

### **E. Pengetian Karbohidrat Protein Lipid**

#### **1. Pengertian karbohidrat**

Karbohidrat ('hidrat dari karbon', hidrat arang) atau sakarida berasal dari bahasa Yunani berarti "gula" merupakan senyawa kompleks organik yang paling banyak ditemukan berbagai berbagai bahan makanan baik hewan dan tumbuhan. Karbohidrat adalah senyawa karbonil alami dengan beberapa gugus hidroksil. Senyawa-senyawa ini menyusun sebagian besar bahan organik didunia karena peran multipelnya pada semua bentuk kehidupan. Peranan karbohidrat dalam tubuh makhluk hidup yaitu sebagai sumber energi, bahan bakar, dan zat antara metabolisme. Contohnya pati pada tumbuh-tumbuhan dan glikogen pada hewan adalah polisakarida yang dapat dimobilisasi untuk menghasilkan glukosa, bahan bakar utama untuk pembentukan energi dalam bentuk ATP. Adenosin triphosphate (ATP), sebagai alat tukar energi bebas yang universal adalah merupakan derivat gula terfosforilasi. Struktur karbohidrat juga berupa gula ribosa dan deoksiribosa pembentuk sebagian kerangka struktur RNA dan DNA. Fleksibilitas cincin kedua gula ini penting pada penyimpanan dan ekspresi informasi genetik. Karbohidrat berupa polisakarida adalah elemen struktur dinding sel bakteri dan tumbuh-tumbuhan. Contohnya adalah selulosa suatu komponen utama dinding sel tumbuh-tumbuhan yang merupakan satu senyawa organik yang melimpah ruah pada biosfer. Ikatan karbohidrat banyak berikatan dengan senyawa protein dan lipida. Misalnya, unit-unit

gula glikofirin, suatu protein tunggal integral membran, memberi sel-sel darah merah satu lapisan anion yang sangat polar. Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa unit-unit karbohidrat pada permukaan sel memainkan peranan kunci pada proses pengenalan antarsel.

## 2. Pengertian Protein

Protein berasal dari bahasa Yunani *proteios* yang berarti barisan pertama atau utama (Jons J. Berzelius 1938). Protein termasuk makromolekul terbanyak yang dapat ditemui dalam sel hidup. Protein merupakan komponen struktur utama seluruh sel tubuh dan berfungsi sebagai enzim, hormon, dan molekul-molekul penting lain. Protein dikenal sebagai zat gizi yang unik sebab menyediakan asam-asam amino esensial untuk membangun sel-sel tubuh maupun sumber energi.

Protein terbentuk dari asam-asam amino dan bila asam-asam amino tersebut tidak berada dalam keseimbangan yang tepat, kemampuan tubuh untuk menggunakan protein akan terpengaruh. Jika asam-asam amino yang dibutuhkan untuk sintesis protein terbatas, tubuh dapat memecah protein tubuh untuk memperoleh asam-asam amino yang dibutuhkan. Kekurangan protein memengaruhi seluruh organ dan terutama selama tumbuh kembang sehingga asupan protein kualitas tinggi yang memadai untuk kesehatan.

Kualitas protein sangat bervariasi dan tergantung pada komposisi asam amino protein dan daya cerna (*digestibility*). Protein hewani yang diperoleh dari telur, ikan, daging, daging unggas dan susu, pada umumnya adalah protein berkualitas tinggi. Adapun protein nabati yang diperoleh dari biji-bijian dan kacang-kacangan, pada umumnya merupakan protein berkualitas lebih rendah, kecuali kedelai dan hasil olahannya (*tempe*, tahu). Makanan yang tinggi daya cerna proteinnya (>95%) ialah telur, daging sapi (98%), susu sapi dan kedelai (95%). Namun, bila kacang-kacangan dan padi-padian dikonsumsi secara kombinasi, protein nabati dapat membentuk protein lebih lengkap.

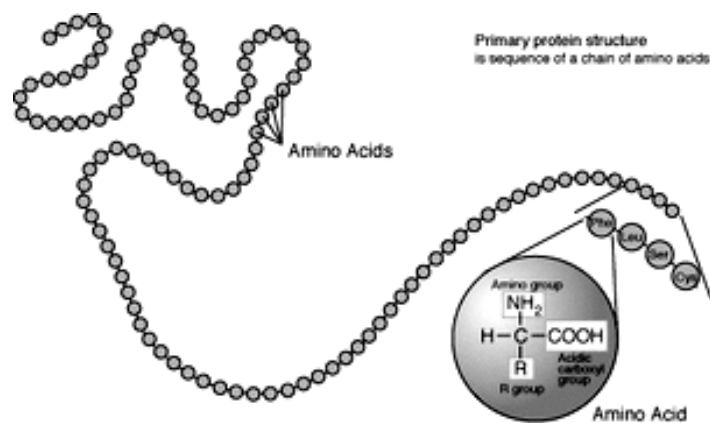
Molekul protein mempunyai tingkat keanekaragaman yang sangat tinggi, untuk ini protein dapat digolongkan berdasarkan sifat-sifatnya, salah satu berdasarkan fungsi biologi yaitu:

1. Katalis enzimatik; hampir semua reaksi kimia dalam sel hidup dikatalisis oleh makromolekul spesifik yang disebut enzim.
2. Transpor dan penyimpanan; berbagai molekul kecil dan ion ditransfort oleh protein spesifik misalnya transpor oksigen dalam eritrosit oleh hemoglobin, besi dalam plasma darah terikat pada transferin dan disimpan di hati dalam bentuk kompleks feritin
3. Koordinasi gerak; kontraksi otot berlangsung akibat pergeseran dua jenis filamen protein dan pergerakan kromosom pada mitosis dan gerak sperma oleh flagela.



4. Penunjang mekanis; ketegangan kulit dan tulang disebabkan oleh adanya kolagen sejenis protein fibrosa.
5. Proteksi imun; antibodi merupakan protein yang dapat mengenal benda asing seperti virus, bakteri dll.
6. Membangkitkan dan menghantar impuls syaraf; respon sel syaraf terhadap rangsang spesifik diperantarai oleh protein reseptor.
7. Pengaturan pertumbuhan dan diferensiasi; pengaturan urutan ekspresi informasi genetik penting untuk pertumbuhan serta diferensiasi sel.

Protein dapat diisolasi dari seluruh sel dan bagian sel. Disamping itu protein mempunyai peranan biologi yang sangat beragam, sebagai zat pembentuk, transpor, katalisator reaksi biokimia, hormon, racun, dan masih banyak yang lainnya. Seluruh protein baik yang diisolasi dari bakteri maupun dari sel hewan tingkat tinggi dibangun oleh 20 macam asam amino yang sama. Asam-asam amino ini dihubungkan satu dengan yang lainnya melalui ikatan kovalen, ikatan peptida, dengan urutan yang khas. Berikut ini merupakan gambar ilustrasi struktur sederhana protein sebagai berikut.



Gambar. Struktur sederhana protein

Komposisi rata-rata unsur kimia yang terdapat dalam protein ialah sebagai berikut: Karbon 50%, hydrogen 7%, oksigen 23%, nitrogen 16%, belerang 0-3%, dan fosfor 0-3%. Dengan berpedoman pada kadar nitrogen sebesar 16%, dapat dilakukan penentuan kandungan protein dalam suatu bahan makanan.

Asam amino adalah unit monomerik yang membentuk protein, dan asam amino adalah produk primer penguraian protein. Bila protein dipanaskan dalam suasana asam atau basa kuat, maka ikatan kovalen yang menghubungkan asam amino satu dengan yang lainnya akan terputus, alhasil kita akan mendapatkan molekul-molekul yang relatif lebih sederhana yaitu asam amino. Asam amino yang pertama kali diisolasi adalah asparagin yang ditemukan pada tahun 1806.

### 3. Pengertian Lipid

Lipid (greek: lipos, fat) merupakan salah satu dari 4 makromolekul yang ditemukan dalam semua sel hidup. Tidak seperti karbohidrat, protein dan asam nukleat, senyawa lipid bukan merupakan polimer. Lipid terdapat dalam semua bagian tubuh manusia terutama dalam otak dan lipid mempunyai peran penting dalam metabolisme dan besar lipid sel jaringan terdapat sebagai komponen utama membran sel.

Lipid merupakan kelompok senyawa biologi secara umum larut dalam pelarut organik seperti kloroform dan metanol, dan tidak larut dalam pelarut air yang memiliki peranan penting sebagai sumber cadangan energi utama bagi makhluk hidup, seperti triasilgliserol. Disamping itu juga berperan sebagai insulator yang berfungsi sebagai penahan panas agar suhu tubuh dapat dipertahankan dalam keadaan normal. Fosfolipid dan kolesterol, senyawa-senyawa penting yang membentuk membran sel dan prekursor hormon seksual. Lipid juga ada yang berperan sebagai vitamin yaitu vitamin-vitamin yang larut dalam lipid seperti A, D, E, K.

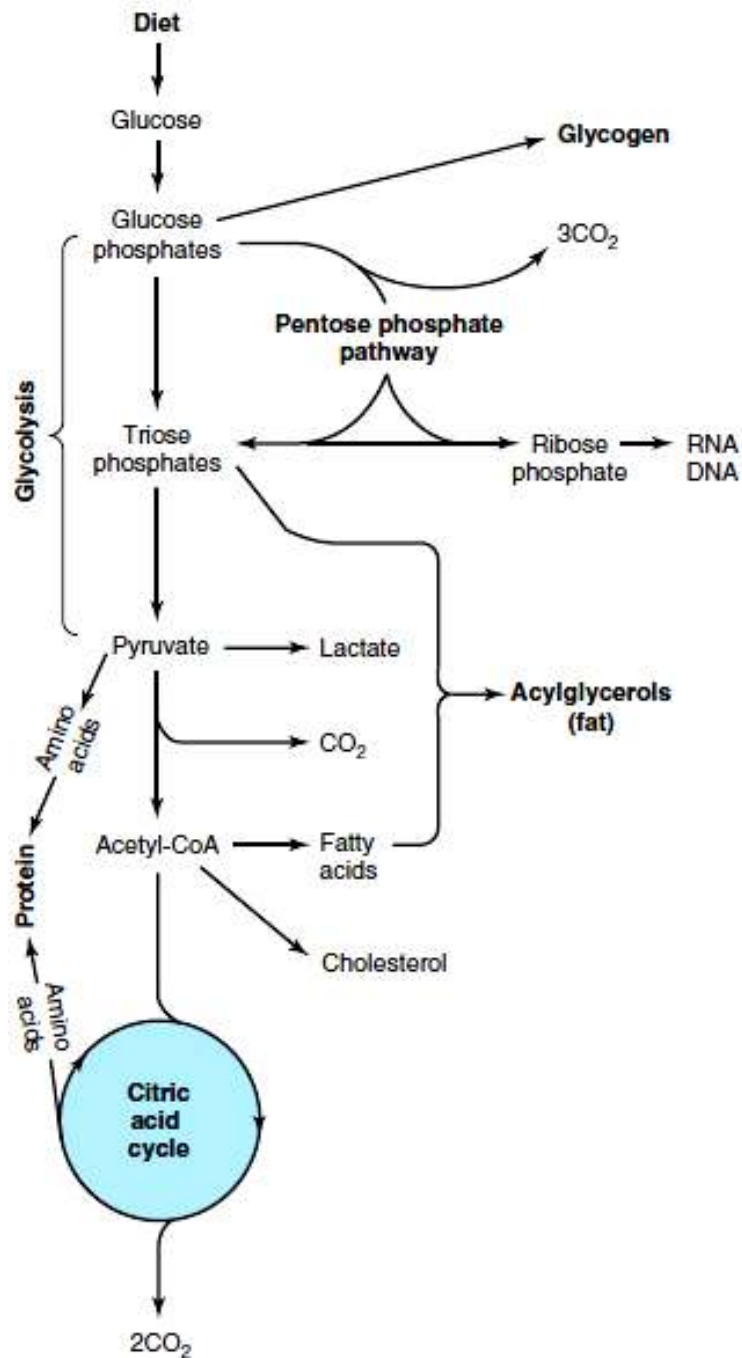
Berdasarkan tingkat kemampuan ikatan gugus karbonnya kita dapat membedakan beberapa jenis lipid yaitu:

- a. Asam lemak, adalah suatu senyawa yang terdiri atas panjang hidrokarbon dan gugus karboksilat yang terikat pada ujungnya. Asam lemak mempunyai dua peranan fisiologi yang penting, yaitu: (1) pembentuk fosfolipid dan glikolipid yang merupakan molekul amfipolik sebagai komponen membran biologi; (2) sebagai molekul sumber energi.
- b. Gliserida, lipid yang mempunyai fungsi utama sebagai cadangan energi. Gliserida terdiri atas gliserida netral dan fosfolipid.
- c. Lipid kompleks, gugus lipida yang berikatan dengan senyawa lain, lipid kompleks terdiri atas lipoprotein; jika lipid berikatan dengan protein (kolesterol) dan glikolipid; lipid berikatan dengan senyawa glikogen.
- d. Non gliserida, senyawa lipid yang bukan ikatan gliserol terdiri atas sfingolipid dan steroid.

Berdasarkan tingkat kejenuhannya atau keberadaan ikatan rantai ganda atom karbon, lipid dibedakan atas dua bagian yaitu: 1) *lipid jenuh*; tidak mempunyai ikatan rantai ganda pada gugus karbon. Dalam kehidupan sehari-hari kita dapat mengenal lemak jenuh diantaranya adalah: lemak-lemak hewani dan lemak (minyak) tumbuh-tumbuhan yang sudah melalui pemanasan dengan suhu diatas 60 °C. 2) *lipid tidak jenuh*; mempunyai ikatan rantai ganda pada gugus atom karbonnya. Dalam kehidupan sehari-hari kita dapat mengenal lemak tidak jenuh diantaranya adalah: lemak nabati dan lemak ikan laut.

## **F. Proses Pencernaan dan Metabolisme Karbohidrat**

Makanan yang masuk ke dalam tubuh akan mengalami perombakan dari molekul kompleks menjadi molekul sederhana. Ketika kita makan nasi atau sejenisnya, selalu kita kunyah sampai lunak sebelum kita telan. Begitulah awal proses pencernaan karbohidrat dalam tubuh yang pada dasarnya dilakukan secara mekanik dan kimiawi. Di mulut dan di lambung karbohidrat dipecah menjadi oleh enzimamilase. Karbohidrat setelah dicerna di usus akan diserap oleh dinding usus halusdalambentuk monosakarida yaitu glukosa. Glukosa akan dibawa oleh aliran darahsebagianbesar menuju hati dan sebagian lainnya dibawa ke sel dan jaringan tertentudanmengalami proses metabolisme lebih lanjut. Di dalam sel glukosa akan mengalami glikolisis di sitoplasma menjadi asam piruvat, lalu menjadi Asetil Ko-A dan selanjutnya mengalami siklus asam sitrat di mitokondria menghasilkan energi aktif. Untuk setiap 1 gram karbohidrat dapat menghasilkan energi sebanyak 4 Kalori.



Gambar. Pembentukan energi dari karbohidrat.

Asam piruvat selanjutnya akan ditranspor ke dalam mitokondria dan diubah menjadi asetil coenzim A (Acetil Co A), setelah berbentuk Acetil CoA bisa dimasukkan dalam siklus kreb di dalam mitokondria. Transpor piruvat ke dalam mitokondria memerlukan molekul oksigen, jika sel kekurangan oksigen maka piruvat tidak dapat ditranspor ke dalam mitokondria. Piruvat yang tidak dapat masuk ke dalam mitokondria akan di fermentasi oleh NADH menjadi asam laktat dan dikeluarkan dari dalam sel. Akibat metabolisme anaerob maka pada jaringan tubuh akan banyak tertimbun asam laktat. Mekanisme tersebut sama seperti ketika Anda beraktivitas lama dan tubuh tidak mampu mensuplai oksigen secara memadai dalam sel sehingga produk asam laktat meningkat

dan menimbulkan rasa nyeri pada otot Anda yang akan sembuh setelah 24 jam.

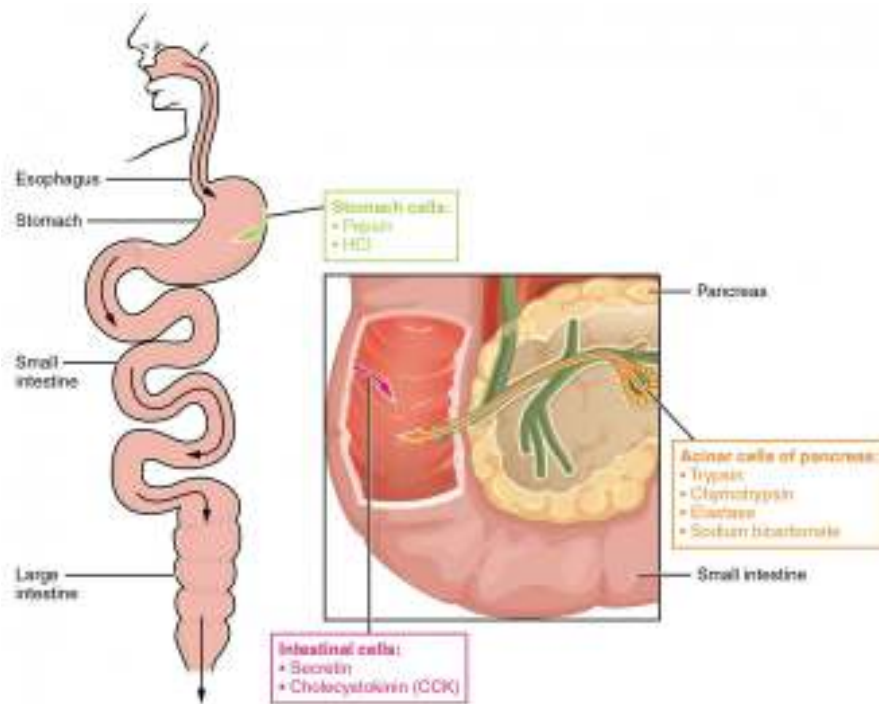
Pada mitokondria Acetil Co A akan masuk dalam siklus kreb dan menghasilkan NADH dan FADH. Hasil siklus kreb (NADH dan FADH) akan di kirim ke rantai elektron pada membran mitokondria bagian dalam. Dalam rantai elektron dengan adanya oksigen NADH akan menghasilkan 3 ATP dan FADH menghasilkan 2 ATP. Selain diubah menjadi piruvat glukosa dalam sitoplasma juga diubah menjadi glikogen untuk disimpan dalam bentuk glikogen. Glikogen merupakan cadangan energi yang siap digunakan menjadi energi dalam jaringan otot proses tersebut disebut dengan glikogenesis. Glikogen selain disusun dari glukosa juga dapat dibuat dari lipid dan protein yang disebut dengan glukoneogenesis. Jika piruvat dalam sel tubuh kita tidak dapat diubah secara optimal menjadi Asetil CoA maka piruvat akan di fermentasi menjadi asam laktat, jika timbunan asam laktat meningkat maka akan menimbulkan respons nyeri pada otot kita seperti ketika kita selesai beraktivitas agak lama timbul nyeri-nyeri tersebut yang akan hilang setelah 24 jam.

Penggunaan cadangan energi dari glikogen disebut dengan glikogenolisis, sedangkan pemecahan glikogen yang berasal dari lipid dan protein disebut dengan glukoneogenolisis. Proses glikolisis yang berasal dari nonkarbohidrat mempunyai hasil sampingan berupa benda keton (jika dari lipid) dan amoniak (jika berasal dari protein).

### **G. Proses Pencernaan dan Metabolisme Protein**

Makanan yang mengandung protein akan dikunyah dan masuk ke lambung yang mengandung asam klorida dan enzim pepsin dengan pH menjadi 1,5 - 3,5. Setelah penurunan Ph, enzim pepsin akan memecah molekul protein yang besar menjadi rantai polipeptida atau asam amino pembentuknya.

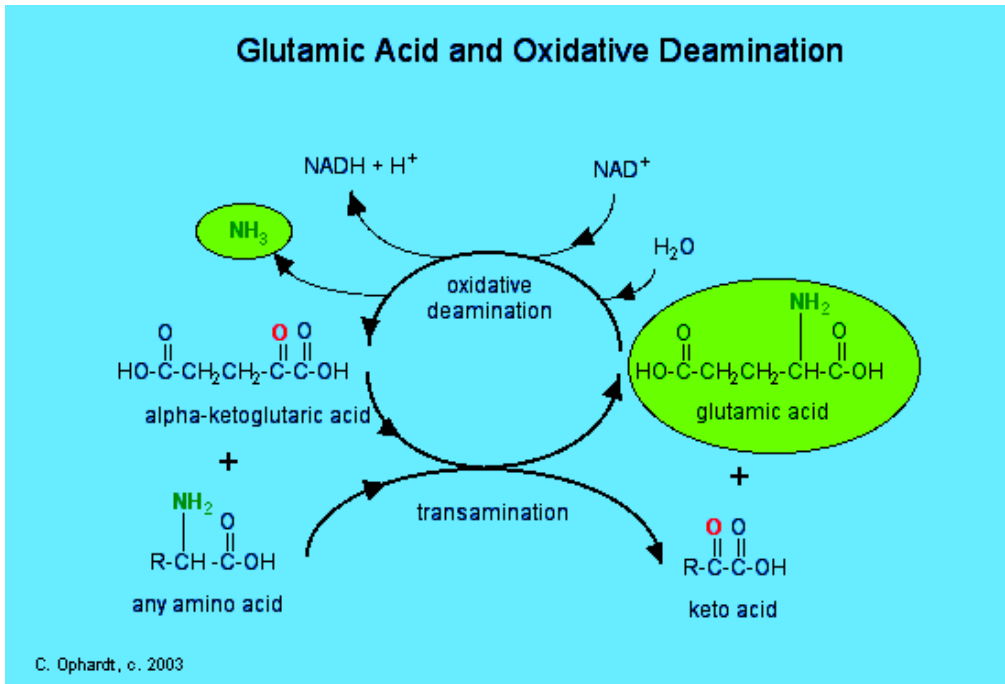
Enzim ini menghasil pepsin (suatu enzim proteolytic) yang dapat mencerna protein makanan. Selanjutnya organ pankreas menghasilkan beberapa enzim yang disalurkan ke pancreaticus ductus, yaitu: Proteolytic enzim, mempunyai anggota golongan peptidase, pepsinogen, enterokinase dll yang berfungsi memecah protein polypeptida menjadi rantai peptide yang pendek, atau asam amino.



Protein yang sudah dicerna menjadi asam-asam amino dipindahkan secara aktif menembus sel-sel epitel microvilli untuk masuk ke dalam kapiler, terus masuk ke aliran darah seluruh tubuh, menuju semua sel tubuh, terutama sel-sel otot tempat mereka digunakan untuk sintesis protein. Asam amino yg tidak digunakan disalurkan ke hati kemudian diubah menjadi karbohidrat atau lemak (glukoneogenesis) dan digunakan untuk energi atau disimpan di seluruh tubuh.

Protein di dalam tubuh dapat berubah menjadi molekul yang lebih sederhana melalui proses deaminasi dan transaminasi. *Transaminasi* adalah proses perubahan asam amino menjadi jenis asam amino lain. Proses transaminasi didahului oleh pemindahan  $\text{NH}_2$  dari suatu asam amino ke ikatan yang lain, yaitu asam keto (perubahan asam amino menjadi bentuk asam keto), yang kemudian masuk ke cytoplasma sel yg nantinya akan digunakan untuk sintesis protein. Sekali sel diisi sampai batas penyimpanan proteinnya, penambahan asam amino apapun didalam cairan tubuh akan dipecah dan dipakai untuk energi atau disimpan sebagai lemak atau sedikit sebagai glikogen. Pemecahan ini hampir seluruhnya dalam hati, dan dimulai dengan proses deaminasi.

*Deaminasi* adalah proses pengeluaran asam amino atau pemisahan gugus amino ( $\text{NH}_2$ ) dari suatu asam amino) ke beberapa zat akseptor lainnya. Deaminasi merupakan salah satu bentuk dari katabolisme atom N (nitrogen).



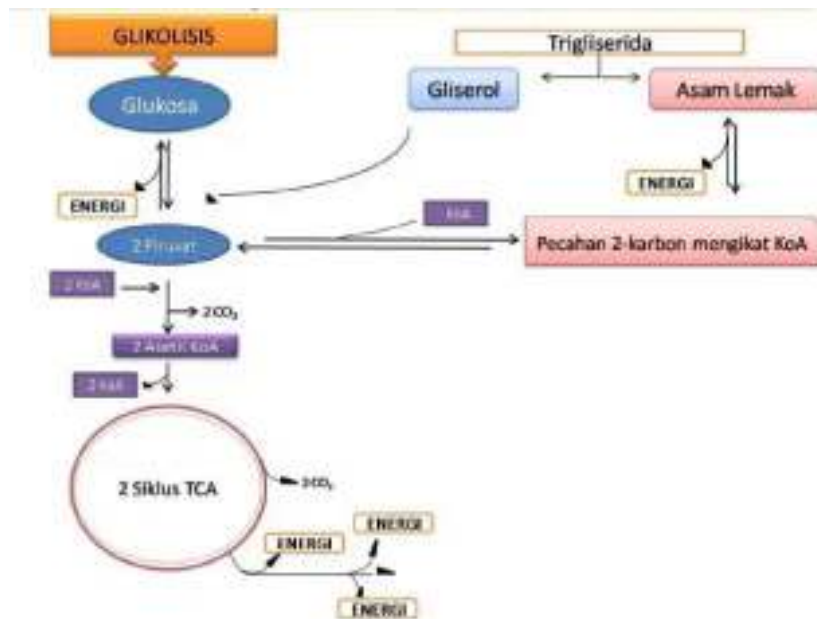
## H. Proses Pencernaan dan Metabolisme Lipid

Metabolisme mencakup proses anabolisme dan katabolisme. Hati merupakan pusat metabolisme lipid yang bertanggung jawab dalam pengaturan kadar lipid dalam tubuh. Metabolisme lipid yang akan dibahas meliputi: metabolisme triglyceride, metabolisme kolesterol, dan metabolisme lipoprotein. Penggunaan lemak oleh tubuh untuk energi sama pentingnya seperti penggunaan karbohidrat. Triglycerida merupakan bentuk lemak yang disimpan untuk energi dan merupakan bentuk paling banyak dalam bahan makanan dan jaringan.

Sejumlah karbohidrat yang dimakan diubah menjadi triglycerida kemudian disimpan dan digunakan sebagai triglycerida untuk energi. Jadi lebih dari setengah keseluruhan energi yang digunakan oleh sel disuplai asam lemak yang berasal dari triglycerida atau secara tidak langsung dari karbohidrat. Triglycerida yang digunakan untuk energi berasal dari makanan atau lemak yang disimpan dalam jaringan lemak. Tahap pertama dalam penggunaan triglycerida untuk energi adalah hidrolisis dari triglycerida menjadi asam lemak dan gliserol.

Triglycerida dari makanan di katabolisme oleh enzim lipoprotein lipase yang terletak dalam endotel kapiler yang memecah triglycerida yang ada dalam darah menjadi asam lemak dan glycerol yang akan disusun kembali menjadi lemak baru dalam sel lemak. Triglycerida yang disimpan dalam jaringan lemak di katabolisme oleh hormon sensitive lipase yang terdapat dalam jaringan lemak dan mengkatalisis cadangan triglyceride menjadi asam lemak dan gliserol. Kemudian asam lemak dan gliserol ditranspor ke jaringan aktif dimana keduanya dioksidasi dan menghasilkan energi. Gliserol sewaktu memasuki jaringan aktif segera diubah menjadi gliserol 3 fosfat yang memasuki jalur

glikolitik untuk pemecahan glukosa untuk menghasilkan energi. Sedangkan asam lemak sebelumnya melalui proses beta oksidasi menghasilkan acetyl coA yang masuk ke siklus krebs dan menghasilkan energy.



Gambar. Proses Metabolisme Lipid

Triglycerida dapat disintesis dari asam lemak. Asam-asam lemak diaktifkan menjadi asil koA oleh enzim asil koA sintetase dengan memakai ATP dan koA. Dua molekul asil koA bergabung dengan gliserol 3 fosfat untuk membentuk 1,2 diasilgliserol fosfat (fosfatidat) yang terjadi melalui 2 tingkatan yaitu lisofosfatidat yang dikatalisis oleh gliserol 3 fosfat asiltransferase dan kemudian oleh 1 asil gliserol 3 fosfat asiltransferase. Fosfatidat dikonversi oleh fosfatidat fosfahidrolase menjadi 1,2 diasil gliserol. Dalam mukosa usus jalan monoasil gliserol ada dimana monoasil gliserol dikonversi menjadi 1,2 diasilgliserol. Kemudian asil koA berikut diesterifikasi dengan diasil gliserol membentuk triasil gliserol yang dikatalisis oleh diasil gliserol asil transferase.

Bila karbohidrat yang memasuki tubuh melebihi yang dipakai sebagai energi atau disimpan dalam bentuk glikogen, maka kelebihan karbohidrat tersebut diubah menjadi triglycedia dan disimpan dalam jaringan adiposa. Kebanyakan sintesis triglycedia terjadi dihati dan sejumlah kecil didalam jaringan adiposa. Mula-mula karbohidrat dikonversi menjadi asetil koA yang terjadi selama pemecahan glukosa pada sistem glikolisis. Kemudian asetil koA diubah menjadi asam lemak malonil koA dan NADPH sebagai perantara utama dalam proses polimerisasi.



## PENUGASAN DAN EVALUASI

11. Apa fungsi HCL dalam pencernaan karbohidrat?
  - A. Mencerna lemak
  - B. Merangsang hati dan pankreas untuk mencerna makanan
  - C. memproduksi enzim untuk membantu mencerna lemak dan juga protein
  - D. Mengaktifkan kerja lambung
  - E. Mengaktifkan empedu
12. Pencernaan karbohidrat secara kemis dan mekanis terjadi pada
  - A. Mulut – gaster
  - B. Mulut – jejunum
  - C. Gaster – usus halus
  - D. Mulut – usus besar
  - E. Mulut – duodenum
13. Glikolisis dan oksidasi piruvat terjadi di...
  - A. Retikulum endoplasmic
  - B. Sitosol
  - C. Mitokondria
  - D. Eritrosit
  - E. Nukleus
14. Ikatan yang menghubungkan monomer-monomer dalam molekul polisakarida disebut ikatan:
  - A. Kovalen
  - B. Glikosidik
  - C. Hidrogen
  - D. Peptida
  - E. Nitrogen
15. Senyawa berikut termasuk golongan protein adalah :
  - A. Asam amino
  - B. Hemoglobin
  - C. Glikogen
  - D. Triasilgliserol
  - E. Hidrogen

16. Dalam proses pencernaan protein akan diubah menjadi molekul asam amino, dalam prosesnya penghancuran protein secara mekanik menjadi molekul polipeptida terjadi di saluran pencernaan bagian:
- A. Rongga mulut
  - B. Gaster
  - C. Ileum
  - D. Doudonum
  - E. Jejunum
17. Transaminasi adalah perubahan dari satu gugus asam amino menjadi asam amino yang lain. Pada proses transaminasi asam amino akan di transfer menjadi:
- A.  $\alpha$ -ketoglutarate
  - B. Glutamate
  - C.  $\alpha$ -keto acid
  - D. Palmitat
  - E.  $\beta$ -ketoglutarate
18. Dalam tubuh terdapat berbagai jenis lipid seperti lemak, fosfolipid dan steroid. Lipid yang berfungsi sebagai sumber energi adalah ...
- A. Lemak
  - B. Fosfolipid
  - C. Steroid
  - D. Lemak dan fosfolipid
  - E. Fosfolipid dan steroid
19. Pada proses pencernaan lipid diperlukan beberapa enzim dalam sistem pencernaan mulai dari lambung sampai ke usus halus, enzim yang berfungsi mengubah lipid menjadi gliserol adalah:
- A. Ptealin enzim
  - B. Tripsin enzim
  - C. Lipase enzim
  - D. Pepsin enzim
  - E. Amilase
20. Proses pemecahan lipid menjadi kalori terjadi di dalam sel (sitoplasma), namun demikian lipid yang di katabolisme akan menghasilkan produk sampingan yang berbahaya jika terlalu banyak, produk samping tersebut adalah:
- A. Asam laktat

B. Asam asetat

C. Benda-benda keton

D. Piruvat

E. Asetil Co A

## **BAB XII**

### **ENZIM, MINERAL, VITAMIN**

Pada Bab ini akan dibahas tentang enzim, mineral dan vitamin, serta hal-hal yang berkaitan dengan enzim, mineral dan vitamin.

#### **A. Konsep Enzim**

##### **1. Pengertian Enzim**

Enzim adalah sebuah protein yang memiliki peran untuk mempercepat proses reaksi kimia atau katalis metabolisme dalam makhluk hidup, akan tetapi enzim tidak bereaksi. Enzim berperan secara lebih khusus dalam hal menentukan reaksi yang mana yang akan dikembangkan dibandingkan dengan katalisator anorganik sehingga reaksi banyak yang dapat berlangsung dengan tidak menghasilkan produk sampingan yang beracun (Washudi & Hariyanto, 2016).

##### **2. Struktur Enzim**

Berdasarkan strukturnya, enzim terbagi menjadi: 1) Enzim sederhana terdiri dari komponen protein saja; 2) Enzim kompleks yang terdiri dari protein dan nonprotein (Washudi & Hariyanto, 2016).

##### **3. Penggolongan Enzim**

Penggolongan enzim terbagi menjadi dua yaitu berdasarkan tempat kerja enzim dan daya mempercepat katalis (Washudi & Hariyanto, 2016).

###### **a. Berdasarkan tempat kerjanya**

###### **1) Endoenzim**

Endoenzim biasa disebut enzim intraseluler, enzim intraseluler adalah enzim yang bekerja di dalam sel. Umumnya endoenzim digunakan untuk proses sintesis yang ada di dalam sel dan pembentukan ATP yang berguna untuk proses dalam proses metabolisme sel dan dalam proses respirasi.

###### **2) Eksoenzim**

Eksoenzim biasa juga disebut dengan enzim ekstraseluler, yaitu enzim yang bekerja di luar sel. Pada umumnya eksoenzim berfungsi untuk melarutkan substrat dengan cara hidrolisis dengan menjadikan ke dalam bentuk molekul yang lebih sederhana dengan berat molekul lebih ringan sehingga dapat dengan mudah masuk melewati sel. Energi yang dikeluarkan pada reaksi pemecahan substrat di luar sel ini tidak digunakan dalam proses kehidupan sel.

b. Penggolongan enzim berdasarkan daya katalisis

1) Oksidoreduktase

Enzim bekerja dengan proses katalisis reaksi oksidasi-reduksi, yang merupakan pemindahan dari enzim ke enzim atau dari enzim ke oksigen. Misal contohnya adalah enzim transfer oksidase dan peroksidase (katalase).

2) Transferase

Transferase adalah proses katalisis pemindahan gugusan molekul, dari suatu molekul ke molekul yang lain.

3) Hidrolase

Hidrolase adalah enzim melakukan proses katalisis reaksi-reaksi hidrolisis.

4) Liase

Enzim memiliki fungsi untuk katalisis dengan mengambil atau menambah gugusan dari suatu molekul tanpa melalui proses hidrolisis

5) Isomerase

Proses isomerase meliputi enzim-enzim yang dapat melakukan katalisis reaksi isomerisasi.

6) Ligase

Enzim dapat melakukan katalisis reaksi dengan menggabung 2 molekul dengan cara dibebaskannya molekul pirofosfat dari nukleosida trifosfat

4. Penggolongan Koenzim

Koenzim terbagi menjadi 2 bagian yaitu (Washudi & Hariyanto, 2016):

a. Koenzim 1

Koenzim 1 terdiri dari susunan satu molekul beta asam molekul nikotinamida, satu molekul adenine dan 2 molekul pentose serta 2 molekul asam phospat. Koenzim 1 ini disebut juga dengan kodahidrogenese 1 atau kozimase yang terdapat pada sel hidup.

b. Koenzim 2

Koenzim 2 ini disebut juga dengan kodehidrogenese II atau kozimase II. Memiliki fungsi yang sama dengan koenzim I dan hanya memiliki perberbedaan dalam kandungan molekul asam sulfatnya. Koenzim I terdapat 2 molekul asam phosfat sedangkan pada koenzim II terdapat 3 molekul asam phospat. Fungsi koenzim dalam suasana anaerob sebagai dehidrogenase yang menerima atom H atau sebagai akseptor H

5. Faktor yang mempengaruhi Enzim dan ko Enzim

Struktur dasar dari enzim adalah protein, dalam prosesnya protein sangat dipengaruhi oleh hal-hal berikut (Washudi & Hariyanto, 2016):

a. Suhu (Kusumaningrum, Gunam, & Wijaya, 2019)

Enzim yang komponen utamanya adalah protein, maka proses kerjanya masih dipengaruhi oleh suhu, pada suhu 0°C enzim tidak aktif, jika suhu ditingkatkan maka enzim tersebut akan mulai aktif.

b. Derajat Keasaman (pH) (Kusumaningrum et al., 2019)

Enzim dapat bekerja pada pH tertentu, umumnya pada pH netral, kecuali ada beberapa jenis enzim yang bekerja pada suasana asam atau suasana basa. Jika enzim yang dapat bekerja secara optimal pada pH netral ditempatkan pada pH basa atau pH asam, maka enzim tersebut tidak akan bekerja atau bahkan rusak, begitu juga sebaliknya.

c. Inhibitor

Inhibitor adalah respon balik yang mempengaruhi kerja enzim atau dikenal dengan sebutan *feed back inhibitor* adalah keadaan pada saat substansi hasil (produk) kerja enzim yang terakumulasi dalam jumlah yang berlebihan akan menghambat kerja enzim yang bersangkutan.

d. Konsentrasi Substrat

Kerja enzim juga ditentukan oleh jumlah atau konsentrasi substrat yang tersedia. Apabila jumlah substrat sedikit, kecepatan kerja enzim akan rendah, dan juga sebaliknya.

e. Konsentrasi enzim

Reaksi yang terjadi di dalam enzim agar maksimal, maka konsentrasi substrat dengan konsentrasi enzim harus sesuai, apabila jumlah enzim terlalu sedikit dan substratnya terlalu banyak, maka reaksi akan berjalan dengan lambat, akan tetapi jika semakin banyak enzim maka proses yang berjalan akan semakin cepat.

## **B. Konsep Mineral**

### **1. Pengertian mineral**

Mineral merupakan ion anorganik yang dibutuhkan oleh tubuh karena memiliki peran sebagai katalis dalam proses reaksi biokimia (Tarwoto & Wartonah, 2015). Mineral memiliki perannya yang cukup penting dalam memelihara fungsi tubuh baik dalam tingkatan seluler maupun tingkatan organ dan tubuh secara keseluruhan (Lomboan, Molanda, & Sekeon, 2020).

### **2. Jenis Mineral**

Mineral terbagi ke dalam 2 jenis (Tarwoto & Wartonah, 2015) yaitu:

a. Makro mineral (mayor mineral/mineral utama)

Makro mineral adalah mineral yang dibutuhkan dengan jumlah lebih dari 100mg/hari, antara lain:

### 1) Natrium (Na)

Natrium atau disebut juga dengan sodium memiliki fungsi sebagai untuk menjaga keseimbangan air dan elektrolit (asam basa) di dalam sel (intrasel) dan di dalam cairan ekstraseluler, termasuk plasma darah. Natrium ini juga diperlukan untuk membawa impuls saraf. Natrium banyak ditemukan di cairan ekstraseluler dari pada intraseluler dan sebanyak 30-40% berada dalam tulang. Natrium mudah diserap di lambung maupun usus halus. Organ yang berperan penting untuk mengeluarkan dan mempertahankan natrium dalam tubuh adalah ginjal. Kurang lebih 99,5% natrium diserap kembali oleh ginjal. Kebutuhan natrium pada masing-masing individu berbeda sesuai dengan kebutuhan masing-masing dalam pertumbuhan dan perkembangan. Apabila tubuh mengalami defisiensi natrium dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan dan kematian, misalnya yang terjadi pada kasus disentri. Natrium mudah diserap oleh ginjal dan usus, pada proses penyerapannya bersamaan dengan penyerapan air. Sumber natrium bisa kita dapatkan melalui garam dapur, dan juga pada buah-buahan antara lain apel, bayam, melon, avokad, lobak, mangga dan semangka.

### 2) Kalsium (Ca)

Jenis makro mineral selanjutnya adalah kalsium (Ca) yang juga sangat penting dan memiliki peran yang besar dalam metabolisme tulang, kontraksi atau aktivitas otot, fungsi saraf, proses pembekuan darah, dan fungsi kekebalan tubuh. Sebagian kecil kalsium tulang dapat digantikan oleh magnesium dan natrium. Tubuh manusia menggunakan kalsium untuk proses metabolisme tidak dapat secara langsung dari makanan namun diambil dari deposit kalsium yang ada pada tulang. Sumber dari kalsium bisa kita dapatkan melalui buah dan sayuran yang mengandung kalsium antara avokad, lemon, apel, mangga, bayam, blewah, jambu biji, kacang panjang, tomat, nanas, pepaya, dan lobak.

### 3) Fosfor (P)

Jenis makro mineral yang dibutuhkan tubuh selanjutnya adalah fosfor (P), fosfor terdapat di dalam jaringan keras dalam jumlah yang lebih sedikit dibandingkan dengan kalsium. Sebaliknya, jika di jaringan lunak, jumlah fosfor lebih banyak dibandingkan dengan kalsium. Kebutuhan fosfor di dalam tubuh secara umum dapat dipenuhi dalam rata-rata makanan yang dihidangkan. Sumber fosfor terdapat pada wortel, tomat, pisang, apel, nanas, bayam, avokad, dan pepaya.

### 4) Kalium (K)

Kalium adalah makro mineral selanjutnya yang dibutuhkan oleh tubuh, kalium memiliki peran dalam mempertahankan tekanan osmotik di dalam tubuh. Kalium terdapat lebih banyak

dalam cairan intraseluler daripada di ekstraseluler dan sebagian besar terikat oleh protein. Kalium dibutuhkan pada proses penyerapan asam amino oleh sel dan untuk membantu metabolisme karbohidrat. Kalium terutama dieksresikan oleh ginjal bersamaan dengan ekskresi urin, sehingga apabila seseorang mengalami deuresis maka kalium juga banyak yang hilang. Penurunan kalium berat di antaranya terjadi pada penyakit paru menahun, kekurangan kalori protein, dan sirosis hepatitis. Sumber makanan yang banyak mengandung kalium terbanyak pada pisang hijau dan tomat, apel, bayam, jambu biji, jeruk nipis, mangga, melon, dan semangka.

#### 5) Klorida (Cl)

Klorida merupakan makro mineral yang dikonsumsi dalam bentuk garam dapur (NaCl). Akan tetapi, sumber lain yang mengandung klorida adalah terdapat dalam apel dan wortel. Klorida dieksresikan di dalam lambung dalam bentuk HCl dan memiliki fungsi untuk membantu mencerna protein oleh pepsin. Kekurangan klorida dapat menimbulkan alkalosis. Misalnya pada seorang anak yang mengalami muntah-muntah maka akan banyak membuang cairan, termasuk HCl lambung juga akan terbuang, sehingga tingkat keasaman (pH) dalam tubuh terjadi peningkatan dan terjadilah alkalosis/tubuh bersifat lebih basa.

#### 6) Magnesium (Mg)

Magnesium merupakan makro mineral lain yang tidak kalah penting dibutuhkan oleh tubuh. Magnesium diperlukan untuk pembentukan tulang dan terdapat juga pada jaringan lunak. Sumber makanan yang banyak mengandung magnesium terdapat pada pepaya, wortel, bayam, apel, selada air, nanas, dan lobak.

#### b. Mikro mineral (minor mineral/*trace elements*)

Mikro mineral adalah mineral yang dibutuhkan dengan jumlah kurang dari 100mg/hari (Washudi & Hariyanto, 2016) (Tarwoto & Wartonah, 2015) (Wibawa, 2016), antara lain:

##### 1) Zat Besi (Fe)

Zat besi (Fe) merupakan mikro mineral yang dibutuhkan oleh tubuh. Semua sel di dalam tubuh mengandung zat besi, hemoglobin darah dan otot mempunyai konsentrasi zat besi yang lebih tinggi. Defisiensi zat besi dapat menyebabkan anemia. Zat besi ini akan berikatan dengan asam amino (rantai alfa dan beta) dan Fe berfungsi mengikat oksigen dan karbondioksida sehingga kebutuhan oksigen seluler dapat terpenuhi, zat Fe tidak dapat berfungsi pada tubuh jika tidak didukung dengan pemenuhan asam amino. Sumber makanan yang mengandung zat besi di antaranya terdapat pada bayam, avokad, apel,



jambu biji, nanas, pepaya, wortel, mangga, pisang, selada air, semangka, dan tomat.

## 2) Seng (Zn)

Seng membantu beberapa enzim dalam menjalankan fungsinya, bahkan banyak enzim yang mengandung Zn dalam struktur molekulnya. Seng juga memiliki peranan penting dalam pembelahan sel. Tubuh kita mengandung seng yang terdapat di dalam sel darah merah, pankreas, limpa, hati, dan ginjal.

## 3) Tembaga (Cu)

Tembaga merupakan komponen dari beberapa jenis enzim dalam sistem pembentukan sel darah merah, pembentukan tulang, dan reaksi redoks. Tanpa adanya Cu maka Hb tidak dapat terbentuk secara sempurna serta oksigen tidak dapat terikat.

## 4) Fluor (F)

Flour merupakan mineral yang terdapat dalam komponen dari jaringan keras tulang dan gigi. Flour berpengaruh terutama pada fase pembentukan gigi ketika masih dalam jaringan ikat. Flour juga berperan untuk melindungi dentin dan email gigi dari serangan karies gigi. Kelebihan flour juga menyebabkan gigi tidak sehat sempurna dan membuat gigi berwarna kuning kecoklatan atau biasa disebut dengan *mottled enamel*.

## 5) Yodium (I)

Yodium merupakan mineral mikro dan zat gizi esensial bagi tubuh karena merupakan komponen dari hormon tiroksin. Defisiensi yodium dapat menimbulkan hipotiroidisme dan tubuh mencoba untuk mengkompensasikan dengan menambah jaringan kelenjar tiroid dan mengalami hipertropi dan dapat terjadi gondok. Sumber dari yodium bisa didapatkan melalui garam dapur dan minyak ikan. Yodium memiliki sifat mudah menguap, sehingga jika garam beryodium diletakkan dalam tempat terbuka atau disajikan dengan sayur yang panas dan terbuka maka kecenderungan iodium yang terkandung akan hilang menguap.

## 3. Fungsi Mineral

Mineral yang sudah diserap oleh tubuh berfungsi dalam 3 proses (Tarwoto & Wartonah, 2015) yaitu:

- a. Menentukan konsentrasi osmotik cairan tubuh. Misalnya pada natrium dan klorida memiliki peranan penting dalam mempertahankan cairan ekstrasel, sedangkan kalium berfungsi dalam mempertahankan konsentrasi osmotik intrasel.
- b. Kombinasi dari ion-ion berperan dalam proses fisiologis misalnya mempertahankan tulang, kontraksi otot, pembentukan neurotransmitter, pembentukan hormone dan pembekuan darah.

- c. Menjadi kofaktor esensial pada reaksi enzimatik, misalnya magnesium yang dibutuhkan dalam proses pembentukan tulang.

## **C. Konsep Vitamin**

### **1. Pengertian Vitamin**

Vitamin adalah molekul organik yang dibutuhkan oleh tubuh dalam jumlah yang relatif kecil dan tidak dapat diproduksi oleh tubuh itu sendiri, jadi harus didapatkan dari luar (Tarwoto & Wartonah, 2015). Vitamin sangat dibutuhkan karena sebagai katalisator organik (Tumiwa, Kapantow, & Punduh, 2020). Vitamin yang ada di dalam makanan belum merupakan suatu jaminan bahwa suatu defisiensi dari vitamin tidak timbul, karena mungkin ada faktor-faktor lain yang terdapat dalam diet yang menghalangi pemanfaatannya oleh tubuh, misalnya proses absorpsinya di dalam usus (Washudi & Hariyanto, 2016).

### **2. Klasifikasi Vitamin**

Vitamin terbagi ke dalam 2 bagian (Tarwoto & Wartonah, 2015) yaitu:

#### **a. Vitamin yang larut dalam lemak**

Vitamin yang merupakan molekul hidrofobik apolar dan memerlukan lemak yang normal agar dapat mengabsorpsi secara optimal (Triana, n.d.). Terdiri dari vitamin A, D, E dan K.

#### **b. Vitamin yang larut dalam air**

Vitamin ini dapat larut dalam air dan dapat diekskresi melalui urine yang terdiri dari vitamin B kompleks, B1 (Tiamin), B2 (Riboflavin), B3 (niasin), B5 (asam pantotenat), B6 (piridoksin, pridoksal, piridoksamin), B12 (kobalamin), Asam Folat dan vitamin C.

## **D. Macam dan Fungsi Vitamin**

Vitamin yang termasuk dalam kategori larut dalam lemak atau minyak, jika berlebihan tidak dikeluarkan oleh tubuh, melainkan akan disimpan. Sedangkan vitamin yang larut dalam air, yaitu vitamin B kompleks dan C tidak disimpan di dalam tubuh melainkan akan dikeluarkan bersamaan dengan urine (Setyoningsih et al., 2021).

Oleh karena itu, setiap hari tubuh kita membutuhkan asupan vitamin melalui makanan yang dikonsumsi seperti dari sumber sayur, buah dan produk hewani. Beberapa vitamin yang dikonsumsi pada makanan atau minuman tidak berada dalam keadaan bebas, melainkan terikat baik secara fisik maupun kimia. Pada proses mencerna makanan, baik di dalam lambung maupun usus halus akan membantu melepaskan vitamin dari makanan agar bisa diserap oleh usus. Vitamin larut lemak diserap di dalam usus bersama dengan lemak atau minyak yang dikonsumsi (Tumiwa et al., 2020).

Vitamin yang diserap oleh usus melalui proses dan metabolisme yang berbeda pada vitamin yang larut dalam lemak dan larut dalam air. Vitamin A, D, E, K akan diserap secara difusi pasif kemudian di dalam dinding usus digabungkan dengan kilomikron (lipoprotein) yang kemudian diserap sistem limfatik, baru setelah itu akan bergabung dengan saluran darah untuk ditransportasikan ke hati. Vitamin B kompleks dan C yang larut dalam air akan langsung diserap melalui saluran darah dan ditransportasikan ke hati (Tumiwa et al., 2020) (Tarwoto & Wartonah, 2015).

Berikut penjelasan tentang vitamin baik yang larut dalam lemak maupun yang larut dalam air (Tarwoto & Wartonah, 2015) (Washudi & Hariyanto, 2016) (Sitoayu & Rahayu, 2019):

#### 1. Vitamin A

Vitamin A dalam melakukan metabolismenya berfungsi membantu kerja indra penglihatan dan menjaga kesehatan kulit dan imunitas terhadap tubuh. Seseorang yang mengalami defisiensi vitamin A dapat mengalami rabun senja dan katarak dan menurunkan daya tahan tubuh, infeksi pada pernafasan dan kondisi kulit kurang baik. Sumber vitamin A banyak ditemukan pada ikan, telur, daging, hati, susu, wortel, labu dan bayam..

#### 2. Vitamin B1

Vitamin B1 memiliki peran membantu proses metabolisme protein dan lemak, apabila seseorang mengalami defisiensi vitamin B1, kulit akan mengalami berbagai gangguan, seperti kulit kering dan bersisik. Tubuh juga dapat mengalami beri-beri, gangguan saluran pencernaan, jantung, dan sistem saraf. Sumber vitamin B1 terdapat pada kacang tanah, kacang hijau, gandum, roti, sereal, ginjal, hati dan ikan.

#### 3. Vitamin B2

Vitamin B2 memiliki banyak peran di dalam tubuh, antara lain sebagai komponen koenzim flavin mononukleotida dan flavin adenine dinukleotida. Enzim ini memiliki peran penting dalam regenerasi energi bagi tubuh melalui proses respirasi. Vitamin B2 juga berperan dalam pembentukan sel darah merah dan glikogen dan membantu pertumbuhan organ tubuh misalnya kulit, rambut, dan kuku. Defisiensi vitamin B2 dapat berupa manifestasi penurunan daya tahan tubuh, kulit kering bersisik, mulut kering, bibir pecah-pecah, dan sariawan. Sumber vitamin B2 terdapat pada ragi, hati, ginjal, susu, keju, kacang almond dan *yogurt*.

#### 4. Vitamin B3

Vitamin B3 memiliki peran penting dalam memetabolisme karbohidrat untuk menghasilkan energi, metabolisme lemak, dan metabolisme protein serta menjaga kadar gula darah, tekanan darah tinggi, penyembuhan migrain, dan vertigo. Defisiensi vitamin B3 dapat dimanifestasikan berupa kekejangan, kram otot, gangguan sistem pencernaan, mual dan muntah. Sumber vitamin B3 terdapat pada sereal, beras dan kacang-kacangan.

## 5. Vitamin B5

Vitamin B5 memiliki peran besar dalam berbagai jenis metabolisme, misalnya dalam reaksi pemecahan nutrisi makanan terutama lemak dan sebagai katalisator reaksi kimia dalam pembentukan ATP. Defisiensi vitamin B5 juga dapat menyebabkan kulit pecah-pecah dan bersisik dan kram otot serta kesulitan tidur (insomnia). Sumber vitamin B5 terdapat pada banyak jenis makanan.

## 6. Vitamin B6

Vitamin B6 yang dikenal juga dengan nama lain piridoksin, adalah vitamin yang esensial bagi pertumbuhan tubuh. Vitamin ini berperan dalam metabolisme asam amino, pembentukan antibody dan regenerasi sel darah merah. Defisiensi vitamin B6 dapat menimbulkan dermatitis, bibir pecah-pecah, sariawan, anemia dan kejang. Sumber vitamin B6 terdapat pada hati, ikan, daging, telur, pisang dan sayuran.

## 7. Vitamin B12

Vitamin B12 dan biasa dikenal dengan sebutan sianokobalamin merupakan jenis vitamin yang hanya bisa diproduksi oleh hewan dan tidak ditemukan pada tanaman. Vitamin B12 berperan dalam membantu pembentukan sel darah merah, mencegah kerusakan sel saraf, dan metabolisme protein. Sumber vitamin B12 banyak terdapat pada daging, ikan, kepiting, telur dan susu.

## 8. Vitamin C

Vitamin C yang biasa dikenal dengan istilah asam askorbat banyak memberikan manfaat bagi kesehatan tubuh kita, diantaranya adalah membantu pembentukan tulang, otot dan kulit, proses penyembuhan luka, meningkatkan daya tahan tubuh, membantu penyerapan zat besi dan melindungi tubuh dari radikal bebas. Defisiensi vitamin C dapat menyebabkan gusi berdarah dan nyeri pada persendian. Sumber vitamin C banyak didapatkan pada jeruk, mangga, tomat, stroberi, asparagus, kol, susu, mentega, ikan dan hati.

## 9. Vitamin D

Vitamin D memiliki peran dalam membantu penyerapan kalsium, fosfor untuk kekuatan tulang dan gigi, pengaturan produksi hormone, dan pengaturan kadar kalsium darah. Tubuh kita dapat menghasilkan pro-vitamin D namun tidak akan menjadi vitamin D yang aktif jika tidak dimetabolisme di ginjal dengan bantuan paparan sinar matahari. Sumber vitamin D banyak ditemukan pada ikan, telur, daging, susu, keju, tahu dan tempe.

## 10. Vitamin E

Vitamin E memiliki fungsi sebagai antioksidan dengan cara memtuskan berbagai reaksi rantai radikal bebas. Defisiensi vitamin E biasanya lebih sering disebabkan oleh gangguan absorpsi, misalnya steatore, obstruksi biliaris dan penyakit pankreas. Sumber vitamin E terdapat pada

minyak, sayur, telur, susu, daging, ikan, kacang-kacangan, bayam dan selada.

#### 11. Vitamin K

Vitamin K berfungsi untuk meningkatkan biosintesis beberapa faktor pembekuan darah, defisiensi vitamin K dapat menyebabkan penyakit perdarahan dan hipoprotrombinemia dan menurunnya kadar beberapa faktor pembekuan darah. Defisiensi vitamin K terjadi karena beberapa hal antara lain: gangguan penyerapan vitamin K; bakteri sintesis berkurang; pemakaian antikoagulan. Sumber vitamin K banyak terdapat pada jaringan tanaman, sayuran dan hewan.

## LATIHAN SOAL

1. Vitamin jika dibagi berdasarkan penggolongannya, berikut yang termasuk ke dalam vitamin yang larut dalam air adalah.....

- a. Vitamin A
- b. Vitamin D
- c. Vitamin E
- d. Vitamin C
- e. Vitamin K

**Jawaban: D**

2. Vitamin yang memiliki fungsi untuk membantu pembekuan darah adalah.....

- a. Vitamin A
- b. Vitamin D
- c. Vitamin E
- d. Vitamin C
- e. Vitamin K

**Jawaban: E**

3. Vitamin D disintesis di dalam tubuh dalam bentuk inaktif, setelah dibantu oleh sinar matahari, maka provitamin akan berubah menjadi vitamin D aktif dan berada pada organ.....

- a. Liver
- b. Ginjal
- c. Paru
- d. Jantung
- e. Tulang

**Jawaban: B**

4. Berdasarkan penggolongannya, mineral terbagi ke dalam dua bagian, yaitu makro dan mikro, apakah letak dasar perbedaan kebutuhan mineral makro dan mineral mikro...

- a. Jenis makanannya
- b. Jumlah kebutuhannya
- c. Matang atau tidaknya
- d. Sulit atau mudah didapat
- e. Mudah diserapnya

**Jawaban: B**

5. Jenis mikro mineral yang memiliki kecenderungan menguap dan hilang jika dihidangkan dalam keadaan panas adalah....
- Seng
  - Tembaga
  - Flour
  - Yodium
  - Zat besi

**Jawaban: B**

6. Jenis makro mineral yang dibutuhkan banyak dalam membantu metabolisme tulang adalah...
- Clorida
  - Kalium
  - Kalsium
  - Flour
  - Zat besi

**Jawaban: C**

7. Makro mineral yang dikonsumsi dan biasanya terdapat dalam garam dapur adalah....
- Clorida
  - Kalium
  - Kalsium
  - Flour
  - Seng

**Jawaban: A**

8. Protein yang memiliki peran sebagai pemercepat proses reaksi kimia disebut...
- Mineral
  - Vitamin
  - Seng
  - Enzim
  - Glukosa

**Jawaban: D**

9. Berikut faktor yang mempengaruhi kerja enzim...
- Suhu
  - pH
  - Konsentrasi substrat
  - Cahaya matahari

**Jawaban: 1, 2, 3**

10. Vitamin yang memiliki peranan besar dalam proses peneglihatan adalah....

- a. Vitamin B1
- b. Vitamin C
- c. Vitamin K
- d. Vitamin D
- e. Vitamin A

**Jawaban: E**



## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2013. *Alat indera pada manusia 9.1.*  
[http://www.crayonpedia.org/mw/Alat\\_Indra\\_Pada\\_Manusia\\_9.1](http://www.crayonpedia.org/mw/Alat_Indra_Pada_Manusia_9.1), (online)
- Bagian-bagian mata.* <http://articles.myhardisk.com/2009/08/bagian-bagian-mata.html>, (online)
- Anonim. 2013. *Biologi kelas 2 indera penglihat.*  
<http://kambing.ui.ac.id/bebas/v12/sponsor/Sponsor-Pendamping/Praweda/Biologi/0087%20Bio%202-10a.htm>, (online)
- Anonim, 2013. *Kelainan dan penyakit pada kulit.*  
<http://mengerjakantugas.blogspot.com/2009/08/kelainan-dan-penyakit-pada-kulit.html>, (online)
- Anonim, 2013. *Kelainan pada telinga luar*  
[http://medicastore.com/penyakit/360/Kelainan\\_Pada\\_Telinga\\_Luar.html](http://medicastore.com/penyakit/360/Kelainan_Pada_Telinga_Luar.html), (online)
- Nurchahyo. 2013. *Kelainan telinga, hidung, tenggorokan.*  
<http://www.indonesiaindonesia.com/f/12853-kelainan-telinga-hidung-tenggorokan/>,
- Anonim. 2013. *Penyakit-penyakit pada lidah.* <http://www.untukku.com/artikel-untukku/penyakit-penyakit-pada-lidah-untukku.html>, (online),
- Badiah, Atik. 2002. *Sistem Penginderaan* (Bab 7). Jakarta: pundiknakes depkes RI.
- Irianto, Kus. 2007. *Stuktur dan fungsi tubuh manusia untuk paramedic.* Bandung: Yrama Widya.
- Kimball, John W. 1994. *Biologi Edisi Kelima; Jilid 1.* Erlangga. Jakarta
- Kimbal, John W. 1994. *Biologi Edisi Kelima; Jilid 2.* Erlangga. Jakarta
- Syaifudin. 2009. *Anatomi tubuh manusia untuk keperawatan.* Jakarta: Salemba Medika.
- Baehr, M., Frotscher M. (2010). *Diagnosis topik neurologi: anatomi, fisiologi, tanda, gejala* Ed. 4. Jakarta: EGC
- Chalik, R. (2016). *Anatomi fisiologi manusia.* Pusat Pendidikan Sumber Daya Manusia Kesehatan Badan Pengembangan dan Pemberdayaan Sumber Daya Manusia Kesehatan. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia
- Damasceno, A. F. M. J., Cury, H., Nucci, A. (2011). "Autonomic Dysfunction in Non-Paraneoplastic Sensory Neuronopathy: Beyond Sensory Abnormalities." *Journal of Neurology* 258(2): 231-237
- Dorion, D. (2017). *Thyroid Anatomy.* (Online; diakses pada tanggal 2 Februari 2022 Pukul 20.00 WIB). <http://emedicine.medscape.com/>
- Forrester, J. V., Dick, A. D., McMenamin, P. G., Roberts, F., Pearlman, E. (2015). *The Eye E-Book: Basic Sciences in Practice.* Edisi.: Elsevier Health Sciences.

- Ganapathy, M. K., Tadi, P. (2020). Anatomy, Head and Neck, Pituitary Gland. StatPearls (Online; diakses pada tanggal 2 Februari 2022 Pukul 21.00 WIB) <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK551529/>
- Guyton, A. C. (1987). Fisiologi Kedokteran. 148 – 168, Edisi ke 5, EGC, Jakarta.
- Kahle, W., Frotscher, M. (2003). *Color atlas of human anatomy nervous system and sensory organs*. Vol 3. Thieme Stuttgart-NewYork.
- Kiranadi, B. (2017). Fisiologi saraf, indera dan otot. Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia; ISBN-978-979-24-5433-8
- Knight, J. (2021). Endocrine system I: Overview of the endocrine system and hormones. *Nursing Times* (Online); 117: 5, 38-48
- Lack, E. E., Paal, E. (2020). Adrenal glands. In: Cheng L et al (eds) *Urologic Surgical Pathology*. Elsevier.
- Longnecker, D. S. (2021). Anatomy and histology of the pancreas. *The Pancreapedia: Exocrine Pancreas Knowledge Base*. doi: 10.3998/panc.2021.01.
- Luciano, D., Vander., A J.; Sherman, J H. (1988). *Human Function and Structure*, 113–122, Mc Graw Hill International Book Co.
- Malanga, A. Lumbosacral Radiculopathy (Online; diakses pada tanggal 1 Februari 2022 Pukul 23.05 WIB). <http://emedicine.medscape.com/>
- Marieb, E. N. (1988). *Essentials of Human Anatomy & Fisiologi*. Chap. 5 : 88 – 92, Chap.6 : 117 – 125, Second edition, Benjamin / Cumming Publishing Co, California.
- Marieb, E. N., Wilhelm, P. B., Mallat, J. (2012). *Human Anatomy 6th ed media update*. Benjamin Cummings.
- Moore, K. L., Agur, A. M. R., and Dalley, A. F. (2015). *Essential Clinical Anatomy*. 5th edn. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins
- Neal, S. L., Fields, K. B. (2010). Peripheral nerve entrapment and injury in the upper extremity. *Am Fam Physician*; 81(2): 147-155.
- Nurhastuti, Iswari, M. (2018). *Anatomi tubuh dan sistem persuarafan manusia*. Goresan Pena. Kuningan
- Price, A. S & Wilson, M. L. (1995). *Patofisiologi: Konsep klinis proses – proses penyakit*, 901–929, 1021–1022, EGC, Jakarta.
- Remington, Lee. (2012). *Ann. Clinical Anatomy and Physiology of The Visual System*, edisi ke -2. Missouri: Elsevier; Hal 232-45
- Rohkam, R. (2004). *Color Atlas of Neurology*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag
- Snell, R S, & Lemp, M A. 2013. *Clinical anatomy of the eye*.Edisi.: John Wiley & Sons; Hal 293-

- Sonne, J & Lopez-Ojeda, W. (2021). Neuroanatomy, cranial nerve. (Online; diakses pada tanggal 1 Februari 2022 Pukul 23.05 WIB). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470353/>,
- Splittgerber, R. (2019). Snell's Clinical neuroanatomy. 8th edn. Wolters Kluwer. Snell RS, Lemp MA. Clinical anatomy of the eye. Edisi.: John Wiley & Sons; 2013. Hal 293-327.
- Tortora, G. J., Derrickson, B. H. (2009). Principles of Anatomy and Physiology. 12th edition. Asia International Student Version. Hal 523-36.
- Wahuningsih, H. P., Kusmiati, Y. (2017). Anatomi fisiologi manusia. Pusat Pendidikan Sumber Daya Manusia Kesehatan Badan Pengembangan dan Pemberdayaan Sumber Daya Manusia Kesehatan. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia
- Bain, B.J. (2017). A Beginner's Guide to Blood Cell. Third edition. UK: John Wiley & Sons Ltd.
- Dessypris, E.N. & S.T. Sawyer. (2009). Erythropoiesis in Wintrobe's Clinical Hematology. 12<sup>th</sup> edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Firani, N.K. (2018). Mengenal Sel-Sel Darah dan Kelainan Darah. Malang: UB Press
- Hoffbrand, A. V., P.A.H. Mos, & J.E. Pettit. (2004). Essential Hematology. Fifth Edition. USA: Blackwell Publishing Ltd.
- Martini, F.H., Nath, J.L., & Bartholomew E.F. (2012). Fundamental Anatomy Physiology. Ninth Edition. Boston: Benjamin Cummings.
- Ping, M. F., Sianturi, S., & Anasis, A. M. (2022). Ilmu Biomedik Dasar. Pekalongan: Pt. Nasya Expanding Management (NEM).
- Sa'adah, S. (2018). Sistem Peredaran darah Manusia. Bandung: Prodi Pendidikan Biologi, UIN Sunan Gunung Jati Bandung.
- Tortora, G. J. & Derrickson, B. (2009). Principles of Anatomy & Physiology. USA: John Wiley & Sons. Inc.
- Anlene. (2021). *Mengenal Fungsi Jantung Berdasarkan Bagian-bagiannya*. <https://www.anlene.com/>. <https://www.anlene.com/id/ms/fungsi-jantung.html>
- Daso, F. (2015). *A: Analisis Sinyal Suara Jantung dengan Menggunakan Representasi Spektrum*. Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya.
- Feriyawati, L. (2011). *Sistem Kardiovaskuler*.
- Gonce, P. (2013). Keperawatan Kritis: Pendekatan Asuhan Holistik. In *Jakarta : EGC* (Vol. 8, Issue 2).
- Jones. (2008). *An anatomy of cosmetic surgery*. Berg.
- Manembu, M., Rumampuk, J., & VR Danes, V. (2015). Pengaruh Posisi Duduk Dan Berdiri Terhadap Tekanan Darah Sistolik Dan Diastolik Pada Pegawai Negeri Sipil Kabupaten

- Minahasa Utara. *EBiomedik*, 3(3).
- Paramita, D. V., & Juniati, S. H. (2016). Fisiologi dan Fungsi Mukosiliar Bronkus. *Journal.Unair.Ac.Id*, 9(2), 64–73.
- Ridwan, M. (2017). *Mengenal & Menjaga Kesehatan Pernafasan*.
- Rilantono, L. I., Faisal, B., Santoso, K., & Poppy, S. B. (2004). *Buku Ajar Kardiologi, Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia*. Gaya Bar.
- Suárez-Quintanilla, J., Cabrera, A., & Sharma, S. (2021). Anatomy, head and neck, larynx. *StatPearls (Internet)*.
- Syarifudin. (2006). *Anatomi Fisiologi untuk Mahasiswa keperawatan* (3rd ed.). EGC.
- Widyananda, R. F. (2020). *6 Fungsi Jantung pada Manusia, Ketahui Secara Teliti*.  
<https://m.merdeka.com/jatim/6-fungsi-jantung-pada-manusia-ketahui-secara-teliti-klm.html?page=6>
- Wijayanto, A., & Joko, P. R. (2011). *Deteksi Kelainan Parenkim Paru Berdasarkan Power Spectra Density Suara Paru Dengan Metode Welch*.
- Yudha. (2017). *Catatan Praktis Elektro Kardio Grafi Bagi Pemula*. Karunia Surabaya.
- Ian Peate, Muralitharan Nair (2018), *At A Glance Anatomi dan Fisiologi*, Alih Bahasa Dr Huriawati Hartanto, Editor Rina Astikawati, Evie Kemala Dewi, Erlangga
- Chalik R (2016), *Anatomi dan Fisiologi Manusia*, Jakarta, Kementerian Kesehatan RI, [www.bppsdmk.kemkes.go.id/.../wp.../08/Anatomi-dan-FisiologiManusia-Komprehensif.pdf](http://www.bppsdmk.kemkes.go.id/.../wp.../08/Anatomi-dan-FisiologiManusia-Komprehensif.pdf). diakses tanggal 10 Desember 2021
- Ganong, W. F. (2008). *Buku ajar: Fisiologi kedokteran*. EGC.
- Hall, J. E., & Hall, M. E. (2020). *Guyton and Hall textbook of medical physiology e-Book*. Elsevier Health Sciences.
- Ross and Wilson (2011), *Anatomy dan Physiologi in Health and illness 10<sup>th</sup> Ed*. Elsevier Health Sciences. Jakarta ; Salemba Medika
- Syaifuddin, (2009) *Fisiologi Tubuh Manusia untuk Mahasiswa Keperawatan*, Jakarta : Salemba Medika
- Washudi, (2016), *Biomedik Dasar (Anatomi, Fisiologi, Biokimis, Fisika, Biologi)*. Jakarta, Kementerian Kesehatan RI, <http://bppsdmk.kemkes.go.id/pusdiksdmk/wpcontent/uploads/2017/08/Biomedik-Dasar-Komprehensif.pdf> diakses tanggal 10 Desember 2021
- Anwar, R. (2005). Morfologi dan Fungsi Ovarium. *Pustaka Unpad*, 1–16.  
[http://pustaka.unpad.ac.id/wp-content/uploads/2010/05/morfologi\\_dan\\_fungsi\\_ovarium.pdf](http://pustaka.unpad.ac.id/wp-content/uploads/2010/05/morfologi_dan_fungsi_ovarium.pdf)
- Hafiz, M. (2014). Konsep Dasar Embriologi. *Saintek*, 6(1), 97.

- Langman, J. (n.d.). *Langman's Medical Embryology - 9th Edition (2).pdf*.
- Purnamasari, A. (2020). Sistem Reproduksi Biologi-Kelas Xi. *Sman3Simpanghilir.Sch.Id*, 1–41.  
[https://sman3simpanghilir.sch.id/download/file/XI\\_Biologi\\_KD-3\\_12-\\_Sistem\\_Reproduksi.pdf](https://sman3simpanghilir.sch.id/download/file/XI_Biologi_KD-3_12-_Sistem_Reproduksi.pdf)
- Barrett, K.E., Barman, S.M. Brooks, H.L., Yuan, J. (2019). *Ganongs Review of Medical Physiology*, 26<sup>th</sup> ed. Mc Graw Hill, New York.
- Boron, W.F., Boulpaep, E.L.(2012). *Medical Physiology*, 2<sup>nd</sup> ed. Elsevier, Philadelphia.
- Colour Textbook of Histology. (2001). WB. Saunders Company, China.
- Gartner, L.P. & Hiatt, J. L. (2017). *Textbook of Histology*, 4<sup>th</sup> ed. Elsevier, Philadelphia PA.
- Hall, J.E., Guyton, A.C., 2016. *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology*, 13<sup>th</sup> ed, Journal of Chemical Information and Modeling. Elsevier, Philadelphia.
- Mescher A.L. (2010). *Junqueira's Basic Histology Text and Atlas*, 12<sup>th</sup> ed. McGraw-Hill Companies, USA.
- Ross M.H., & Pawlina W. (2011). *Histology A Text and Atlas 6<sup>th</sup> ed*. Lippincott William & Wilkins, Philadelphia.
- Sherwood, L., 2013. *Human Physiology: From Cells to Systems*, 8<sup>th</sup> ed. Brooks/Cole, Cengage Learning, Belmont.
- Silverthorn, D.U. (2013). *Human Physiology an Integrates Approach*, 6<sup>th</sup> ed. Pearson, Boston.
- Subowo. (2009). Histologi Umum edisi ke 2. CV Sagung Seto, PO BOX 4661, Jakarta.
- Young B., Heath J.W. (2000). *Wheater's Functional Histology A Text and Colour Atlas*. 3<sup>rd</sup> ed. Churchill Livingstone Elsevier, Spain.
- Campell, N. A. Dan Jane B. R. (2012). *Biologi, Edisi 8 Jilid 3*. Jakarta, Indonesia: Erlangga.
- Gabriel, J F. (2013). *Fisika kedokteran*. Jakarta, Indonesia: EGC.
- Giancoli, D. C. (2014). *Fisika*, Edisi 7 Jilid 2. Jakarta, Indonesia: Erlangga.
- Hutomo, C. S., dkk. (2021). *Ilmu Biomedik Dasar*. Medan, Indonesia: Yayasan kita menulis.
- Tipler, P. A., Mosca G., 2007. *Physics for Scientists and Engineers*. New York : W. H. Freeman
- Washudi dan Tanto H. (2016). *Biomedik dasar*. KEMENKES RI.
- Chanafi, B.& Mursal. (2016). *Pembelajaran Fisika Dengan Memanfaatkan Media Berbasis Teknologi Informasi Dan Komunikasi Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Mahasiswa Pada Materi Biooptik (Sebuah Studi Pada Mata Kuliah Fisika Kesehatan Di Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Muhammadiyah Lhokseumawe)*. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, Vol. 04, No.02, hlm 118-123, 2016

- Hariyanto, W. (2016). *Biomedik Dasar: Anatomi, Fisiologi, Biokimia, Fisika, Biologi*. Jakarta : Pusdik SDM Kesehatan
- Syaifudin. 2019. *Anatomi tubuh manusia untuk keperawatan*. Jakarta: Salemba Medika
- Yan Yan Li. 2014. *High Temporal Contrast with Optical Parametric Amplifier for High Powerful Femtosecond Laser*. *Optics and Laser*, vol. 57, April 2014
- Ischak, N.I., Salimi, Y.K., Botutihe, D.N. 2017. *Biokimia Dasar*. UNG Press.
- Kusmiyati, M. 2016. *Praktikum Kimia Farmasi*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Siregar, F.A., Makmur, T. 2020. *Metabolisme Lipid dalam Tubuh*. *Jurnal Inovasi Kesehatan Masyarakat*. 1 (2), 60-66.
- Syahnita R., Indarto. 2021. *Modul Biokimia: Materi Metabolisme Lemak, Daur Asam Sitrat, Fosforilasi Oksidatif Dan Jalur Pentosa Fosfat*. Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
- Washudi., Haryono T. 2016. *Biomedik Dasar: Anatomi, Fisiologi, Biokimia, Fisika, Biologi*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kusumaningrum, A., Gunam, I. B. W., & Wijaya, I. M. M. (2019). *Optimasi Suhu dan pH Terhadap Aktivitas Enzim Endoglukanase Menggunakan Response Surface Methodology ( RSM )*. 7(2), 243–253.
- Lomboan, F. Y., Molanda, N., & Sekeon, S. S. (2020). *Gambaran Kecukupan Mineral Makro pada Mahasiswa Semester VI Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi Selama Masa Pandemi COVID-19 Gizi Merupakan Komponen Utama Dalam Penyiapan Sumber Daya Manusia Yang Berkualitas Di Indonesia . Status Gizi*. 9(6), 59–67.
- Setyoningsih, H., Pratiwi, Y., Rahmawati, A., Wijaya, H. M., Lina, R. N., & Kudus, K. (2021). *Penggunaan Vitamin untuk Meningkatkan*. 4(2), 136–150.
- Sitoayu, L., & Rahayu, P. (2019). *Hubungan Asupan Vitamin ( B6 , B12 , Asam Folat ) , Olahraga , dan Relationship Between Vitamin ( B6 , B12 , Folic Acid ) Intake , Exercise , And Sleep Quality Of Esa Unggul University Students*.
- Tarwoto, & Wartonah. (2015). *Kebutuhan Dasar Manusia Dan Proses Keperawatan (5th Ed.)*. Jakarta: Salemba Medika.
- Triana, V. (N.D.). *Macam-Macam Vitamin dan Fungsinya dalam Tubuh Manusia*. 40–47.
- Tumiwa, M. C. R., Kapantow, N. H., & Punuh, M. I. (2020). *Gambaran Asupan Vitamin Larut Lemak Mahasiswa Semester 2 Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi Saat Pembatasan Sosial Masa Pandemi Covid-19 Vitamin Merupakan Zat Yang Tidak Dapat Dibentuk Oleh Tubuh Dan Berperan Sebagai Katalisator Organ*. 9(6), 101–106.
- Washudi, & Hariyanto, T. (2016). *Biomedik Dasar*. Jakarta: PPSDM Kemenkes RI.
- Wibawa, A. . P. P. (2016). *Mata Kuliah Biokimia*. Bali.

## GLOSARIUM

Korpuskel	: Kapsul
Pacini	: Reseptor tekanan
Meissner	: Reseptor sentuhan
Ruffini	: Reseptor Panas
Krausse	: Reseptor Dingin
Termoregulasi	: Pengaturan Suhu tubuh
Melanosomes	: Buktiran Pigmen
Fovea	: Bintik kuning.
ACTH	: <i>Adrenocorticothropic hormone</i>
CRH	: <i>Corticotropinreleasing hormone</i>
CSF	: <i>Cerebrospinal fluid</i>
FSH	: <i>Follicle-stimulating hormone</i>
GHIH	: <i>Growth hormone–inhibiting hormone</i>
GHRH	: <i>Growth hormone–releasing hormone</i>
GnRH	: <i>Gonadotropinreleasing hormone</i>
LH	: <i>Luteinizing hormone</i>
MSH	: <i>Melanosit Stimulating Hormone</i>
PIH	: <i>Prolactin-inhibiting hormone</i>
PRH	: <i>Prolactin-releasing hormone</i>
RER	: <i>reticulum endoplasmic rough</i>
RLX	: <i>Relaxin</i>
SSO	: Sistem saraf otonom
SSP	: Sistem saraf pusat
TRH	: <i>Thyrotropinreleasing hormone</i>
Agranulosit	: salah satu jenis sel darah putih yang tidak memiliki granula (butiran) pada selnya.
Eritrosit	: sel darah merah yang berfungsi untuk membawa oksigen ke paru-paru dan juga mengangkut karbon dioksida dari seluruh tubuh untuk dikeluarkan dari paru-paru
Fagosit	: sel pemakan yang prosesnya disebut fagositosis
Granulosit	: salah satu jenis sel darah putih yang memiliki granula (butiran) pada selnya
Leukosit	: sel darah putih yang berfungsi mengidentifikasi dan melawan

mikroorganisme atau molekul asing penyebab penyakit atau infeksi, seperti bakteri, virus, jamur, ataupun parasit

Limfa	: suatu cairan yang berwarna bening kekuning-kuningan dan juga merupakan kelenjar tanpa saluran yang dialirkan melalui sistem peredaran getah bening (limfa)
Makrofag	: sel fagosit mononuklear yang berperan dalam proses fagositosis terhadap mikroorganisme dan benda asing lainnya
Trombosit	: keping darah yang berperan penting dalam proses pembekuan darah.
Asenden	: Naik/menanjak
Desenden	: Menurun
Transversal	: melintang
Elektrolit	: mineral bermuatan listrik yang terdapat di dalam sel, jaringan, dan cairan tubuh, termasuk darah, urine, dan keringat.
Flowrate	: ukuran volume cairan yang bergerak dalam jumlah waktu tertentu.
Momentum	: besaran yang menunjukkan ukuran kesukaran untuk memberhentikan gerak suatu benda.
Traksi	: salah satu metode immobilisasi pada penanganan fraktur.
Viskositas	: ukuran yang menyatakan kekentalan suatu cairan atau fluida.
Difraksi	: Peristiwa pelenturan cahaya yang akan terjadi, jika cahaya melalui celah yang sangat sempit
Refleksi	: Perubahan arah rambat cahaya ke arah sisi (medium) asalnya, setelah menumbuk antarmuka dua medium.
Resonansi	: Peristiwa ikut bergetarnya suatu benda karena ada benda lain yang bergetar dan memiliki frekuensi yang sama atau kelipatan bilangan bulat dari frekuensi itu.
Tansduser	: Sebuah alat yang mengubah satu bentuk daya menjadi bentuk daya lainnya untuk berbagai tujuan termasuk pengubahan ukuran atau informasi (misalnya, sensor tekanan).
Filtrasi	: Proses Penyaringan
Eritropoiesis	: Proses pembentukan sel darah merah
Asam Amino	: Unit struktural protein
Glikogen	: gula yang tersimpan dalam jaringan tubuh
Gula	: karbohidra sederhana dengan komposisi kimia $(CH_2O)_n$
Gliserol	: Gula alcohol digunakan dalam makanan bukan gula untuk memberikan rasa



manis

Fosfolipid : Senyawa lipid penyusun sel makhluk hidup

Trigliserida : Salah satu bentuk lemak yang diserap oleh usus setelah mengalami hidrolisis

